



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Tiago Emanuel Vinagre Afonso

Melhoria dos processos logísticos e das condições de trabalho associadas usando princípios de *Lean Thinking* numa empresa de componentes metálicos para automóveis

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação das

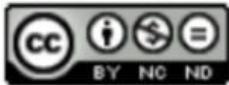
Professora Doutora Anabela Carvalho Alves

Professora Doutora Paula Machado Sousa Carneiro

Julho de 2020

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.



Atribuição-NãoComercial-SemDerivações

CC BY-NC-ND

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

AGRADECIMENTOS

A realização deste projeto não seria possível sem o contributo e apoio de algumas pessoas, pelo que agradeço todo o auxílio e atenção atribuída.

Em primeiro lugar, aos meus pais e a minha irmã por estarem sempre ao meu lado desde a minha entrada na universidade, sempre com confiança, apoio e compreensão em todas as etapas deste ciclo.

As minhas orientadoras, a Professora Doutora Anabela Alves e a Professora Doutora Paula Carneiro, por todo apoio, disponibilidade e confiança demonstrado ao longo do projeto e da realização da dissertação, com conselhos e críticas construtivas que foram essenciais ao longo do projeto.

Ao meu orientador na empresa, Sr. António Gonçalves, ao diretor do departamento da qualidade, Sr. António Azevedo, aos meus colegas de trabalho e a todos os colaboradores da empresa Gestamp Cerveira Lda, pela oportunidade que me ofereceram em desenvolver este desafiante projeto, pela disponibilidade e por toda a partilha de conhecimentos.

Ao Professor Doutor António Vieira, pela atenção, confiança e apoio atribuído no desenvolvimento do projeto da dissertação.

Para terminar, mas não menos importante, quero agradecer aos meus amigos, pelo apoio e companheirismo ao longo desta etapa.

A todos, o meu sincero obrigado!

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.

RESUMO

O projeto foi desenvolvido no âmbito da dissertação do último ano do Mestrado em Engenharia Industrial numa empresa de componentes metálicos para automóveis. Este teve como principal objetivo a melhoria de processos logísticos e das condições de trabalho associadas utilizando princípios de *Lean Thinking* e de Ergonomia.

A metodologia de investigação escolhida para este projeto, foi a *Action-Research*, permitindo um envolvimento direto do investigador com os colaboradores da empresa no projeto. Esta metodologia iniciou-se com o diagnóstico da situação atual para identificar os problemas. Em simultâneo, efetuou-se uma revisão bibliográfica sobre *Lean Production*, e *Lean logistics*, os princípios de ergonomia e a sua relação com a filosofia *Lean*.

Após uma descrição da situação atual da unidade autónoma produtiva (UAP) em estudo e dos processos genéricos, dos fluxos de informação e de materiais e dos armazéns desta unidade, foi efetuada uma análise crítica de forma a diagnosticar e identificar os problemas existentes na UAP. Os principais problemas encontrados foram classificados em três categorias: problemas genéricos da UAP em estudo (e.g. esperas associadas ao problema da logística interna), problemas ergonómicos (e.g. manuseamento difícil dos contentores situados no suporte rolante) e problemas logísticos (e.g. não aproveitamento dos benefícios associados ao conceito Milk-Run).

Por fim, tendo em conta a análise efetuada, foi traçado um plano de ação onde foram desenvolvidas as propostas de ações de melhoria para os problemas identificados. Este plano de ação foi desenvolvido a partir das três categorias de problemas, de modo a responder aos objetivos concretos do projeto de dissertação. De forma a comprovar as possíveis melhorias da logística interna, foi elaborado um projeto para implementar *Automated Guided Vehicles* (AGV), apoiado por uma simulação 3D, de forma a eliminar os desperdícios encontrados ao longo do projeto e obter uma poupança de 14% (cerca de 11025 € com o custo de aquisição no primeiro ano), e uma possível poupança anual de 40% (cerca de 31025 € no segundo ano) relativamente a implementação de AGVs na UAP em estudo.

PALAVRAS-CHAVE

Lean manufacturing, *Lean logistics*, Ergonomia, Melhoria continua, Simulação

ABSTRACT

The project was developed within the scope of the dissertation of the last year of the master's in industrial engineering in a company of metallic components for automobiles and its main objective was to improve logistics processes and associated working conditions using Lean Thinking principles and Ergonomics.

The research methodology chosen for this project, was the Action-Research methodology, allowing a direct involvement of the researcher in the project. The first phase of this project started by carrying out a bibliographic review on Lean manufacturing, namely its history and evolution, its principles and the main tools, and a brief explanation was also made on Lean logistics, on the principles of ergonomics and its relationship with Lean philosophy.

After a description of the current situation of the autonomous product unit (UAP) in study and of the generic processes, of the information and material data and of the warehouse of these units, a critical analysis was carried out to diagnose and identify the problems caused in the UAP. The main problems found were classified into three categories: generic problems of the UAP under study (for example, waiting associated with internal logistics problems), ergonomic problems (for example, difficult handling of containers located on the rolling support) and logistical problems (for example, benefits of the the Milk-Run concept are not use by employees).

Finally, considering the analysis carried out, an action plan was drawn up where proposals for improvement actions were developed for the identified problems. This action plan was developed from the three categories of problems, in order to respond to the concrete objectives of the dissertation project. In order to prove possible improvements in internal logistics, a project was developed to implement Automated Guided Vehicle (AGV), supported by a 3D simulation, in order to eliminate the waste found throughout the project and obtain savings of 14% (about € 11025 with the cost of acquisition in the first year), and a possible annual savings of 40% (about € 31025 in the second year) in relation to the implementation of AGVs in the UAP under study.

KEYWORDS

Lean manufacturing, Lean logistics, Ergonomics, Continuous improvement, Simulation

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iv
Resumo.....	vi
Abstract.....	vii
Índice.....	viii
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tabelas.....	xxiv
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xxvii
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Objetivos.....	4
1.3. Metodologia de investigação.....	5
1.4. Estrutura da dissertação.....	7
2. Revisão bibliográfica.....	8
2.1. <i>Lean Production</i>	8
2.1.1. Origem do <i>Lean Production</i>	8
2.1.2. Casa TPS.....	10
2.1.3. Modelo dos 3M.....	11
2.1.4. Princípios <i>Lean Thinking</i>	14
2.1.5. Ferramentas <i>Lean e outras ferramentas</i>	15
2.2. <i>Lean Logistics</i>	25
2.2.1. Comboio logístico.....	25
2.2.2. Supermercado.....	26
2.2.3. Bordo de linha.....	27
2.2.4. Outros conceitos.....	28
2.3. Ergonomia e estudo do trabalho.....	28
2.3.1. Definição e objetivo da ergonomia.....	29
2.3.2. Tipos de ergonomias.....	30
2.3.3. Ergonomia Física.....	31

2.3.4. Lesões musculoesqueléticas relacionadas com o trabalho (LMERT)	31
2.3.5. Metodologias de identificação e avaliação de risco.....	32
2.3.6. Estudos Antropométricos	37
2.3.7. Estudos de movimentos e de tempos, métodos e amostragem do trabalho.....	38
2.4. Lean e ergonomia.....	39
3. Apresentação da empresa	42
3.1. Grupo Gestamp	42
3.2. Visão e princípios corporativos	42
3.3. Gestamp Cerveira	43
3.2.1. Recursos Humanos Gestamp Cerveira	44
3.2.2. Estrutura Organizacional	44
3.2.3. Clientes	45
3.2.4. Fornecedores	46
3.2.5. Produtos.....	47
3.2.5. Concorrentes.....	47
3.2.6. Instalações	48
4. Descrição e diagnóstico do estado atual.....	51
4.1. Funcionamento do sistema de produção e etapas dos processos produtivos.....	51
4.1.1. Etapas do processo produtivo genérico da organização	51
4.1.2. Caracterização da UAP2	54
4.2. Funcionamento dos armazéns	60
4.2.1. Caracterização do armazém de produtos acabados/expedição.....	60
4.2.2. Caracterização do armazém STDI	66
4.2.3. Caracterização do armazém MPDI.....	69
4.2.4. Organização das etiquetas dentro dos armazéns	70
4.3. Análise crítica e identificação de problemas	71
4.3.1. Selecção e estudo da família de produtos de peças estampadas da UAP	71
4.3.2. Análise e problemas associados na UAP2	81
4.3.3. Layout desadequado da Nave 1 e UAP2.....	93

4.4. Síntese dos problemas identificados	95
5. Apresentação de propostas de melhorias	99
5.1. Reconfiguração do Layout	101
5.1.1. Desenho do layout adequado no momento atual	101
5.1.2. Primeira proposta do desenho do layout adaptado à situação atual	103
5.1.3. Segunda proposta do desenho do layout adaptado à situação atual	104
5.2. Introdução de um molde automático para formatos e ponte de grua.....	105
5.2.1 Encaixes para colocação dos formatos no molde automático por grua de ponte.....	105
5.2.2. Molde automático para formatos.....	106
5.3. Painel digital para planeamento da produção	108
5.4. Propostas de melhoria para as condições de trabalho na UAP2.....	109
5.4.1. Melhorias para as condições de trabalho dos operários das prensas <i>transfer</i>	109
5.4.2. Melhorias para as condições de trabalho dos operários logísticos do Milk-Run PTN1	115
5.5. Projeto AGVN1 na UAP2	130
5.5.1. Necessidade do projeto AGVN1	131
5.5.2. Espaço físico para a introdução de AGVs.....	131
5.5.3. Estudo do AGV standard através da metodologia AHP	133
5.5.4. Simulação 3D através do SIMIO.....	139
5.5.5. Estudo da implementação de um AGV sobre medida.....	141
5.5.6. Análise SWOT- AGV standard versus AGV sobre medida.....	143
5.5.7. Viabilidade económica e ecológica do projeto AGVN1	144
5.5.8. Proposta de Standard Work para UAP2 após implementação de AGV	147
6. Análise e discussão de resultados.....	149
6.1. Resultados das propostas implementadas.....	149
6.1.1. Melhorias das condições de trabalho para os operários	149
6.1.2. Resultado do estudo do projeto AGVN1	153
6.1.4. Redução de custos e consumo energéticos	153
6.2. Resultados esperados das propostas não implementadas	155

6.2.1. Melhoria dos fluxos, redução de movimentos e distâncias	155
6.2.2. Redução do tempo de entrega de informações das peças e redução do consumo do papel	155
6.2.3. Melhorias ergonómicas e aumento de produtividade	156
7. Conclusão	157
7.1. Considerações finais.....	157
7.2. Trabalho futuro.....	159
Referências Bibliográficas	161
Apêndices	166
Apêndice I – BPMN do funcionamento dos armazéns.....	167
Apêndice II – Organização e problema genérico das carruagens dos comboios logísticos Rota 3 e Rota 4	171
Apêndice III – Rotas dos comboios.....	172
Apêndice IV – Outras etiquetas utilizadas no processo genérico.....	174
Apêndice V – VSM da família de produtos realizados – estado atual	176
Apêndice VI – VSM da família de produtos realizados – do futuro	178
Apêndice VII – Cálculo do numero de observações para estudo do trabalho.....	182
Apêndice VIII – Registos de dados: Postos de estampagem- Avaliação ergonómica	186
Apêndice IX – Estudo ergonómico: Análise e Avaliação ergonómica (MMC e posturas)	187
Apêndice X – Registo de dados: estudo com dinamómetro	193
Apêndice XI – Estudo ergonómico : Empurrar/Puxar	195
Apêndice XII – Estudo associado ao problema dos rodízios	196
Apêndice XIII – Estudo antropométrico para as bancadas de trabalho.....	203
Apêndice XIV – Descrição do exoesqueleto para eliminar as posturas inadequadas.....	206
Apêndice XV – Organização do rotatividade de postos de trabalho	208
Apêndice XVI – Plano de Ginastica Laboral.....	212
Apêndice XVII – Organização do plano de formação contínua	216
Apêndice XVIII – Estudo com dinamómetro para o veiculo motorizado (Movexx T1000)	219
Apêndice XIX – Carateristicas de tipos de AGVs e critérios de seleção.....	220
Apêndice XX – Matrizes para a elaboração da Análise AHP.....	225
Apêndice XXI – Simulação 3D da inserção dos AGVs na UAP2	228

Apêndice XXII – Cálculo dos custos energéticos	234
Apêndice XXIII – Standard Work após implementação das melhorias	236
Anexos	239
Anexo I – Símbolos VSM	240
Anexo II – Layout Detalhado Gestamp Cerveira	241
Anexo III – KPI das máquinas <i>transfer</i> PT001 e PT002 e do comboio PTN1	242
Anexo IV – Linguagem BPMN	247
Anexo V – Documentos para avaliação ergonómica	249

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Casa do TPS, adaptado de Liker (2004)	10
Figura 2: Etapas para a construção de um VSM, adaptado de Rother and Shook (1999).....	16
Figura 3: Estrutura Hierárquica Básica (adotado de Matins, 2009)	22
Figura 4: Matriz A dos critérios genérica (adotado de Martins, 2009)	22
Figura 5: Escala numérica de Saaty, adaptado de Saaty 2000.....	23
Figura 6: Comparação entre o modo de operação do empilhador e do Milk-Run, adotado de Coimbra (2009)	26
Figura 7: Funcionamento de um supermercado na indústria, adotado de Coimbra (2009)	27
Figura 8: Configuração ideal de bordo de linha, adaptado de Coimbra (2009)	27
Figura 9: Tipos de ergonómicas, adaptado de Vidal (2000)	30
Figura 10: Exemplo de dois tipos básicos de manuseamento com as mãos, adaptado de lida (2005)	31
Figura 11: Exemplo de tabela de avaliação ergonómica pelo método Sue Rodgers, adaptado de Rosa (2016)	34
Figura 12: Sistema OWAS, adaptado de lida (2005)	36
Figura 13: Quadro de classificação das posturas pela combinação das variáveis, adaptado de lida (2005)	36
Figura 14: Quadro de classificação das posturas de acordo com a duração, adaptado de lida (2005)	37
Figura 15: Países onde atua o grupo Gestamp (Gestamp, 2018)	42
Figura 16: Localização Gestamp Cerveira (Gestamp, 2018).....	43
Figura 17: Fachada de entrada da empresa Gestamp Cerveira (Gestamp, 2018).....	44
Figura 18: Evolução do número de colaboradores entre 2014 e 2018 (Gestamp, 2018).....	44
Figura 19: Distribuição atual por género na Gestamp Cerveira (Gestamp, 2018).....	44
Figura 20: Estrutura organizacional da Gestamp Cerveira (Gestamp, 2018).....	45
Figura 21: Distribuição dos clientes da Gestamp Cerveira ao nível europeu (Gestamp, 2018)	45
Figura 22: Gráfico das expedições da Gestamp Cerveira (Gestamp, 2018).....	46
Figura 23: Repartição das empresas fornecedoras da Gestamp Cerveira	47
Figura 24: Conjunto de peças fabricadas pelo grupo Gestamp (Gestamp, 2018).....	47
Figura 25: Layout por secções de processos produtivos e armazenagem (Gestamp, 2018)	49
Figura 26: Layout organizado por UAP destacando os armazéns (Gestamp, 2018)	50

Figura 27: Processo produtivo geral (Gestamp, 2018)	51
Figura 28: Processos produtivos gerais da Gestamp Cerveira (Gestamp, 2018)	52
Figura 29: Representação de uma ferramenta (molde) de estampagem em 3D	52
Figura 30: Representação de uma máquina de soldadura por resistência em 3D.....	53
Figura 31: Linha de soldadura MAG (Gestamp, 2018)	53
Figura 32: Máquina da soldadura híbrida em ação (Gestamp, 2018).....	54
Figura 33: Máquina soldadura a Laser (Gestamp, 2018)	54
Figura 34: Linha de estampagem da UAP2	55
Figura 35: Comboio da rota na zona aguarda controlo	57
Figura 36: BPMN do processo do comboio da rota PTN1 (sem subprocesso)	58
Figura 37: BPMN do processo do comboio da rota PTN1 (com subprocesso)	58
Figura 38: a) Rota efetuada pelo comboio logístico da rota PTN1; b) Descrição rota-máquina detalhadas do comboio logístico da rota PTN1.....	59
Figura 39: Esquema do fluxo de material retirado e inserido nas carruagens do comboio da rota PTN1	59
Figura 40: Fluxos do empilhador dentro da UAP2.....	60
Figura 41: a) Layout do armazém de produtos acabados/expedição; b) Organização das zonas do armazém de produtos acabados/expedição	61
Figura 42: Fluxograma associado à zona de movimentação/manipulação de produtos acabados.....	62
Figura 43: Fluxos de materiais e produtos na zona de produtos acabados	62
Figura 44: Zona aguarda controlo	63
Figura 45: Palete e contentores encontrados na zona aguarda controlo	63
Figura 46: Fluxo da organização do armazém de produtos acabados.....	64
Figura 47: Organização na zona de armazém de produtos acabados.....	64
Figura 48: Placas de ajuda a organização da zona do armazém de produtos acabados.....	65
Figura 49: Fluxo de materiais e empilhadores na zona do armazém de expedição	66
Figura 50: Organização do espaço do supermercado e buffer WIP (localização dos componentes e fluxo de empilhadores).....	67
Figura 51: Fluxo dos comboios dentro do armazém WIP	68
Figura 52: Comboio da rota 3, as carruagens e abastecimento	69
Figura 53: Folha de registos do início e do fim do abastecimento e da rota efetuada.....	69

Figura 54: Etiqueta genérica interna utilizada dentro da organização (Etiqueta interna)	70
Figura 55: Exemplos de peças da família de produtos escolhidos para o estudo: a) peça pequena PA; b) peças media PA; c) peça grande PA; d) peça media WIP	72
Figura 56: a) Layout armazém MPDI; b) armazém MPDI	72
Figura 57: Matéria prima colocada nas máquinas PT001 e PT002: a) no carro transportador, b) na alimentadora, c) Molde de formatos.....	73
Figura 58: Ciclo do fluxo de informação das peças em pré-serie	76
Figura 59: Ciclo do fluxo de informação na fase das peças em serie.....	77
Figura 60: Problema relacionado com a alocação dos formatos nas máquinas	81
Figura 61: Exemplo de suporte de formatos com os elementos de moldura postos manualmente	81
Figura 62: Distribuição das horas de paragens das máquinas da UAP2 devido a três causas principais referente aos meses de janeiro, fevereiro e março.....	82
Figura 63: Cálculo do nível de saturação do comboio logístico PTN1 num software interno da empresa	83
Figura 64: Fluxograma do processo da análise e avaliação ergonómica	84
Figura 65: Análise e contagem de tempo médios de vídeos da rota PTN1	85
Figura 66: Fonte de problemas ergonómicos associado a UAP2: a) manuseamento dos contentores (embalagens); b) preenchimento dos contentores	87
Figura 67: Dinamómetro Chatillon DPP 25Kg.....	87
Figura 68: Estudo com o dinamómetro nas medições de forças do empurrar e puxar: a) Estudo do empurrar com o dinamómetro; b) Estudo do puxar com o dinamómetro.....	88
Figura 69: Exemplo de índice ergonómico inicial	89
Figura 70: Exemplo de índice ergonómico após observação do peso limite das cargas referente a peça em estudo	90
Figura 71: Aplicação da diminuição do peso da carga através do software Ergo/IBV.....	90
Figura 72: a) Zonas críticas após análise ergonómica Sue Rodgers; b) Zonas atingidas pelas tarefas dos operarios das prensas transfer.....	91
Figura 73: Situação geral das manutenções das prensas transfer: a) Ferramentas colocadas; b) Manutenção e ajustes das garras.....	92
Figura 74: Layout atual da UAP2, incorporando só a parte das linhas de estampagens.....	94
Figura 75: Diagrama de spaghetti entrando e saindo da UAP2 e parte da UAP1	94

Figura 76: Fluxo atuais, abastecimento e distancias na UAP2.....	95
Figura 77: Áreas abrangentes do projeto de dissertação.....	100
Figura 78: Organização de um layout considerado como desejável	101
Figura 79: Fluxo de materiais nas linhas de estampagem da Nave 1 associado ao layout desejavel .	102
Figura 80: Representação dos movimentos e dos fluxos de materiais após o desenho do layout desejável.	102
Figura 81: Layout das linhas de estampagem da Nave 1, mostrando a UAP2 com a prensa PT003 e a abertura do corredor.....	103
Figura 82: Layout das linhas de estampagem com o fluxo das embalagens levadas pelos empilhadores ou comboios logísticos.....	104
Figura 83: Layout das linhas de estampagem com abertura dos corredores que contornam a PT003.	104
Figura 84: Layout das linhas de estampagem com abertura dos corredores que contornam a PT003, com o fluxo das embalagens levadas pelos empilhadores, comboios logísticos ou AGV.	105
Figura 85: Sistema desenhado em 3D dos encaixes para colocação dos formatos no molde automático	106
Figura 86: Esquema da alocação dos formatos no molde automático	106
Figura 87: Adaptação dos elementos de moldura em função das formas dos formatos	106
Figura 88: Representação do molde automatizado: a) representação 3D b) representação dos movimentos dos elementos de moldura	107
Figura 89: Molde automático inserido em cima do carro transportador	107
Figura 90: Zona de alocação de matérias-primas das prensas	107
Figura 91: Painel de planificação da produção da UAP2	108
Figura 92: Proposta de painel digital para a UAP2 com a informação do planeamento de produção.	109
Figura 93: Altura recomendada das bancadas de trabalho	110
Figura 94: Prensas transfer com o ecrã informativo.....	110
Figura 95: Informação e aviso associado a pega das peças no ecrã das prensas	111
Figura 96: Desenho 3D de um braço automático possível para ser implementado à beira das máquinas	111
Figura 97: Esquema em 3D da implementação dos braços e dos contentores abeira de uma prensa	112

Figura 98: Página inicial do Excel associada às formações contínuas.....	113
Figura 99: Layout do Open Space, com as salas de reuniões distinguidas	114
Figura 100: Página inicial do Excel associado as formações contínuas	115
Figura 101: Estudo sobre a resistência inicial ao avanço de diferentes tipos de rodas (Mecanarte a), 2020).....	117
Figura 102: Os diferentes tipo de rodas utilizadas para o estudo (Mecanarte b), 2020).....	117
Figura 103: Elementos para o estudo: a) configuração de bases rolantes utilizado, b) rodízios com os diferentes tipos de rodas; c) Exemplo de bases rolantes com rodízios com tipo de rodas poliuretano	118
Figura 104: Disposição das rodas no momento de iniciar o empurro dos contentores, dependentemente do tipo de rodas inseridas nas bases rolantes para contentores contendo peças nº1	119
Figura 105: Disposição das rodas no momento de iniciar o empurro dos contentores, dependentemente do tipo de rodas inseridas nas bases rolantes para contentores contendo peças nº2	119
Figura 106: Medição das forças efetuadas ao empurrar/puxar os contentores 00123 contendo as peças nº1, dependentemente do tipo de rodas inseridas.....	119
Figura 107: Gráfico de medição das forças efetuadas ao empurrar/puxar os contentores 0080 contendo as peças nº2, dependentemente do tipo de rodas inseridas	120
Figura 108: Impacto da implementação de rodas em ferro fundido e poliamida nas bases rolantes no piso do chão de fábrica.....	120
Figura 109: As quatro disposições dos rodízios: a) Atual; b) Mais um rodizio de reforço; c) Mais um rodizio reforçado de 10 mm; d) Em diamante	121
Figura 110: Disposição das rodas antes de efetuar as medições de forças dependentemente dos contentores e peças: a) contentor 00123 com peças nº1; contentor 0080 com peças nº2	122
Figura 111: Descrição do movimento efetuado para o estudo com a configuração atual das bases rolantes: a) configuração atual; b) movimento efetuado	122
Figura 112: Gráfico das medições de forças para a configuração de bases rolantes atuais.....	123
Figura 113: Disposição das rodas antes de efetuar as medições de forças dependentemente dos contentores e peças.	123
Figura 114: descrição o movimento efetuado para o estudo com a configuração atual das bases rolantes: a) configuração com mais um rodizio de reforço; b) movimento efetuado	123
Figura 115: gráfico das medições de forças para a configuração de bases rolantes atuais	124

Figura 116: Disposição das rodas antes de efetuar as medições de forças dependentemente dos contentores e peças	124
Figura 117: Descrição o movimento efetuado para o estudo com a configuração atual das bases rolantes: a) configuração com mais um rodizio reforçado de 10 mm	125
Figura 118: Gráfico das medições de forças para a configuração de bases rolantes atuais.....	125
Figura 119: Disposição das rodas antes de efetuar as medições de forças dependentemente dos contentores e peças.	125
Figura 120: Descrição o movimento efetuado para o estudo com a configuração atual das bases rolantes	126
Figura 121: Gráfico das medições de forças para a configuração de bases rolantes em diamante....	126
Figura 122: Desenho em 3D de uma base rolante na UAP2.....	126
Figura 123: Bases rolantes com diferentes referencias de contentores (0080 e 0123).....	127
Figura 124: Altura adequada na inserção de um contentor sobre uma base rolante.....	127
Figura 125: Altura e estruturas das novas bases rolantes: a) base rolante para contentores de grandes alturas, b) base rolante para contentores de pequenas alturas peças nº2, dependentemente do tipo de rodas inseridas.....	127
Figura 126: Veículo motorizado Movexx T1000 em várias perspetivas (Movexx, 2020).....	128
Figura 127: Possível carruagem e base rolante elaborada para o Movexx T1000	128
Figura 128: Incorporação do Movexx T1000 nas carruagens do comboio logístico PTN1 e a sua utilização	129
Figura 129: Utilização do veículo motorizado na UAP2	129
Figura 130: Subtarefas dos operários logísticos antes e depois da implementação do veículo motorizado	130
Figura 131: Fluxo do comboio logístico e do veiculo motorizado durante a rota do comboio logístico PTN1	130
Figura 132: Medidas dos corredores atuais da Nave 1	132
Figura 133: Fluxo efetuado pelos AGVs	132
Figura 134: Zona de implementação das descargas dos contentores V20 e V30 dos AGV: a) Layout do armazém STDI; b) Layout do buffer WIP da zona de alocação dos contentores V20 ou V30	133
Figura 135: Tipo de AGV standard selecionados como alternativas adequadas para o estudo.....	134
Figura 136: Localização da etiqueta de identificação do tipo de peças produzidas para o AGV	135

Figura 137: Aplicação da metodologia AHP	136
Figura 138: Modelo hierárquico de estruturação do problema	137
Figura 139: Matriz de comparação de critérios (importância dos critérios)	138
Figura 140: Matriz das Prioridades médias e Prioridades Globais	138
Figura 141: Local adequado para o sistema de encaixe das bases rolantes ao AGV	138
Figura 142: Fluxo do comboio logístico PTN1	139
<i>Figura 143: Fluxo dos AGVs.....</i>	<i>140</i>
Figura 144: AGV pensado e desenhado sobre medida, a) parte frente; b) parte atrás.....	141
Figura 145: Dimensões do AGV sobre medida.....	142
Figura 146: Representação do sistema de reboque do AGV sobre medida	142
Figura 147: Colocação do fluxograma no posto de trabalho.....	148
<i>Figura 148: Forças médias exercidas pelo condutor do comboio PTN1 com o veículo motorizado....</i>	<i>151</i>
Figura 149: Tempos médios de realizações de rotas do comboio PTN1 em cada turno, com o veículo motorizado em duas semanas	151
Figura 150: Cálculo do nível de saturação do comboio logístico PTN1, após a implementação do comboio PTN1	152
Figura 151: Comparação de emissões de CO ₂ por ano entre o trator de reboque utilizado para o comboio logístico e o AGV standard P-MATIC	154
Figura 152: BPMN do processo dentro da zona aguarda controlo.....	167
Figura 153: BPMN genérico do processo de expedição	168
Figura 154: BPMN do processo genérico do condutor do comboio das rotas APROS- rota 3 – rota 4	169
Figura 155: BPMN genérico do processo do armazém MPDI.....	170
Figura 156: Organização e problemas genéricos das carruagens do comboio logístico Rota 3.....	171
Figura 157: Organização e problemas genéricos das carruagens do comboio logístico Rota 4.....	171
Figura 158: Rota efetuado pelo comboio logístico da Rota 3.....	172
Figura 159: Rota efetuado pelo comboio logístico Rota 4.....	172
Figura 160: Rota efetuado pelo comboio logístico Rota APROS (Rota 1 e 2)	172
Figura 161: Rota efetuado pelo comboio logístico Rota PTN2	173
Figura 162: Value Stream Mapping genérico do estado atual da UAP2, no caso de serem peças finais	176

Figura 163: Value Stream Mapping genérico do estado atual da UAP2, no caso de serem peças em via de fabrico (WIP).....	177
Figura 164: Value Stream Mapping genérico do estado atual da UAP2, no caso de serem peças de produtos acabados com o ponto de atuação associado ao comboio PTN1	178
Figura 165: Value Stream Mapping genérico do estado atual da UAP2, no caso de serem peças de produtos em via de fabrico, com o ponto de atuação associado ao comboio PTN1	179
Figura 166: Value Stream Mapping genérico do futuro da UAP2, no caso de serem peças de produtos acabados	180
Figura 167: Value Stream Mapping genérico do futuro da UAP2, no caso de serem peças de produtos em via de fabrico (WIP).....	181
Figura 168: Análise multi momentos (estudos de tempo) para as tarefas dos operários das prensas no software pré-definido da empresa	182
Figura 169: Análise multi momentos (estudos de tempo) para as tarefas dos operários do milk-Run no software pré-definido da empresa	183
Figura 170: Exemplo de dados recolhidos para a avaliação ergonómica	183
Figura 171: Registos dos dados após recolha de informação na UAP2	186
Figura 172: Exemplo da análise Sue Rodgers na folha de Excel pré-definida pela empresa.....	188
Figura 173: Módulos disponíveis e utilizados para a avaliação ergonómica no software ergo/IBV	189
Figura 174: Tipos de tarefas a analisar na manipulação manual de cargas para a avaliação ergonómica no software ergo/IBV.....	189
Figura 175: Exemplo de implementação de dados derivado do Filme_3 da máquina PT001	190
Figura 176: Exemplo de avaliação ergonómica OWAS para o filme_Comboio_2	190
Figura 177: Observação de subtarefas e das seleções das posturas dos membros do corpo.....	191
Figura 178: Estudo das forças de empurrar e puxar com dinamómetro	194
Figura 179: Dados recolhidos através do dinamómetro	195
Figura 180: Desenho técnico do objetivo dos rodízios fixados numa base.	196
Figura 181: Conceitos básicos e técnicos do rodízio	197
Figura 182: Exemplo de duas características-chaves do estudo.....	197
Figura 183: Exemplo de rodas de rodízios c com núcleo de alumínio e suporte de rodagem em poliuretano (Mecanarte d), 2020)	199
Figura 184: Configuração atual de base rolantes da UAP2 (adaptado de Mecanarte c), 2020)	200

Figura 185: Problema associada a força de arranque.....	201
Figura 186: Forças exercidas durante o empurrar e puxar os contentores nas carruagens	201
Figura 187: Movimentação “em arco” exercidas durante o empurrar e puxar os Contentores nas carruagens.....	202
Figura 188: Diferenças de suporte de rodas.....	202
Figura 189: Altura das bancadas de trabalho das máquinas PT001 e PT002.....	203
Figura 190: Alturas de mesas ou bancadas para tarefas desempenhadas de pé, adaptado de Kroemer et al. (2005)	203
Figura 191: Objetivo do estudo antropométrico efetuado	204
Figura 192: Exoesqueleto Personal Lift Assist Device (PLAD), adaptado de Cardoso (2019)	206
Figura 193: Utilização do PLAD adaptado para a situação atual, adaptado de Lotz et al. (2009)	207
Figura 194: Esquema da musculatura das costas e das vertebrae lombares, adaptado de Cardoso (2019)	207
Figura 195: Dados para o plano de rotatividade dos postos de trabalho inserida numa folha de Excel	208
Figura 196: Planeamento semanal de rotatividade dos postos de trabalho inserida numa folha de Excel	209
Figura 197: Quantificação por número de dias de trabalho por semanal numa UAP por cada operador inserida numa folha de Excel	210
Figura 198: Quantificação da rotatividade dos postos de trabalho em função das máquinas existentes em cada UAPs em folha de Excel.....	211
Figura 199: Local da prática da ginástica laboral dentro da UAP2.....	212
Figura 200: Os três elementos estudados na estruturação	212
Figura 201: Matriz de elaboração do plano das atividades de GL.....	213
Figura 202: As três fases da elaboração dos exercícios para a GL	214
Figura 203: Interligação entre a estruturação, planeamento e execução	214
Figura 204: Sugestão de painel digital para a prática da ginástica laboral	214
Figura 205: exemplo de avaliação do programa de GL	215
Figura 206: Organização das formações inserida numa folha de Excel	216
Figura 207: Controlo de frequência de formações em função das áreas numa folha de Excel.....	217
Figura 208: Panorama de gráficos para o monitoramento das formações.....	218

Figura 209: Tablete digital para “ <i>check-in</i> ” e assinaturas dos colaboradores.....	218
Figura 210: Registos dados com dinamómetro após utilização do Movexx T1000	219
Figura 211: Tipos configurações de AGV de transportes de cargas unitárias: a) AGV plataforma com Lift, b) AGV plataforma sem Lift, c) AGV remoqueador.....	221
Figura 212: Tipos configurações de AGV de transportes de cargas unitárias em 3D	221
Figura 213: Matriz do critério Facilidade de programação/ Software (C1)	225
Figura 214: Matriz do critério sistema de navegação (C2)	225
Figura 215: Matriz do critério nível de precisão (C3).....	225
Figura 216: Matriz do critério adaptação ao espaço existente (C4).....	225
Figura 217: Matriz do critério adaptação ao espaço existente (C5).....	226
Figura 218: Matriz do critério adaptação a bases rolantes e futuras (C6)	226
Figura 219: Matriz do critério tipos de AGV (C7)	226
Figura 220: Matriz do critério consumo energético (C8)	226
Figura 221: Matriz do critério cargas transportadas (C9)	227
Figura 222: Matriz do critério probabilidade de alto custo de manutenção(C10).....	227
Figura 223: Modelo Só Comboio.....	228
Figura 224: Processo no output do combiner CarregarComboio_inicio_viagem	229
Figura 225: Processo ParentInput_CarregarComboio_inicio_viagem_Entered	230
Figura 226: Exemplo de processo para tempos de abastecimentos no output de uma maquina	230
Figura 227: Modelo AGVs	231
Figura 228: Processo de inserção de ID para AGVs	232
Figura 229: Processo TransferNode3	232
Figura 230: Processo TransferNode2	233
Figura 231: Importância do TransferNode1	233
Figura 232: Fluxograma do Standard Work colocada acima das bancadas de trabalho das prensas .	236
Figura 233: Sinalização de obrigação utilizado para a elaboração do standard work.....	236
Figura 234: Instrução de trabalho para os operários das prensas transfer PT001 e PT002, no ecrã digital da UAP2.....	237
Figura 235: Ecrã digital da UAP2 com o Standard Work	238
Figura 236: Símbolos do VSM, de Rother and Shook (1999)	240
Figura 237: Layout detalhado da Gestamp Cerveira	241

Figura 238: Distribuição de tempos.....	243
Figura 239: Exemplo de dados referente ao nível de desempenho da máquina <i>transfer</i> PT001	245
Figura 240: Resumo dos elementos do BPMN (Chinosi & Trombetta, 2012).....	247
Figura 241: Exemplo de um processo modelado com BPMN (Chinosi & Trombetta, 2012)	247
Figura 242: Primeira folha de registo de dados para a avaliação ergonómica.....	249
Figura 243: Documento de avaliação ergonómica de MMC, baseado na equação NIOSH, referente ao filme nº1 das maquinas PT.....	250
Figura 244: Documento de avaliação ergonómica de posturas inadequadas, baseado na Metodologia OWAS, referente ao filme nº1 das maquinas PT	251
Figura 245: Documento de avaliação ergonómica de posturas inadequadas, baseado na Metodologia OWAS, referente ao filme nº1 do comboio Logístico PTN1	252

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Descrição dos desperdícios e das ferramentas Lean e ergonómicas estudadas em algumas dissertações	40
Tabela 2: Resultado do VSM do estado atual.....	79
Tabela 3: Resultados pretendidos para o VSM do futuro	80
Tabela 4: Total de horas de paragens das máquinas, associado aos meses de janeiro, fevereiro e março, da UAP2.....	82
Tabela 5: Análise das pegas das peças em função das referências e diminuição das cargas efetuadas através do software Ergo/IBV.....	90
Tabela 6: Resumo dos problemas/desperdícios identificados na UAP2.....	96
Tabela 7: Plano de ações para problemas associados à Nave 1 e UAP2	99
Tabela 8: Plano de ações para problemas das condições de trabalho da UAP2.....	99
Tabela 9: Plano de ações para problemas abastecimento das máquinas e trocas de referencias de embalagens da UAP2	100
Tabela 10: Dados relativos para a peça nº1 e o contentor C0012.....	116
Tabela 11: Dados relativos para a peça nº2 e o contentor C0080.....	116
Tabela 12: Dados técnicos sobre os tipos de rodízios para o estudo (Mecanarte b), 2020).....	117
Tabela 13: Comparação das forças exercidas medias sem e com o veículo motorizado Movexx T1000	129
Tabela 14: Matriz dos critérios ou de comparação dos critérios	135
Tabela 15: Matriz de decisão final.....	135
Tabela 16: Redução do tempo de abastecimento com um AGV	140
Tabela 17: Redução do tempo de abastecimento com dois AGV	140
Tabela 18: Aumento do tempo de rota efetuada em média por um AGV	140
Tabela 19: Diminuição do tempo de rota efetuada em média por dois AGV.....	140
Tabela 20: Analise SWOT do AGV standard	144
Tabela 21: Analise SWOT do AGV sobre medida.....	144
Tabela 22: Custos anuais atuais com o comboio logístico PTN1 / empilhador.....	145
Tabela 23: Custos anuais atuais da implementação de dois AGV standard	146
Tabela 24: Comparação em percentagem das forças de arranque dependendo do tipo de rodas	149

Tabela 25: Resultados das forças de arranque entre a configuração de bases rolantes e as outras configurações	150
Tabela 26: Comparação do nível de saturação do comboio PTN1 antes e após a implementação do veículo motorizado.....	152
Tabela 27: Tabela de viabilidade económica e ecológica da incorporação de dois AGVs	153
Tabela 28: Resultados esperados da digitalização de processos e redução de recursos	156
Tabela 29: Resultados esperados das melhorias ergonómicas e aumento da produtividade	156
Tabela 30: Outras etiquetas.....	174
Tabela 31: Medição da duração de esforço	187
Tabela 32: Medição de esforço por escala temporal	187
Tabela 33: Ciclo PDCA associado a análise e avaliação ergonómica	191
Tabela 34: Resultados da avaliação ergonómica referente a cada filme	191
Tabela 35: Desenho técnico do objetivo dos rodízios fixadas numa base.....	196
Tabela 36: Rodas utilizadas nas bases rolantes situadas na UAP2 (mecanate d), 2020; Tente b), 2020)	199
Tabela 37: Tabela das rodas existentes na organização (Mecanarte b), 2020; Tente b), 2020)	200
Tabela 38: Tabela de dados para o plano de rotatividade dos postos de trabalho.....	208
Tabela 39: Planeamento semanal de rotatividade dos postos de trabalho	209
Tabela 40: Quantificação por número de dias de trabalho por semanal numa UAP por cada operador	209
Tabela 41: Índice de equilíbrio de rotatividade de postos de trabalho por semana e por UAP	209
Tabela 42: Tabela de quantificação da rotatividade dos postos de trabalho em função das máquinas existentes em cada UAP	210
Tabela 43: Índice de equilíbrio de rotatividade de postos de trabalho por semana e por UAP-máquina	210
Tabela 44: Organização das formações.....	216
Tabela 45: Controlo de frequência de formações em função das áreas.....	217
Tabela 46: Tipos de AGVs e critérios selecionados para a empresa	220
Tabela 47: Características e descrição dos tipos de AGVs Standard.....	222
Tabela 48: Características (parâmetros) das alternativas de AGVs existentes no mercado	224
Tabela 49: Tabela de tempos médios de processamento para a simulação	229

Tabela 50: Media aritmética dos KPI utilizados de forma genérica 244

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

AC	Aguarda Controlo
AGV	<i>Automated Guided Vehicle</i>
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process (AHP)</i>
APROS	Abreviação de aprovisionamento
BPMN	<i>Business Process Model and Notation</i>
EDI	Pedido informático em sistema SAP
FCE	Documento de finalidade de expedição
FIFO	First in First out
GL	Ginastica Laboral
JIT	<i>Just-in-Time</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
LME	Lesões musculoesqueléticas
LMERT	Lesões musculoesqueléticas relacionado com o trabalho
LT	<i>Lead Time</i>
MIR	<i>Mobile Industrial Robot</i>
MPCC	Matéria prima sujeito a controlo da qualidade
MPDI	Matéria prima disponível
NIOSH	<i>National Institute for Occupational Safety and Health</i>
OWAS	<i>Ovako Working Posture Analysing System</i>
PA	Produtos acabados
PML	Prioridade media local
PT001	Prensas <i>transfer</i> 1 (máquina)
PT002	Prensas <i>transfer</i> 2 (máquina)
PTN1	Prensas <i>transfer</i> Nave 1
RH	Recursos Humanos
SAP	<i>Systems, Applications and Products in Data Processing</i>
STDI	Stock Disponível
SWOT	<i>Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
UAP	Unidade autónoma de produção
V00	Peças consideradas como produtos acabados
V20	Peças consideradas como peças que vão estar inseridas num só processo produtivos
V30	Peças consideradas como peças que vão estar inseridas em vários processos produtivos
VAT	<i>Value added time</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
WIP	<i>Work-in-Process</i>

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta o enquadramento deste projeto, onde é apresentado de forma introdutória um enquadramento do tema desta dissertação, os seus objetivos, a metodologia de investigação utilizada e a forma como este documento está organizado.

1.1. Enquadramento

A evolução dos mercados atuais, onde a globalização, a competitividade e os modelos de negócios têm impacto na capacidade produtiva, diferenciação dos produtos, inovação e nos vários outros fatores essenciais para as atividades de uma empresa, proporciona uma grande importância para a melhoria contínua, que se torna uma parte integrante dos processos de gestão das organizações hoje em dia. A ideia de melhoria contínua está relacionada com a capacidade de resolução de problemas (Abdulmouti,2015), não tentando encontrar diretamente a perfeição dos processos, mas antes, minimizar os problemas.

A análise e o controlo das atividades ineficientes formam a base do processo de melhoria contínua, que pode ser caracterizado por esforços sistemáticos e iterativos que causam impactos positivos e acumulativos no desempenho da organização (Maarof & Mahmud, 2016). Sendo assim, a melhoria contínua é um processo sistemático de resolução de problemas, definido em várias etapas através da identificação das causas, escolhas, planeamentos e uniformização das soluções.

A melhoria contínua é uma atividade fulcral do *Lean Production*. O *Lean Production* é uma metodologia de gestão que permite às empresas serem competitivas e aptas para as exigências do mercado. Esta metodologia teve origem no *Toyota Production System*, (Ohno, 1988; Shingo, 1989; Monden, 1998) e é um modelo de organização da produção focado no cliente que procura a eliminação dos desperdícios, sendo estes as atividades que não acrescentam valor ao produto, e a entrega atempada dos produtos, trazendo muitos benefícios para as empresas (Womack, Jones & Roos, 1990). Segundo estes autores, o *Lean Production System* é um sistema de produção inovador que combina as vantagens do sistema de produção artesanal com o sistema de produção em massa, evitando o custo elevado do primeiro e a rigidez do segundo.

Assim, ao analisar os processos na procura da identificação e eliminação dos desperdícios com foco na melhoria contínua deve-se ter em conta a importância de compreender três conceitos: *muda* (desperdício), *mura* (irregularidade) e *muri* (sobrecarga). Estes três conceitos dizem respeito ao modelo

dos 3M's, que se refere aos tipos de desperdícios encontrados numa organização. O *Mura* diz respeito à variação ou variabilidade observada ao longo da cadeia de valor. O *Muri* significa sobrecarga e acontece quando trabalhadores ou máquinas operam acima das suas capacidades. O *Muda* significa desperdício, onde se foca o Pensamento *Lean* ou *Lean Thinking* que pretende a total eliminação de toda e qualquer atividade que não acrescente valor (Matos, 2016).

A filosofia *Lean Thinking* surgiu no livro de *Womack e Jones* (1996), e consiste em criar um fluxo contínuo de entrega de valor ao cliente, reduzindo a perda de recursos organizacionais. Deste modo, é fundamental perceber o que é valor para o cliente, tentando rastrear os contributos ao longo do processo executado pelas atividades no intuito de realçá-las. Este conceito recebe este nome porque o seu maior objetivo é fazer mais com menos, isto é, menos tempo, menos espaço, menos esforço humano, menos equipamento e mais eficiência e maior compreensão das necessidades do cliente (Womack et al., 1990).

Para reduzir ou eliminar estes desperdícios torna-se necessário implementar as ferramentas *Lean*, tais como o 5S, o standard work, a gestão visual, entre outras que são essenciais para a melhoria dos processos. Adicionalmente a estas, outras podem ser usadas como os ciclos PDCA e Six Sigma. Muitas vezes, usar estas ferramentas não chega e é necessário ir mais longe e reconfigurar o *layout do* sistema de produção (Alves, Sousa, Dinis-Carvalho & Moreira, 2015).

A reconfiguração do layout implica necessariamente alterações na movimentação dos materiais ou fluxo físico de materiais dentro de uma organização e no abastecimento interno destes ao sistema. Este abastecimento acaba por ser uma das funções da logística interna. A aplicação do *Lean* à logística é apelidada de *Lean Logistics* onde conceitos como *milk-run*, supermercados e bordo de linha são estudados para melhor abastecer o sistema de produção.

O *design* e a operação das linhas dos *milk-run* são de uma grande importância para a criação de fluxo (Coimbra, 2009). Atualmente, este estudo passa também pela possibilidade de introduzir meios de transporte como *Automated Guided Vehicle* (AGV), *Mobile Industrial Robots* (MIR) entre outros, que permite reforçar a verticalização fornecida pela interação homem-máquina (Bittencourt, Alves, & Leão, 2019).

Também se espera com este estudo reduzir o *mura* e o *muri* e os restantes desperdícios, em particular, transportes, deslocações, manuseamentos e manipulações de cargas, já que vários problemas existentes nas empresas são de cariz ergonómico (Alves, Ferreira, Maia, Leão, & Carneiro, 2019). Assim, esta reconfiguração passa também por melhorar o *design* do local de trabalho, reduzindo os desperdícios e

os problemas ergonómicos e, em simultâneo, aumentando o nível de produtividade do setor (Yusoff, Arezes, & Costa, 2013).

De acordo com a *International Ergonomics Association* (IEA), a ergonomia é uma disciplina científica que estuda as interações do Homem com outros elementos do sistema, com o objetivo de melhorar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema (IEA, 2019). Por exemplo, as condições em que se realizam certas tarefas, assim como as suas características e exigências podem provocar lesões musculoesqueléticas (LME) aos trabalhadores ao longo do tempo. Quando as LME são originadas pelo trabalho, ou agravadas por este, designam-se por lesões musculoesqueléticas relacionadas com o trabalho (LMERT). Os principais fatores de risco associados a este tipo de lesões são as tarefas de índole repetitiva, as tarefas que implicam aplicação de força e a adoção de posturas incorretas (Barroso, Carneiro, & Braga, 2006).

De facto, tem de existir um equilíbrio entre a eliminação de desperdícios e a garantia das melhores condições de trabalho para os colaboradores de uma empresa. Desta forma, podem-se demonstrar maneiras eficientes para aperfeiçoar os postos de trabalho, visando ao bem-estar dos operadores, proporcionando a performance geral dentro das organizações (Mattos, Teixeira, Merino, & Silva Júnior, 2016).

Segundo alguns autores, nomeadamente, segundo Arezes, Dinis-Carvalho, & Alves, (2015) e Vicente, Alves, Carvalho, & Costa (2016), o *Lean Production* tem como objetivo criar valor e reduzir o desperdício por meio de diferentes ferramentas e técnicas específicas de diagnósticos e melhoria de processos, que deve estar associada também à melhoria das condições de trabalho e de segurança dos funcionários, sendo que o *Muri*, ou sobrecarga, uma causa raiz dos desperdícios, e o envolvimento e a melhoria das condições de segurança dos funcionários são os elementos-chave do processo de melhoria continua. Dai que existe uma importância acrescida na redução do esforço dos operadores.

A empresa Gestamp Cerveira Lda, empresa onde foi desenvolvido este projeto de dissertação, atua no ramo automóvel. Este setor é particularmente significativo em Portugal, tendo um forte contributo na economia, no emprego e no PIB português, representando cerca de 6% do PIB nacional (AICEP, 2016). Nesta empresa existe uma preocupação muito grande com as condições de trabalho dos operadores por parte da organização, nomeadamente, no transporte e manipulação de cargas. Esta empresa produz componentes metálicos para a indústria automóvel e, como tal, as cargas costumam ser pesadas, tendo sido identificadas algumas situações que podem ser de risco, associado a problemas como o peso da

maioria das embalagens usadas nas máquinas das prensas que é significativo e a sua manipulação por parte dos operadores, tanto das prensas como do comboio logístico.

Estes podem provocar LMERT assim como perdas de rendimento devido a paragens de máquinas já que, devido ao elevado peso das embalagens, os operadores têm que ajudar o condutor do comboio a movimentar as mesmas. Esta situação leva ao aumento do tempo de ciclo das tarefas, acabando por ter um impacto direto no fluxo físico de materiais. Devido ao referido problema, existe uma diminuição da produtividade e da eficiência, uma taxa de absentismo elevada, despedimentos e rotatividade pelo facto de a tarefa ser de elevada dificuldade, e por outro lado, existirem dificuldades em formar novos operadores para os *Milk-Run*. Estas foram as motivações para este projeto.

1.2. Objetivos

O objetivo principal da dissertação foi a melhoria de processos logísticos realizados pelo *Milk-Run* numa unidade autónoma de produção (UAP), tendo em conta a melhoria das condições de segurança e ergonómicas dos operadores das máquinas e dos comboios logísticos. As etapas necessárias para concretizar este objetivo foram:

- Investigar o esforço físico dos colaboradores tanto das máquinas das prensas como dos operadores do comboio logístico;
- Identificar e avaliar o risco associado às tarefas de levantar / puxar / empurrar cargas;
- Retirar a utilização dos empilhadores nas zonas produtivas;
- Propor melhorias de forma a resolver os problemas encontrados;
- Elevar o nível de satisfação dos colaboradores face às condições ergonómicas;
- Procurar melhorias ergonómicas, logísticas e produtivas;
- Estudar alternativas tecnológicas mais recentes divulgadas no contexto da indústria 4.0 para o transporte e manipulação de cargas;
- Dar formação aos colaboradores.

Concretizado este objetivo, esperou-se:

- Diminuir os tempos de abastecimentos;
- Eliminar as paragens para troca de referências;
- Melhorar a disponibilidade das máquinas;
- Melhorar o rendimento das máquinas e do *Milk-Run*;

- Melhorar as condições ergonómicas de trabalho;
- Aumentar a produtividade;
- Reduzir custos e consumos energéticos.

1.3. Metodologia de investigação

A metodologia utilizada nesta dissertação foi a metodologia de Investigação-Ação (*Action-Research*). Considerou-se esta metodologia a mais adequada para a investigação em causa, tendo em conta que o objetivo foi a implementação de melhorias na resolução de problemas dos processos logísticos realizado pelos *Milk-Run* numa unidade autónoma de produção (UAP), passando pela melhoria das condições de segurança e ergonómicas dos operadores das máquinas e dos comboios logísticos, a fim de melhorar a produtividade e a eficiência de cada operação e proporcionar um impacto positivo na logística interna, diminuindo ao mesmo tempo as paragens e os custos derivado das paragens.

Esta metodologia é caracterizada por ser uma investigação ativa onde há o envolvimento, não só do investigador, como também de todas as pessoas envolvidas no projeto (O'Brien, 1998). Esta metodologia envolve cinco fases:

- 1) o diagnóstico e a identificação do problema;
- 2) o planeamento de ações;
- 3) a implementação de ações selecionadas;
- 4) a avaliação do resultado dessas ações;
- 5) especificação de aprendizagem.

Na primeira fase, foi realizado na empresa um diagnóstico e uma análise crítica da situação atual de uma unidade autónoma de produção (UAP), para definir o posto produtivo de trabalho que neste caso foi associado a estampagem, analisando e identificando os problemas ergonómicos e logísticos. Para a elaboração deste diagnóstico foi necessário analisar a unidade autónoma de produção e recolher informações adequadas. Desta forma, procedeu-se ao levantamento dos problemas, investigando o esforço físico dos colaboradores tanto nas máquinas das prensas como na própria operação do condutor do comboio logístico, recorrendo a recolha de tempos, filmagem e a amostragem do trabalho (análise multi-momentos), a análise ergonómica *Sue Rodgers* e a duas avaliações ergonómicas, sendo uma de movimentação manual de cargas (equação NIOSH) e outra para as posturas inadequadas (metodologia OWAS).

Ainda nesta fase, depois de identificados os problemas existentes, identificou-se e quantificou-se o risco existente em relação a sobrecarga de peso das embalagens a serem puxadas e/ou empurradas; através da metodologia *Sue Rodgers*, que permite analisar, estudar e ponderar (numa escala de 1 a 3) o esforço, a duração e a frequência requerida para cada parte do corpo dos trabalhadores para a realização de uma tarefa, bem como a verificação do peso máximo da carga manipulada pelo operador. A partir destes parâmetros foi feita uma predição da fadiga muscular. Quando detetado risco ergonómico, a avaliação dos mesmos foi efetuada através de uma aplicação informática do Instituto de Biomecânica de Valência (IBV).

Posteriormente, na segunda fase, fizeram-se propostas para promover a melhoria das condições de trabalho, bem como possibilitar melhorias dos níveis de produtividade e eficiência do posto de trabalho do condutor do *Milk-Run* e dos operadores das máquinas, de forma a resolver os problemas encontrados e elevar o nível de satisfação dos operadores face às condições de execução das tarefas. O objetivo passou por implementar melhorias a fim de aumentar a taxa de produtividade e da eficiência, e diminuir os custos, a taxa de absentismo e de acidentes, passando também pela diminuição dos tempos de ciclos de cada tarefa envolvida, e diminuir os tempos de paragens, por logística interna, ou seja as paragens de máquinas devido a disfuncionamento na logística interna. Desta fase resultou um plano de ações com a proposta de implementação de algumas ferramentas Lean, nomeadamente, 5S, *Standard Work*, Gestão visual, reconfiguração do layout e do bordo de linha.

Tendo aprovado o plano de ações pela comissão científica, a partir daí, implementaram-se (terceira fase) as propostas de melhorias para os problemas identificados anteriormente, que passaram pela implementação de 5S, *Standard Work*, Gestão visual, reconfiguração do *layout* e do bordo de linha, aplicando também outras ferramentas de *Lean*, a fim de manter as melhorias tanto ergonómicas como logísticas implementadas.

A avaliação dessas melhorias (quarta fase) foram depois analisadas através de indicadores chave, nomeadamente, a produtividade e a eficiência da UAP estudada, medir a satisfação dos operadores tanto das máquinas como do comboio logístico, passando por uma verificação dos tempos de ciclos, tempo de paragens da logística interna e uma verificação dos custos-benefícios associados a implementação das melhorias.

Por fim, na última fase, foram realizadas possíveis propostas para trabalho futuro de melhorias que não puderam ser implementadas ou de assuntos relevantes para dar continuidade a este projeto, sempre

com foco na melhoria contínua e na visão *Lean*, a fim de estender o projeto para todas as unidades autônomas de produção adaptando as necessidades e aos problemas específicos de cada uma.

1.4. Estrutura da dissertação

A dissertação está organizada em sete capítulos. O primeiro capítulo refere-se à introdução da dissertação, onde se encontram o enquadramento do tema da dissertação, os seus objetivos e a metodologia de investigação. O segundo capítulo apresenta uma revisão bibliográfica dos conceitos relacionados com o tema da dissertação.

O terceiro capítulo apresenta a empresa onde foi realizado o estágio. Neste capítulo encontra-se não só uma breve apresentação, como também, os principais clientes e fornecedores, os seus valores e princípios como também uma descrição do espaço físico da organização. Para além disso, identifica os departamentos e os respetivos produtos da empresa.

No quarto capítulo é feita uma descrição detalhada e a caracterização dos setores da empresa seguida de uma análise crítica da situação atual de cada, de forma a demonstrar os principais problemas existentes. No quinto capítulo são apresentadas as propostas de melhorias desenvolvidas com base nos problemas encontrados com o objetivo de os melhorar, minimizar ou mesmo eliminar.

No sexto capítulo são discutidos os resultados obtidos através da implementação das ações de melhoria, dividido em duas partes concretas, os resultados das propostas implementadas e os resultados esperados das propostas não implementadas.

Por fim, são apresentados, no capítulo sete, as conclusões acerca do projeto de dissertação, assim como propostas de trabalho futuro que permitem sustentar o presente projeto.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é realizada uma revisão e descrição da filosofia *Lean production*, bem como das ferramentas que podem ser utilizadas para eliminar os desperdícios identificados por esta filosofia, os conceitos da aplicação do *Lean* a logística interna de uma organização, chamado de *Lean Logistics* e, por fim, uma descrição e revisão de conceitos da ergonomia e da relação *Lean* e Ergonomia. A revisão bibliográfica permite aprofundar o conhecimento nessas áreas e criar alicerces teóricos fundamentais para a realização deste projeto.

2.1. *Lean Production*

Nesta secção apresentam-se as origens do *Lean Production* com descrição dos pilares fundamentais da filosofia, o *Just-in-Time* e o *Jidoka*, através da casa TPS. São depois explicados vários conceitos que sustentam o *Lean Production*, nomeadamente o modelo dos 3M's, a descrição dos princípios do pensamento *Lean* ou *Lean Thinking*. No final são descritos de forma detalhada os desperdícios identificados pela filosofia *Lean*, mais o desperdício do não aproveitamento do potencial humano.

2.1.1. Origem do *Lean Production*

A filosofia *Lean* surgiu após a Segunda Guerra Mundial com a Toyota, onde os princípios e conceitos desta filosofia surgiram antes da criação da empresa em 1937. A Toyota Motor Company foi criada por Sakichi Toyoda, quando o Japão iniciava um processo de reconstrução, após a recessão económica causada pela Segunda Guerra Mundial.

No ano de 1896, foi criado o conceito de *Jidoka* ou autonomia, incorporando um dispositivo de parada automática em seus teares, que interrompia o funcionamento de uma máquina caso um fio se partisse. Isso deu espaço a grandes melhorias na qualidade e liberou os funcionários para a realização de um trabalho que agregasse mais valor do que o simples monitoramento dos equipamentos. Com a utilização deste sistema o homem foi separado da máquina e permitindo assim a possibilidade ao operador ou à máquina a autonomia de parar o processamento sempre que for detetada qualquer anormalidade no processo. Este conceito seria um dos pilares do que viria a ser o Sistema Toyota de Produção.

Em 1930, Kiichiro Toyoda, filho de Sakichi Toyoda, inicia o desenvolvimento de motores de combustão a gasolina. Desta forma, foi determinado que as operações da empresa não teriam excesso de estoque e assim, a Toyota lutaria para trabalhar em parceria com seus fornecedores a fim de nivelar a produção.

Sob a liderança de Taichi Ohno, pioneiro importante da estruturação do *Toyota Production System*, o *Just-in-Time* (JIT) tornou-se um sistema singular de fluxos de materiais e informações para evitar o excesso de produção. No ano de 1937, a Toyota produz o seu primeiro protótipo de automóvel e estabelece as bases para fundar a *Toyota Motor Company Ltd* (Monden, 1998).

O período pós-guerra dos anos 40 foi marcado pela recessão económica japonesa, e desta forma existe a necessidade de uma reconstrução interna do país. A partir daí, a Toyota define vários conceitos de forma a construir uma economia saudável preparada para retirar o Japão da recessão e posicionar-se de forma segura para a sua exposição ao nível internacional. A Toyota Company definiu assim uma produção puxada, de forma a produzir o que o cliente quer na quantidade, no tempo e na qualidade adequada, tendo em conta a definição dos sete tipos de desperdícios e adota assim uma estratégia para os eliminar. Esse conceito de *Just-in-Time*, Nivelamento e a eliminação de desperdícios tornou-se a base do Sistema Toyota de Produção.

Fora do Japão, a disseminação do *Lean Production* começou com a criação da *joint venture Toyota - General Motors* (NUMMI), em 1984, na Califórnia. Esse conceito simples encontrou espaço em todas as máquinas, em todas as linhas de produção e em todas as operações da Toyota. A designação *Lean Production* surgiu no ano de 1990 no livro “*The Machine that changed the world*” de Womack, Jones e Roos que comparou o desempenho do sistema de produção da indústria automóvel japonesa com a indústria automóvel americana, resultado de cinco anos de pesquisa liderada pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). Constatou-se através desse estudo que os desempenhos das empresas japonesas eram significativamente superiores aos desempenhos das empresas americanas, devido a aplicação da filosofia *Lean*. Daí, Womack et al. (1990) adotaram a designação de *Lean Production* como sendo o termo ocidental do *Toyota Production System* (TPS) de Eiji Toyoda e Taichi Ohno (Monden, 1998).

Através da investigação, constatou-se que o objetivo do sistema *Toyota Production System* (TPS) consistiu em aumentar a produtividade na produção de automóveis e reduzir os custos através da eliminação de todos os tipos de desperdícios. Esta forma de trabalhar permitiu à empresa Toyota ascender a uma posição superior na liderança do mercado automóvel em relação às empresas americanas. Através da metodologia *Lean* e da sua evolução, pode-se tornar uma empresa competitiva e flexível no mercado, independentemente do setor, sempre tendo como foco os clientes e responder de forma mais apropriada as necessidades desses mesmos.

2.1.2. Casa TPS

Normalmente representada como uma casa, a metodologia TPS é baseada em diversos princípios onde se destacam dois pilares fundamentais: *Just-In-Time* e *Jidoka* (Figura 1). A representação do sistema TPS fazendo referência a uma “casa” com pilares significa que não se pode começar a construir uma casa pelo telhado, logo também não é possível aplicar uma metodologia sem ter que em primeiro lugar construir as suas bases (Liker, 2004).



Figura 1: Casa do TPS, adaptado de Liker (2004)

Estes dois pilares permitem criar um fluxo contínuo de produção, de forma adequada e que permite de responder e a adaptar-se em função das necessidades das empresas. O sistema JIT reflete a produção da quantidade exata no momento certo, tendo em vista a redução significativa do inventário, enquanto que *Jidoka* representa o controlo de defeitos feito autonomamente pelas máquinas, evitando que um produto defeituoso passa para o processo produtivo seguinte (Monden, 1998).

2.1.2.1. Just-In-Time

O *Just-in-Time* (JIT) estabelece um sistema de produção e fornecimento de produtos exatamente no momento certo, na quantidade certa, sem defeitos nem desperdícios. A filosofia *Just-In-Time* consiste num sistema de operações simples e eficiente capaz de melhorar os recursos presentes numa organização, tais como, mão-de-obra, equipamentos existentes e investimentos, conseguindo desta forma atender às exigências dos clientes (Richard, 1988).

Este pilar está associado ao princípio do “zero defeitos”, ou seja, princípio pelo qual considera-se que só é possível entregar as peças consoante os prazos pretendidos pelos clientes, se estas forem isentas de defeitos, isto é, produzir as peças bem à primeira (Tapping, 2003). O conceito JIT implica que cada processo/produto deve ser fornecido no local certo, na quantidade certa, na qualidade certa e no tempo certo. Desta forma, verifica-se que o fluxo é fluido e o processo é efetuado de forma contínua, pois o processo anterior apenas produz o que for pedido pelo processo seguinte e assim sucessivamente até estar concluído o produto (produção puxada). Desta forma, existe uma diminuição dos desperdícios, tais como, a redução de espaço ocupado por excesso de inventário que resultará também numa diminuição dos transportes dos componentes entre as diversas operações (Karlsson and Åhlström, 1996).

2.1.2.2. Jidoka

O *Jidoka* pode ser definido como sendo a “autonomação com toque humano”, sendo um princípio que consiste em transferir o controlo de qualidade para as máquinas (Wilson, 2010). Desta forma, evita-se a propagação de defeitos ao longo da linha de produção e consegue-se atuar, rápida e eficazmente na raiz do problema (Wilson, 2010; Womack & Jones, 1996).

O *Jidoka* permite evitar a sobreprodução, que por este facto, é uma das suas principais vantagens. A partir daqui o *Just-in-Time* (JIT) pode ser aplicado eficazmente e o controlo de defeitos no processo torna-se mais fácil. Em caso de não conformidade, será apenas necessário olhar para o trabalhador e máquina que pararam a linha de produção, onde a causa do erro é rapidamente detetada e, conseqüentemente é tratado eficazmente (Sugimori, Kusunoki, Cho & Uchikawa, 1977).

2.1.3. Modelo dos 3M

O modelo dos 3M refere-se aos tipos de desperdícios encontrados em uma organização. Na procura por identificar e eliminar os desperdícios nos processos, que é o verdadeiro foco da melhoria contínua, é muito importante compreender estes três termos: *Muda* (Desperdício), *Mura* (Irregularidade) e *Muri* (Sobrecarga). Estes são descritos como:

- ***Mura*** diz respeito à Variação, ou Variabilidade, observada ao longo da cadeia de valor. Pode ser encontrada na imprevisibilidade dos mercados, ou dentro do próprio processo, em tempos de ciclos que variem significativamente de atividade para atividade ou de trabalhador para trabalhador (Liker, 2004);
- ***Muri***, significa sobrecarga, e acontece quando os operadores ou máquinas operam acima das suas capacidades. Esta situação leva a quebras de máquinas, paragens produtivas ou ineficácia e stresse dos

operadores na concretização das suas tarefas. As consequências vão desde defeitos, a aumentos nos tempos de espera e lead times (Liker, 2004);

- **Muda** ou desperdício, é onde se foca o Pensamento *Lean* ou *Lean Thinking* (a discutir na secção 2.1.4) para a sua total eliminação, sendo, toda e qualquer atividade que não acrescente valor (Womack & Jones, 1996). O Muda torna os produtos ou serviços mais caros, pois quando se vende um produto ou serviço, este é vendido a um preço mais elevado porque o cliente acaba por pagar atividades que não acrescentam qualquer tipo de valor ao seu produto. Ao produzir desperdício estamos a gastar recursos e tempo de modo a encarecer o produto final (Linker, 2004). Ou seja, tudo o que não acrescenta valor a um produto é desperdício e é algo pelo qual o comprador não está disposto a pagar (Karlsson and Åhlström, 1996).

Um dos princípios mais importantes da metodologia *Lean Production* é a eliminação de desperdício (*Muda*), que representa qualquer atividade que consome recursos que, por sua vez, levam a um aumento dos custos de produção e que no final não vão contribuir para aumentar o valor que o cliente tem que pagar pelo produto. As atividades que contribuem para adicionar as características desejadas pelo cliente são classificadas como atividades que acrescentam valor ao produto. As restantes atividades que são realizadas e não contribuem para aumentar o valor do produto são desnecessárias e, portanto, devem ser eliminadas (Womack et al., 1990).

De forma a identificar os desperdícios numa empresa, é necessário classificar todas as atividades existentes de modo a distinguir as atividades que efetivamente acrescentam valor ao produto e das quais que não acrescentam valor na perspetiva do cliente (Ortiz, 2006).

Desta forma, de seguida são descritos esses sete tipos de desperdícios:

- **Inventário:** refere-se ao excesso de Stock. Neste caso, os *stocks* são a acumulação de matérias-primas, produtos em vias de fabrico (WIP) ou produtos acabados em qualquer parte do processo produtivo (Ortiz, 2006). O objetivo é reduzir o nível de *stock*.

- **Defeitos:** refere-se a todos os produtos ou serviço que não verificam os requisitos de qualidade impostos pelos responsáveis da qualidade do produto (Ortiz, 2006). Essa situação provoca a rejeição do produto por parte do cliente e implica processos de retrabalho para o mesmo produto. A fabricação de produtos com defeito leva a um aumento ao nível dos custos de produção para parte da empresa, daí que o objetivo é reduzir o número de produtos não conformes fabricados.

- **Esperas:** refere-se as esperas de uma atividade, no caso em que os processos se estejam a atrasar, derivado a não disponibilidade dos recursos, quando estes são necessários (Hines, Found, Griffiths, & Harrison, 2010). Os atrasos podem ser provenientes dos operários, das máquinas, do fluxo de materiais e de informação e dos transportes.

- **Excesso de processamento ou processamento incorreto:** refere-se as operações realizadas no processo produtivo, mas que de facto não são necessárias para o processamento do produto e, desta forma, não acrescentam qualquer valor ao produto final. Este desperdício pode ser também explicado e tem como causa principal a falta de uniformização das sequências dos processos de fabrico de um produto (Ortiz, 2006).

- **Transporte:** refere-se as atividades de transporte que é necessário para movimentar materiais de um destino a outro, mas que provoca tempos perdidos, recursos consumidos e custos acrescentados. O transporte pode ser definido como uma atividade que não acrescenta valor ao produto, ou seja um desperdício, e por este facto deve ser eliminado (Hines, Found, Griffiths, & Harrison, 2010).

- **Movimentos:** refere-se aos movimentos desnecessários de pessoas e incorpora todos os movimentos que os trabalhadores executam durante a realização das atividades inerentes ao processo e que não acrescentam valor ao produto (Womack and Jones., 1996).

- **Sobreprodução:** refere-se à produção de produtos em quantidade superior ao que realmente são necessárias a serem produzidas (Ortiz, 2006). Através da sobreprodução são fabricadas quantidades de produto quando estas não são necessárias, levando a níveis de *stock* excessivos (Hines, Found, Griffiths, & Harrison, 2010).

Além dos sete desperdícios, existe mais um que pode ser considerado como desperdício, sendo este o potencial humano descartado (Liker, 2004). Este desperdício corresponde à não valorização das capacidades de qualquer membro de uma organização, pelo facto de descartar potenciais habilidades, ideias, ou oportunidades de melhoria que poderão ser essenciais para o bom funcionamento de uma empresa (Bhansin, 2015).

Adicionalmente, existem desperdícios ao nível ambiental. Esta relação do Lean com a sustentabilidade é designada de *Lean Green*. A metodologia *Lean Green* está associada, como o próprio nome indica, a uma metodologia *Lean* que visa a redução da poluição, da energia, da água e dos recursos utilizados, aumentando a eficiência dos processos de produção e reduzindo os custos (Bergmiller and McCright, 2009). O Lean-Green é um conceito que associa a agregação de valor e eficiência em termos operacionais e ambientais. Esse conceito surge como um efeito derivado do resultado dos desafios das

empresas em repensar os seus objetivos e estratégias para agregar mais valor, contribuindo para a equidade social e prevenindo a encargos (Abreu, Alves & Moreira, 2017).

O conceito de ecoeficiência traduz a ideia de “criar mais com menos”, premissa fundamental do *LeanThinking*, a fim de reduzir os impactos ecológicos e da intensidade de utilização de recursos. O Lean é uma estratégia que abrange uma ampla variedade de práticas de gestão, em um sistema integrado, para melhorar os processos de negócios, minimizar os desperdícios e melhorar o desempenho das organizações ao nível financeiro (Abreu, Alves & Moreira, 2017).

O *Lean* e o *Lean Green* têm o mesmo princípio e ideologias similares. Esses dois conceitos, surgem como melhoria contínua dos processos, garantindo a melhor performance dos equipamentos. O Lean Green traduz a preocupação pelas questões ambientais, uma consciencialização para o impacto da utilização de formas de energia mais limpas e sustentáveis (Bergmiller and McCright, 2009). Para além disso, o conceito de Lean Green permite encontrar um equilíbrio adequado entre o Lean production e a eficiência na utilização de recursos (Rothenberg, Pil & Maxwell, 2009).

2.1.4. Princípios *Lean Thinking*

O *Lean Thinking* ou pensamento *Lean* surgiu no livro de Womack e Jones (1996), e consiste em criar um fluxo contínuo de entrega de valor ao cliente, reduzindo ao máximo a perda de recursos organizacionais. Esta é a filosofia por trás da metodologia Lean Production que tem como objetivo principal fazer mais com menos, isto é, menos tempo, menos espaço, menos esforço humano, menos equipamento e mais eficiência e maior compreensão das necessidades do cliente (Womack et al., 1990). Os cinco princípios base desta filosofia definido pelos autores são: 1) Valor; 2) Cadeia de Valor; 3) Fluxo; 4) Produção Puxada; 5) Busca da perfeição (Womack and Jones, 1996).

Desta forma, de seguida são descritos os cinco princípios do *Lean Thinking*.

- **Valor:** refere-se que o produto final se baseia nos requisitos do cliente/consumidor, ou seja, tem que se ter em conta as características que o cliente quer que se incorpora no produto ou serviço. A partir daqui o cliente está disposto a pagar um preço específico num determinado momento. Por outro lado, tem que se ter em conta a identificação das tarefas que não acrescenta valor (desperdício) e eliminar os desperdícios na elaboração dos produtos (Womack and Jones, 1996).

- **Cadeia de Valor:** refere-se à identificação de todas as atividades estritamente necessárias, desde a encomenda até à entrega do produto ou serviço. Após esta análise devem ser eliminadas as atividades desnecessárias (Womack and Jones, 1996).

- **Fluxo:** refere-se a tornar o processo o mais fluido possível, ou seja, eliminar ou reduzir as paragens, os defeitos e as movimentações desnecessárias (Womack and Jones, 1996).

- **Produção puxada:** refere-se ao facto de o fluxo deve ser ditado pela procura do cliente. A partir daqui qualquer atividade só é iniciada após o pedido do cliente. Esta forma de produzir é chamada de produção “puxada” ao ritmo do cliente final (referida na secção 2.1.2.1). Desta forma evita-se a produção desnecessária e eliminam-se desperdícios (Womack and Jones, 1996).

- **Procura pela Perfeição:** refere-se à procura constante pela melhoria contínua de forma a ir ao encontro da perfeição (Womack and Jones, 1996).

2.1.5. Ferramentas *Lean* e outras ferramentas

Nesta secção são apresentadas as ferramentas *Lean* essenciais para a realização deste projeto. São estas os 5S, a uniformização do trabalho ou o *Standard Work*, a gestão visual, o *layout* e o VSM. Além destas, também se descreveram outras relevantes no contexto deste projeto, nomeadamente, simulação e Analytic Hierarchy Process.

2.1.5.1. Value Stream Mapping

O *Value Stream Mapping* (VSM) ou mapa de fluxo de valor é uma representação do fluxo de materiais, do fornecedor ao cliente através de sua organização, bem como o fluxo de informações de uma família de produtos especificada (Tapping, 2003). O VSM é uma ferramenta *Lean* que tem como principal objetivo diferenciar as atividades que acrescentam das que não acrescentam valor no sistema de produção de uma organização. Os símbolos utilizados para a sua realização encontram – se no

Anexo I – Símbolos VSM.

Esta ferramenta, como o próprio nome indica, é uma representação da cadeia de valor de um sistema de produção. Inclui todos os processos intrínsecos a um sistema de produção, desde a receção de uma encomenda ou uma ordem de produção até que esta é entregue ao cliente final. Para além disso, o VSM identifica todas as atividades necessárias para garantir a entrega do produto ao cliente, de forma a satisfazer as necessidades do mesmo (Womack et al., 1996).

Ao diferenciar as atividades que acrescentam valor das que não acrescentam valor é assim possível detetar as áreas e os processos que apresentam maiores desperdícios, para que, num segundo tempo, se proceder à sugestão e implementação de melhorias que visem a eliminação desses mesmos desperdícios (Brito, 2011).

A realização de um VSM compreende quatro passos fundamentais (Rother and Shook, 1999). De acordo com a Figura 2 observa-se que inicialmente é necessário definir qual a família de produto que se tem que analisar. Num segundo tempo, elabora-se o VSM correspondente ao estado atual da empresa. Para isto, é necessário identificar e caracterizar todos os processos utilizados para se fabricar a família de produtos que se está a estudar. Depois de elaborar o VSM é necessário com base no mesmo, analisar e identificar as atividades que não acrescentam valor para se proceder à tomada de decisões sobre as ações a implementar, com vista à eliminação dos desperdícios. As tomadas de decisões estão diretamente relacionadas com a aplicação das ferramentas *Lean* que se adequam mais à situação em análise permitindo assim eliminar os desperdícios identificados.



Figura 2: Etapas para a construção de um VSM, adaptado de Rother and Shook (1999)

O terceiro passo é a construção de um novo VSM que representa o sistema de produção desejado, através da implementação de ferramentas *Lean manufacturing* que visem eliminar os desperdícios identificados no VSM do estado atual da empresa. O quarto e último passo, passa pela construção de um plano ação para a implementação de melhorias utilizando as ferramentas *Lean production* referenciadas no segundo passo. Depois de respeitar todos os passos, é necessário atualizar o VSM de acordo com a situação atingida através da implementação das ferramentas *Lean manufacturing*. Por fim, torna-se necessário realizar um balanço do trabalho desenvolvido e assim proceder a uma comparação dos resultados obtidos com os resultados desejados.

2.1.5.2. Técnica 5S

A técnica 5S é uma das várias ferramentas *Lean*, que é utilizada para proporcionar a melhoria contínua ou filosofia *Kaizen*, de uma forma sequencial e gradual numa organização. Essa ferramenta é baseada numa metodologia que engloba cinco atividades principais, utilizadas para proporcionar um local de trabalho arrumado, organizado e apto para o desempenho de tarefas e operações, segundo os princípios *Lean* (Brito, 2011).

Desta forma, de seguida são descritos os cinco sentidos da metodologia 5S:

1S - Seiri (utilização): refere-se a separar o necessário do desnecessário (Tapping, 2003). O primeiro da técnica dos 5S consiste em eliminar todos os materiais e ferramentas desnecessárias do espaço de trabalho (Ortiz, 2006).

2S - Seiton (ordenação): refere-se a planear o melhor local para colocar os itens encontrados em ordem (Tapping, 2003). Pode ser necessário recorrer a sistemas adaptados para a arrumação desses itens e fazer com que estes estejam acessíveis quando necessários. Por isso, os locais definidos para colocar os materiais devem estar devidamente identificados, bem como os próprios materiais. Por fim, deve estar definido qual é a quantidade que deve estar disponível de cada material (Brito, 2011).

3S - Seiso (limpeza): refere-se a limpar e manter em ordem o posto de trabalho e as áreas envolventes (Tapping, 2003). Uma limpeza do posto de trabalho e das máquinas adequada é importante pelo facto de ajudar a detetar problemas de forma mais eficaz. Um local de trabalho limpo e organizado transmite a ideia de que naquele local se procura fabricar produtos com qualidade (Pinto, 2008).

4S - Seiketsu (padronização): refere-se a criar e definir um padrão de limpeza (Tapping, 2003). Neste caso é fundamental a criação de procedimentos como instruções de trabalho, mapas de processos ou padrões visuais para manter os primeiros 3S's em todas as áreas de interesse. Neste passo é importante dar formação aos trabalhadores, para que estes tenham conhecimento claro sobre o que deve estar no local de trabalho e em que sítios é que devem alocar todos os materiais próprios ao posto de trabalho.

5S - Shitsuke (disciplina): refere-se a estabelecer disciplina para sustentar os primeiros 4S ao longo do tempo (Tapping, 2003). Segundo Ortiz (2006), é considerado como sendo o passo mais difícil de concretizar, pelo facto de manter o posto de trabalho segundo os padrões e normas definidas. Torna-se assim, fundamental controlar se as regras implementadas estão ou não a ser respeitadas. Para isto, é necessário realizar auditorias periodicamente aos postos de trabalho para verificar se esse mesmo está de acordo com o normalizado (Brito, 2011).

2.1.5.3. Gestão Visual

A gestão visual é uma das ferramentas do *Lean*, que permite referir a informação relativa a determinado processo ou sistema produtivo onde é apresentada de forma visual, através de sistemas simples e intuitivos que permitem aos colaboradores, que a veem, interpretar de forma rápida a informação transmitida. Esta mesma, pode servir para monitorar o processo, evitando erros e desperdícios de tempos, o que permite melhorar o desempenho de uma empresa (Pinto, 2008).

Para além disso, a gestão visual permite ainda informar o local onde todos os materiais e ferramentas devem ser armazenados e arrumados, determinar os níveis de inventário necessários e, identificar os possíveis perigos e respetivas medidas de segurança a tomar para evitar situações de risco (Araújo et al., 2011). A gestão visual permite também, estabelecer um sistema de comunicação e controle visual em todo o local de trabalho. De facto, a gestão visual integra-se no conceito 5S, no que diz respeito ao controle visual, pois permite padronizar para ir de encontro ao quarto senso do sistema 5S, atingindo as métricas visuais em todo espaço de trabalho e em toda organização (Tapping, 2003).

2.1.5.4. Trabalho normalizado

No sentido de melhorar os processos, o trabalho tem que ser padronizado antes de ser aperfeiçoado. O trabalho normalizado ou *standard work* é usado como a base de todas as atividades de melhoria. O objetivo é estabelecer, com os operadores um trabalho padrão, que permite estabelecer a melhor sequência para cada processo (fabricação, montagem, logístico, ect.) e criar uma base na qual melhorar (Tapping, 2003).

O trabalho padrão consiste em um conjunto de procedimentos que controlam as tarefas para que elas sempre sejam executadas de forma consistente e assim, para que as operações sejam organizadas para garantir que todos os desperdícios sejam eliminados (Tapping, 2003). A normalização do trabalho é um componente importante das atividades de melhoria contínua, pelo facto de estimular as tarefas e ajudar a eliminar as atividades que não acrescentam valor ao produto e melhorar o ritmo de trabalho.

2.1.5.5. Melhoria contínua ou Kaizen

A melhoria contínua ou *Kaizen* (palavra em japonês) é uma filosofia integrada nas atividades de uma organização de forma contínua do dia-a-dia e de forma a eliminar desperdícios, criar normas ou *standars*. A melhoria contínua promove pequenas melhorias ao longo do tempo e conta com a participação de todos os elementos da empresa e, por outro lado, esta abordagem permite que as pessoas se adaptem melhor as mudanças e consigam implementá-las na sua rotina (Sá, 2019).

Segundo Imai (1986), a limpeza e organização, a eliminação de desperdício e a normalização constituem os três pilares para a implementação da melhoria contínua. Esses processos devem ser apoiados por ciclos PDCA, que tem como princípios de procedimentos as etapas “P” (Plan) que determina os objetivos, ou seja, a onde se pretende chegar implementando um planeamento de forma eficiente e promover um objetivo claro para a situação encontrada. Na implementação da prática do “D” (Do) realiza-se atividades importantes, de forma a atingir os objetivos. Seguindo a etapa “C” (Check), que refere a identificação e verificação do que está ou não está a ser conforme ou planeado, e por fim a pratica do “A” (Action) que é designada como forma de corrigir as eventuais não conformidades encontradas, através de ações claras e com base nos insucessos nas etapas anteriores garantindo que os problemas decorrentes do processo sejam retificadas e dar assim sentido a um ciclo de melhoria contínua de um determinado processo (Silva, Agostino, & De Sousa, 2017).

De acordo com o *Kaizen Institute*, consideram-se sete princípios de funcionamento do *Kaizen* de modo a obter resultados satisfatórios em qualquer atividade de melhoria contínua realizada (Coimbra, 2008). Esses sete princípios são:

1. **Gemba Kaizen:** o Gemba (palavra japonesa que significa “local real”) é utilizado para designar os postos de trabalho numa organização. Pode ser designado também como “evento *Kaizen*”, em que consiste envolver um grupo de pessoas com o intuito de desenhar e implementar melhorias num curto e intensivo período de tempo e de trabalho (Coimbra, 2008).
2. **Desenvolvimento de pessoas:** A introdução de uma melhoria implica uma mudança de rotina e de tarefas para um grupo de pessoas e a adoção e adaptação a uma nova rotina. A partir daí, é importante que as melhorias implementadas sejam antes pequenas alterações aplicadas regularmente e envolvendo todos os níveis de hierarquia (Coimbra 2008). O que se espera é melhorar ao longo do tempo, sem concretamente esperar a solução de melhoria “perfeita”.
3. **Normas visuais:** De acordo com Coimbra (2008), “uma imagem vale mais que mil palavras” e “uma norma é o caminho conhecido como o mais eficiente de desempenhar uma tarefa”. De facto, estas expressões representam a importância de definir uma norma de trabalho e a norma deve ser efetuada de forma eficiente para executar uma determinada tarefa. A não existência de uma norma para uma dada tarefa, leva que a tarefa seja executada de maneira diferente dependendo de trabalhador para trabalhador (Sarmiento, 2012).
4. **Processo e resultados:** A definição do processo a utilizar para alcançar os resultados e objetivos é tão importante como a definição desses próprios resultados e objetivos. Desta forma,

consegue-se atingir resultados coerentes e consistentes (Coimbra, 2008). Existem uma importância acrescida ao nível dos indicadores de desempenho ou *Key Performance Indicators* (KPIs), de forma a obter um controlo concreto das melhorias e a sustentabilidade dos processos.

5. **Qualidade em primeiro:** A qualidade é um dos mais importantes fundamentos do Kaizen através da procura pelos zeros defeitos. Os mercados são cada vez mais exigentes, tornando a produção rápida, barata e com qualidade é a base da posição competitiva, e elevando a qualidade a condição de nova área de gestão. As empresas tenham que apostar na qualidade, produtividade e serviço, que são, por si só, indispensáveis condições de sobrevivência para as organizações (Mello, 2011).
6. **Eliminação de desperdícios:** A melhoria contínua é uma atividade fulcral do *Lean Production*. Desta forma, um dos objetivos da melhoria contínua é a identificação e eliminação ou redução dos sete desperdícios (atividades que não acrescentem valor) de modo a alcançar a competitividade e excelência (Coimbra, 2008).
7. **Fluxo puxado:** Segundo Coimbra (2008), o fluxo puxado ou *pull* tem impacto na organização do fluxo de logística interna de uma organização, ou seja, o fluxo de materiais e de informação deve ser puxado e iniciado pelos clientes ou encomendas. Desta forma, pretende-se diminuir o excesso de *stock*, de esperas, bem como de outros desperdícios de acordo com a filosofia *Lean*.

2.1.5.6. Reconfiguração do layout

O *layout* representa e posiciona os recursos de uma organização, uns relativamente aos outros, como também permite alocar tarefas para esses mesmos recursos (Slack, Chambers, & Johnson, 2010). É de realçar que, a determinação de um *layout* é uma decisão tática e, desta forma, a opção por um bom ou mau layout influencia todo o sistema produtivo uma vez que pode afetar o fluxo de materiais e pessoas e, conseqüentemente, incorrer em desperdícios e custos não previstos.

Segundo Alves et al. (2015) reconfigurar os sistemas de produção é uma questão de sustentabilidade, sabendo que os sistemas de produção geralmente são mantidos inalterados por longos períodos de tempo apesar das mudanças no mercado e no modelo de gestão. Em prazos relevantes, essa estagnação causa um acúmulo de ineficiências e resíduos que levam a sistemas de produção improdutivo. Por outro lado, um dos principais desafios é a necessidade de uma mudança cultural (Alves, Sousa & Dinis-Carvalho, 2016), de facto um dos problemas associado a reconfiguração do *layout* é a resistência a mudança.

O que se pretende através de uma reconfiguração de um *layout*, é num primeiro tempo, melhorar o uso do espaço em termos efetivos e económicos que permite, assim, minimizar o custo de manipulação de materiais, bem como o tempo e frequência. Num segundo tempo, facilita o processo de produção, assim como o seu fluxo; assegurando a flexibilidade de um sistema, minimizando o tempo global de um processo produtivo. Permite também a tomada de decisão de forma eficiente por parte da gestão, como também, minimiza o risco de quebras de produção. Por fim, respeitando um dos princípios fundamentais da filosofia *Lean*, assegura a segurança e o bem-estar da força laboral, e maximiza a eficácia da utilização do espaço (Tomelin and Colmenero, 2010; Williamson and Canen, 1996).

2.1.5.7. Analytic Hierarchy Process

O método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) é uma técnica de análise de decisão e planeamento de múltiplos critérios desenvolvida por Thomas L. Saaty em 1991, para a tomada de decisão no que diz respeito a alocação de recursos /escassos, resolução de conflitos e em política de negociação. A metodologia AHP é um método que se caracteriza pela capacidade de analisar um problema de tomada de decisão, através da construção de níveis hierárquicos onde o problema é decomposto em fatores. Esses fatores são previamente selecionados e organizados numa hierarquia descendente cujos objetivos finais devem ser previamente definidos, seguindo os sub-objetivos, e por fim os fatores de decisão com as suas alternativas, definindo os vários cenários (alternativas) possíveis.

Este método baseia-se no método newtoniano e cartesiano que procura atuar na complexidade das decomposições e divisões do problema em fatores, que podem ainda ser decompostos em novos fatores, claros e dimensionáveis e estabelecendo relações para depois sintetizar. Desta forma, de acordo com alguns autores, este método baseia-se em três etapas de pensamento analítico (Martins, 2009):

- Construção de hierarquias: no método AHP o problema é estruturado em níveis hierárquicos. Para a aplicação desta metodologia é necessário que tanto os critérios quanto as alternativas possam ser estruturadas de forma hierárquica (Figura 3), sendo que no primeiro nível da hierarquia corresponde ao propósito geral do problema, o segundo aos critérios e o terceiro as alternativas (Martins, 2009).

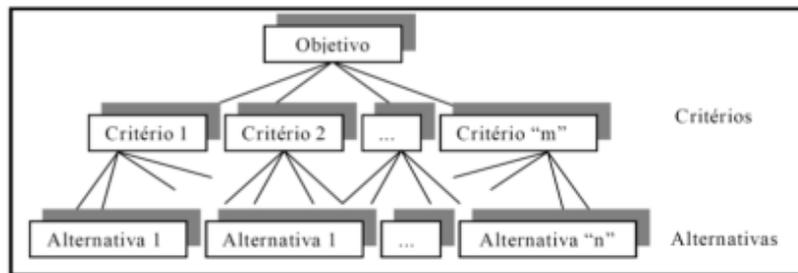


Figura 3: Estrutura Hierárquica Básica (adotado de Martins, 2009)

- **Definição de prioridades:** fundamenta-se na habilidade da percepção do relacionamento entre os objetos e as situações observadas, comparando pares, através de um determinado foco, critério ou julgamentos paritários (Saaty, 2000).

A quantidade de decisões necessárias para a construção de uma matriz de critérios genérica A (Figura 4) mostra a construção da matriz, cuja essa mesma é baseada na formulação $n(n-1)/2$, onde n é o número de elementos pertencentes a esta matriz e cujo essa mesma é definida por varias condições (Martins, 2009). Essas condições são explicadas a seguir:

- **Normalização das matrizes de criterios:** obtenção de quadros normalizados através da soma dos elementos de cada coluna das matrizes de criterios e posterior divisão de cada elemento destas matrizes pelo somatório dos valores da respectiva coluna;
- **Cálculo das prioridades médias locais (PML's):** as PML's são as médias das linhas dos quadros normalizados;
- **Cálculo das prioridades globais:** nesta etapa deseja-se identificar um vetor médio, que armazene a prioridade associada a cada alternativa em relação ao foco principal (Martins, 2009).

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1/a_{n1} & 1/a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}, \text{ onde:}$$

$$a_{ij} > 0 \Rightarrow \text{positiva}$$

$$a_{ij} = 1 \therefore a_{ji} = 1$$

$$a_{ij} = 1/a_{ji} \Rightarrow \text{recíproca}$$

$$a_{ik} = a_{ij} \cdot a_{jk} \Rightarrow \text{consistência}$$

Figura 4: Matriz A dos critérios genérica (adotado de Martins, 2009)

- **Consistência lógica:** o ser humano tem a habilidade de estabelecer relações entre objetos ou ideias de forma a que elas sejam coerentes, tal que estas se relacionem bem entre si e suas relações apresentem consistência (Saaty, 2000).

Para a aplicação do método AHP na seleção da melhor alternativa são necessárias cinco etapas para o processo de avaliação das alternativas para tomada de decisão. As cinco etapas são descritas a seguir.

– **Etapa 1 (Modelação do problema):** nesta etapa são definidos os elementos e os procedimentos que devem compor o modelo de hierarquização (Martins, 2009).

– **Etapa 2 (Elaboração):** devem ser construídas as matrizes de comparação das alternativas e critérios e deve ser calculada a razão de consistência das matrizes, além da construção dos vetores médios. Nesta etapa avaliam-se as alternativas por meio de combinações binárias (de pares) para cada um dos critérios estabelecidos e são expressas as preferências atribuindo um valor numérico a cada comparação utilizando a escala de Saaty (Figura 5). Com base nas decisões binárias, constrói-se no final uma matriz de comparação por pares para cada critério ou subcritério estabelecido (Martins, 2009).

Escala numérica	Escala Verbal	Explicação
1	Ambos elemento são de igual importância.	Ambos elementos contribuem com a propriedade de igual forma.
3	Moderada importância de um elemento sobre o outro.	A experiência e a opinião favorecem um elemento sobre o outro.
5	Forte importância de um elemento sobre o outro.	Um elemento é fortemente favorecido.
7	Importância muito forte de um elemento sobre o outro.	Um elemento é muito fortemente favorecido sobre o outro.
9	Extrema importância de um elemento sobre o outro.	Um elemento é favorecido pelo menos com uma ordem de magnitude de diferença.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre as opiniões adjacentes.	Usados como valores de consenso entre as opiniões.
Incremento 0.1	Valores intermediários na graduação mais fina de 0.1.	Usados para graduações mais finas das opiniões.

Figura 5: Escala numérica de Saaty, adaptado de Saaty 2000

– **Etapa 3 (Análise):** esta etapa consiste na análise dos dados recolhidos e dos resultados dos procedimentos de agregação e de classificação. Através do vetor médio e do desempenho das alternativas em relação aos critérios de avaliação, é definida a hierarquia das alternativas da melhor para pior (Martins, 2009).

– **Etapa 4 (Planeamento):** com base no resultado obtido na etapa anterior, é definido o planeamento do processo de implementação do que se pretende (Martins, 2009).

– **Etapa 5 (Implementação):** esta etapa consiste na implementação das ações de correção (Martins, 2009).

2.1.5.8. Simulação

Uma das ferramentas mais utilizadas para estudo de *layouts* e fluxos de materiais é a simulação. Segundo Khoshnevis (1994), a simulação de sistemas é o método de construir modelos para representar sistemas existentes do mundo-real, ou futuros sistemas hipotéticos e de fazer experiências com esses

modelos para explicar o comportamento dos sistemas, aumentar o desempenho, ou desenhar novos sistemas com os desempenhos desejados.

A quarta revolução industrial acontece em um ambiente veloz, mudanças ocorrem a todo tempo e a simulação se tornou uma metodologia indispensável, considerando a complexidade dos sistemas e problemas atuais, uma vez que atua de forma preventiva respondendo questões de ilimitados futuros cenários, antecipa soluções e analisa o comportamento de um sistema através das questões levantadas na modelagem (Maia Abreu et al., 2018).

A simulação torna possível o estudo, análise e avaliação de situações que, de outra forma, não seria possível avaliar.

De acordo com Shannon (1998), a simulação pode ser definida como o processo de desenhar um modelo de um sistema real e submetê-lo a experiências com o objetivo de perceber o comportamento do sistema e/ou avaliar diversas estratégias alternativas para o seu funcionamento.

Os *softwares* de simulação fornecem um ambiente dinâmico para a análise de modelos de computador, enquanto estes estão a ser executados, incluindo a possibilidade de visualizá-los em 2D ou 3D. Esta capacidade permite resolver problemas do mundo real com segurança e eficiência, oferecendo soluções valiosas e insights claros sobre sistemas complexos (AnyLogic, 2020).

Existem vários tipos de software para fazer simulação, nomeadamente, o Arena, o ProModel, Flexim e o SIMIO. No *software* Arena, primeiro cria-se o processo e logo após a sua criação faz-se a sua animação em 2D. Não é necessário escrever nenhuma linha de código no *software*, pois todo o processo de criação do modelo de simulação é gráfico e visual (Dias, Oliveira, Perreira, & Vieira, 2016). Em relação ao *software* ProModel, esse mesmo é usado para planear, desenhar e melhorar novos ou já existentes sistemas de produção, logística, ou qualquer outro sistema da vida real. Este permite modelar processos discretos e contínuos (ProModel, 2020). O Software Flexim é um *software* considerado como extremamente flexível, tem grande facilidade de uso e permite visualização 3D. Ferramenta utilizada para modelar, visualizar e analisar um sistema real (FlexSim, 2020).

No *software* SIMIO (*Simulation Modelling*), arrastam-se objetos para o espaço de desenho, uma vez que representam os componentes físicos do sistema, definindo assim a lógica e a animação do modelo. Desta forma, as modelagens são feitas como um passo único. No software SIMIO, as entidades têm seus próprios comportamentos e podem tomar decisões (e.g. rejeitar pedidos, avançar numa direção ou outra,

ect.), e cada uma dessas entidades executem um processo pelo facto de ter um *token* que corresponde a um processo (Vieira, Dias, Perreira, & Oliveira, 2014).

O *software* utilizado é o SIMIO, sendo um software desenvolvido em 2007, e para além das características referidas anteriormente, é uma ferramenta recente de modelação de simulação baseada em objetos inteligentes. Apresenta-se como uma ferramenta cuja filosofia de modelação é orientada aos objetos, oferecendo também a possibilidade de criar processos para modelar a lógica do comportamento dos objetos, ou seja, possui tanto a orientação para os objetos como para os processos. A animação também pode ser útil para refletir a mudança do estado do objeto (Vieira et al., 2014). Além da animação 2D usual, o SIMIO também suporta animação 3D como parte natural do processo de modelagem. O Simio oferece dois modos básicos para executar modelos: os modos interativo e experimental. No primeiro, é possível assistir à execução do modelo animado, o que é útil para criar e validar o modelo. No segundo, é possível definir uma ou mais propriedades do modelo que podem ser alteradas, para ver o impacto no desempenho do sistema (Vieira et al., 2014).

2.2. Lean Logistics

Nesta secção estuda-se a aplicação dos princípios *LeanThinking* à logística que é apelidada de *Lean Logistics* onde conceitos como *Milk-run* ou *comboio logístico*, supermercados e bordo de linha são estudados para melhor abastecer o sistema de produção. Além destes, outros conceitos são referidos que são pertinentes no contexto da Indústria 4.0, nomeadamente, AVGs e MIRs.

2.2.1. Comboio logístico

O comboio logístico também conhecido como *Milk-Run* (termo em inglês) ou Mizusumashi (termo em japonês que significa alfaiate de água), é um sistema de logística interna (dentro da organização), que está encarregue do fluxo de materiais e informação e tem como tarefa entregar o material necessário na quantidade e qualidade certas, na altura certa e no local apropriado. Este percorre rotas normalizadas de uma forma cíclica e num tempo predefinido e fixo, transportando caixas com quantidades demarcadas em função das necessidades das linhas ou células de produção (Coimbra, 2009).

O funcionamento do comboio logístico varia de um operador logístico comum que recorre a empilhadores e carros de transporte, como se pode observar na Figura 6.

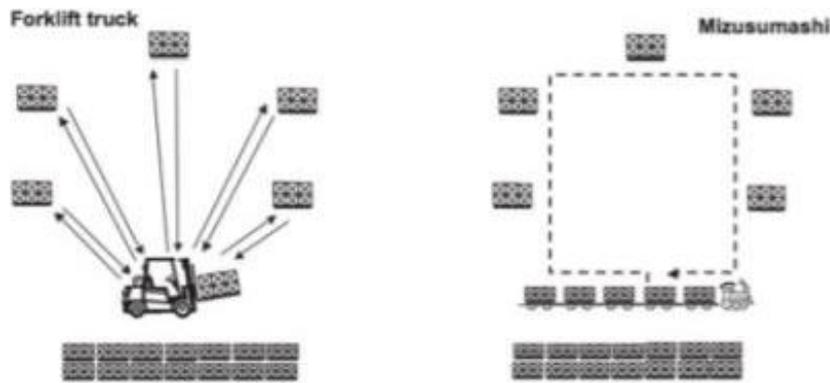


Figura 6: Comparação entre o modo de operação do empilhador e do Milk-Run, adotado de Coimbra (2009)

O percurso é sempre o mesmo, assim como os seus pontos de paragem. O comboio logístico segue uma rota com um ciclo bem definido, quer a nível horário como de locais de paragem. O material a transportar é carregado num comboio com um funcionamento mecânico em tudo idêntico a um empilhador; contudo este arrasta consigo carruagens que não são nada mais que prateleiras sobre rodas (Monteiro, 2014).

2.2.2. Supermercado

O supermercado é o local onde o trabalhador do comboio logístico coloca o material (picking) necessário para abastecer as linhas ou células de produção. O objetivo do supermercado é a disposição de quantidades predefinidas de componentes ou produtos acabados para fornecer, respetivamente, o bordo de linha ou os clientes. Estas quantidades são controladas sendo definido um mínimo e um máximo (Sarmiento, 2012).

Os supermercados devem estar organizados e ter uma posição para cada referência com um limite mínimo e máximo estipulado (Figura 7). Para além disso, devem ter um corredor para efetuar o abastecimento do supermercado e outra para recolher o material (picking) do supermercado, normalmente as estantes são inclinadas de forma a facilitar o picking, ou seja, a parte mais baixa fica na zona de picking e a parte mais elevada na zona de abastecimento. Deste modo, também se consegue cumprir o FIFO (first-in-first-out) uma vez que o material é abastecido num corredor e recolhido pelo outro corredor (Coimbra, 2009).

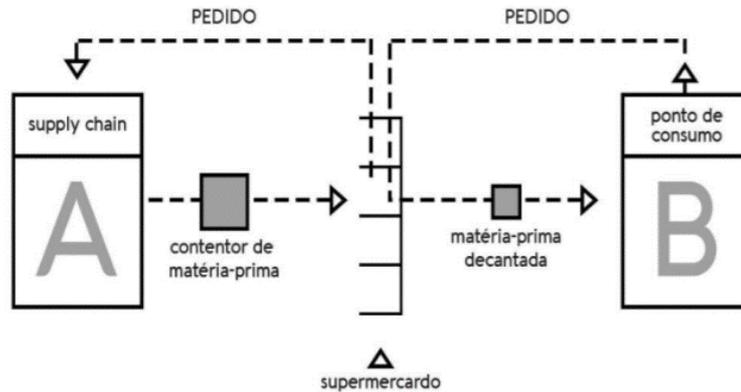


Figura 7: Funcionamento de um supermercado na indústria, adotado de Coimbra (2009)

Deste modo, o operador que abastece a linha de produção age como se fosse “o cliente”, desloca-se ao supermercado de abastecimento, retira a matéria-prima necessária, e coloca-a no seu “carrinho”. Depois disso, no supermercado, um outro operador volta a repor essa mesma matéria-prima no local de onde a mesma foi retirada (Albano, 2015). Desta forma, o supermercado é onde um cliente obtém realmente o que necessita, na quantidade que necessita, daí que, os supermercados são áreas de armazenamento, que devem permitir um abastecimento de matéria-prima rápido e ergonómico, com o que é realmente necessário. Deste modo são cumpridas as regras do JIT (*just-in-time*), já referido na secção 2.1.2.1 (Pinto, 2009).

2.2.3. Bordo de linha

O bordo de linha pode ser considerado como sendo um ponto de ligação da logística interna com a produção, ou seja, é um ponto de ligação entre o comboio logístico com as linhas de produção (Figura 8), dado que este é o local onde o condutor do comboio logístico abastece o material necessário e onde a produção retira o material para aplicar no produto (Coimbra, 2009).

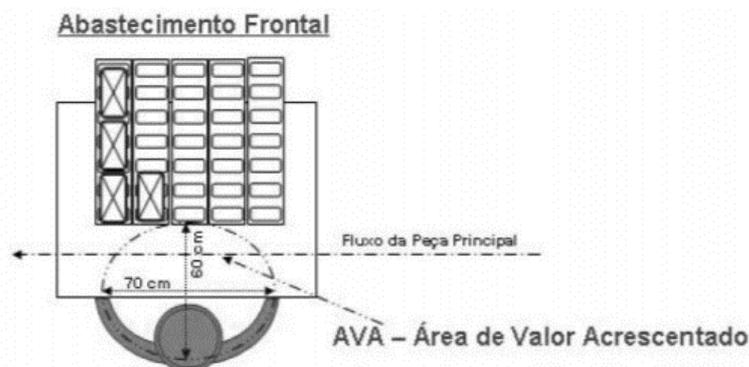


Figura 8: Configuração ideal de bordo de linha, adaptado de Coimbra (2009)

O bordo de linha, normalmente, é abastecido pelo sistema de “Duas Caixas” ou Caixa Cheia/Caixa Vazia”. Este tem como objetivo prevenir que as linhas ou células de produção fiquem sem componentes para processar (Sarmiento, 2012).

O sistema do bordo de linha, respeitando por um lado o sistema de produção pull e o conceito *Just-In-Time* (JIT), aplica-se desta forma, quando uma caixa fica vazia no bordo de linha esta é recolhida pelo operador logístico e é de seguida transportada para o supermercado. No ciclo seguinte, o operador logístico abastece a caixa em falta no bordo de linha. As rampas podem ser de referência única ou sequencial (várias referencias), ou seja, quando uma rampa é de referência única só se pode abastecer um determinado componente correspondente à referência, se este componente não for consumido, ou seja, que não se encontra caixas vazias, não será abastecido.

Por sua vez, as rampas de referência sequencial correspondem a várias referências, daí, quando deixar de existir o consumo de uma dada referência de componente, inicia-se o consumo de outra caixa com outro componente, sendo possível encontrar a rampa com várias referências de componentes. Esta sequência é normalmente garantida através da utilização de cartões *Kanban* (Coimbra, 2009).

2.2.4. Outros conceitos

No contexto atual, a logística interna pode beneficiar muito da tecnologia trazida pela Indústria 4.0, nomeadamente, na utilização de meios de transporte como os AGVs e MIR. O *Automated Guided Vehicle* (AGV) é um veículo móvel autoguiado utilizado em ambientes que requerem transporte de produtos na produção e em armazéns. É programado para transportar materiais através de rotas definidas de recolha e entrega de produtos dentro de instalações de manufatura e de distribuição. Surgem como uma alternativa à solução clássica de ter empilhadoras e motoristas de empilhadoras a transportarem as matérias-primas e produtos no chão de fábrica (Santos, 2013).

No entanto, é de realçar que os AGV também apresentam algumas desvantagens que se devem ter em consideração no sentido de que são menos versáteis do que um operador, pois este é capaz de desempenhar diferentes tarefas e adaptar-se a eventuais alterações das necessidades de produção e da logística interna.

2.3. Ergonomia e estudo do trabalho

Nesta secção referem-se todos os conceitos ergonómicos essenciais ao projeto, desde o entendimento da disciplina da ergonomia, passando pelo estudo das lesões musculoesqueléticas relacionadas com o

trabalho (LMERT), e por fim, as metodologias de identificação e avaliação de risco. Também se apresentam brevemente algumas técnicas para estudo de movimentos e métodos.

2.3.1. Definição e objetivo da ergonomia

A palavra Ergonomia provém das palavras gregas *Ergon*, que significa trabalho e *Nomos*, que significa o estudo das regras e de normas. Muitos autores definem esta ciência de formas distintas, devido à sua multidisciplinariedade, às correntes de ergonomia que as inspiraram ou à evolução dos sistemas de trabalho.

De acordo com a *International Ergonomics Association* (IEA), a ergonomia, também conhecida como *human factors* (fatores humanos), é uma disciplina científica que estuda as interações dos homens com outros elementos do sistema, com o objetivo de melhorar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema (IEA, 2019). A ergonomia tem como objetivo modificar os sistemas de trabalho para adequar a atividade nele existente, às características, habilidades e limitações das pessoas com vista ao seu desempenho eficiente, confortável e seguro (Abergo, 2000). Assim, a ergonomia tem como objetivo as melhorias das interações entre o homem e o meio que o rodeia, de acordo com vários critérios, nomeadamente a eficácia, a eficiência, a segurança e o conforto.

As condições em que se realizam certas tarefas, assim como as suas características e exigências podem provocar lesões musculoesqueléticas (LME) aos trabalhadores ao longo do tempo. Quando as LME são originadas pelo trabalho, ou agravadas por este, designam-se por lesões musculoesqueléticas relacionadas com o trabalho (LMERT). Os principais fatores de risco associados a este tipo de lesões são as tarefas de índole repetitiva, as tarefas que implicam aplicação de força e a adoção de posturas incorretas (Barroso et al., 2006).

A ergonomia assume um papel indispensável na prevenção das LMERT, efetuando uma correspondência entre o trabalhador e o posto de trabalho de maneira a aumentar a produtividade enquanto se diminui o risco de lesões e desconforto nos trabalhadores. O estudo das interações entre o homem e os elementos ambientais rodeantes implica que esta ciência aborde uma grande diversidade de disciplinas, tais como a antropometria, a biomecânica, a engenharia industrial, a psicologia a fisiologia, entre outras (Miranda, 2015).

Os estudos ergonómicos podem ser aplicados em diversas áreas, diversos setores económicos e em diferentes domínios de aplicação específicos, pelos quais não são mutuamente exclusivos e evoluem

constantemente, ou seja, vários domínios de aplicação já existentes podem adotar novas perspectivas e visão (IEA, 2019).

2.3.2. Tipos de ergonômias

Para uma classificação da área da ergonomia existe uma ordenação dos tipos de ergonomia, todas interligadas, sugerida pela *International Ergonomics Association* (IEA). Deste modo, a área da ergonomia pode ser dividida em ergonomia física, cognitiva e organizacional (IEA, 2019), como se pode observar na Figura 9.

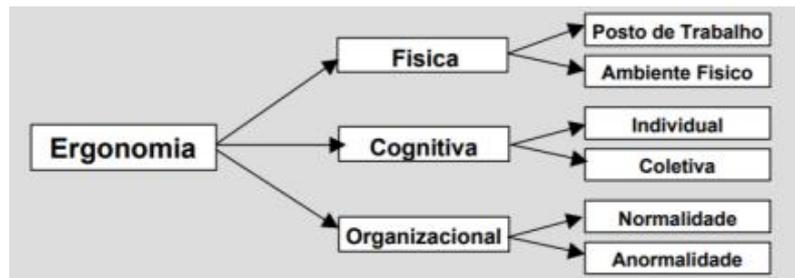


Figura 9: Tipos de ergonômicas, adaptado de Vidal (2000)

Esta classificação tem um intuito teórico para compreensão de conceitos relacionado com a área da ergonomia. No contexto da realidade de trabalho, a ergonomia é um sistema complexo onde cada um dos aspetos intervêm a seu modo de forma interdependente ou sistémica (Vidal, 2000). Seguidamente são descritos os vários campos da ergonomia:

- **Ergonomia Física:** refere-se ao campo da ergonomia cujo foco está associado aos aspetos físicos de uma situação de trabalho. Esta área procura adequar as exigências relacionadas com as tarefas a desempenhar por parte do trabalhador e o ambiente de trabalho, ou seja, adequar a relação entre o ser humano e a máquina (Vidal, 2000).

- **Ergonomia Cognitiva:** refere-se ao campo da ergonomia relacionada com os aspetos mentais e psicológicos associados a operações de trabalho efetuadas pelos trabalhadores. Através deste campo da ergonomia, percebe-se que os trabalhadores não são apenas simples executantes de tarefas específicas, mas devem também possuir aptidões e capacidades de detetar sinais e índices importantes relacionados com a sua área de atuação (Vidal, 2000). A ergonomia não se foca somente na parte do bem-estar das condições físicas dos trabalhadores, mas foca-se, também, no bem-estar ao nível mental dos trabalhadores.

- **Ergonomia Organizacional:** refere-se ao campo da ergonomia cujo objetivo é a melhoria dos sistemas sociotécnicos, incluindo as estruturas organizacionais, políticas ou regras, e processos. Essa área da ergonomia pode ser definida como a área que promove o desenvolvimento e a aplicação da

tecnologia estabelecendo uma relação homem-máquina adequada, em toda a organização, passando esse objetivo como parte do projeto e da gestão de uma organização (Ferreira & Merino, 2017).

2.3.3. Ergonomia Física

Como referido na secção anterior, a ergonomia física pode ser considerada como campo da ergonomia cujo foco está associado aos aspetos físicos de uma situação de trabalho (Vidal, 2000). O estudo envolve o físico, a fadiga, as posturas desadequadas, nomeadamente, as posturas desfavoráveis, a força excessiva, os movimentos repetitivos e por fim a manipulação manual de cargas.

A ergonomia física contribui para a resolução dos problemas antropométricos e problemas associados a posturas desadequadas, que dependem por si só, das tarefas exercidas que podem comprometer o manuseamento de materiais e das máquinas (Figura 10). Esse manuseamento tem de atender as características físicas do corpo humano, isso vai depender do controlo, das capacidades, força, rapidez e de vários outros requisitos do trabalho necessário de uma tarefa específica (Kromer e Grandjean, 2005).

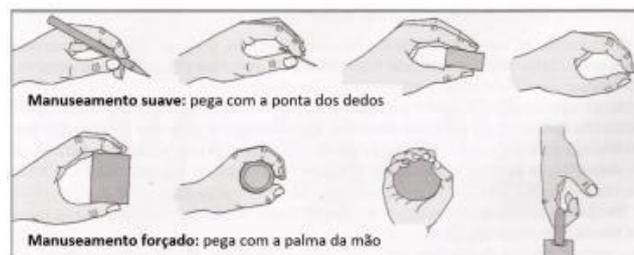


Figura 10: Exemplo de dois tipos básicos de manuseamento com as mãos, adaptado de Iida (2005)

Nos postos de trabalho, aplica-se a ergonomia física para evitar esforços físicos excessivos e desnecessários. Muitas vezes, derivado das mudanças como a instalação de um novo sistema dentro dos postos de trabalho ou a elevação de uma plataforma pode tornar-se financeiramente inadequado (Iida, 2005).

2.3.4. Lesões musculoesqueléticas relacionadas com o trabalho (LMERT)

As LMERT são uma das maiores causas de lesão industrial e não é só aos trabalhadores que elas causam problemas. Para além da incapacidade que provocam naqueles, também provocam, nas empresas, grandes prejuízos em produção perdida, absentismo por doença, seguros e outros. De facto, trata-se de um problema individual, organizacional e social com custos incalculáveis, sendo os fatores determinantes para o aparecimento e desenvolvimento de LMERT, as atividades sujeitas a movimentos repetitivos e posturas extremas, aplicação de força e vibrações (Bernard, 1997).

Segundo a Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho as LMERT podem ser definidas como lesões de estruturas orgânicas tais como os músculos, articulações, tendões, ligamentos, nervos, ossos e doenças do aparelho circulatório, originadas ou agravadas principalmente pela atividade profissional. Trata-se, regra geral, de lesões cumulativas resultantes da exposição repetida a esforços mais ou menos intensos ao longo de um período de tempo prolongado, mas que pode também assumir a forma de traumatismos agudos, tais como fraturas causadas por acidentes. As partes do corpo mais afetadas são as costas, o pescoço, ombros e membros superiores, mas os membros inferiores também podem ser afetados (European Agency for Safety and Health at Work, 2007).

2.3.5. Metodologias de identificação e avaliação de risco

Ao longo do tempo, o número de lesões musculoesqueléticas (LME) desenvolvidas pelos trabalhadores que executam tarefas de manipulação manual de cargas (MMC), tem vindo a levar as empresas a procurar quantificar a exposição ao risco das tarefas efetuadas pelos seus trabalhadores, consideradas como potenciais tarefas com riscos ergonómicos. A quantificação da exposição tem como objetivos antecipar que os trabalhadores executem tarefas de MMC com risco associado e que sejam implementadas medidas de controlo ergonómico para eliminar ou reduzir esses mesmos riscos (Russell et al., 2007).

As metodologias já existentes abrangem todo o tipo de tarefas de MMC como as tarefas de elevar, baixar, transportar, empurrar, puxar e segurar cargas, mas também podem ir além da temática da MMC e contemplarem a avaliação de risco de LMERT associado à adoção de posturas inadequadas ou a movimentos repetitivos. Para além disso, também têm sido desenvolvidas metodologias mais específicas que avaliam o risco de um tipo de tarefa de MMC em particular ou metodologias que são adaptadas a postos de trabalho de um setor de atividade específico. As metodologias de avaliação de risco podem apresentar diversos benefícios, como identificar tarefas de risco, desenvolver medidas de controlo e avaliar de forma eficiente a implementação dessas medidas ou identificar e priorizar características específicas das tarefas que estejam a contribuir para o aumento desse risco (Simões, 2015).

A fim de selecionar as metodologias mais adequadas, foram desenvolvidos alguns estudos comparativos entre metodologias que utilizam diferentes *inputs* e *outputs*, diferentes capacidades de interpretação dos resultados obtidos e diferentes tipos de abordagens como a biomecânica, a psicofísica e a fisiológica (Simões, 2015). No caso do estudo e da investigação relacionada com o projeto, é abordado uma análise

com algumas metodologias focado na vertente biomecânica, ou seja, o estudo da mecânica contínua (estudo de cargas, movimento, stress e tensão de sólidos e fluidos) dos operários ao longo das tarefas exercidas (Lu and Chang, 2012).

Um *software* que permite fazer as avaliações ergonómicas é o Ergo/IBV. Esse software foi desenvolvido pelo instituto Biomecânica de Valencia e permite projetar recomendações ergonómicas com quatro pontos chaves: a) Recolha numa única aplicação os métodos de avaliação de risco ergonómicos mais relevantes do mercado; b) Ajuda os utilizadores a identificar o método que devem usar por um assistente para seleccionar o método de avaliação de risco; c) Possui ferramentas para apoiar o design e redesenho do local de trabalho. Entre outros, um módulo antropométrico de *design* no local de trabalho, ou uma ferramenta interativa para identificar variáveis prioritárias para modificar em um manuseio de carga, ou até mesmo um banco de dados de soluções que o IBV aplicou em diferentes setores para reduzir os riscos associados aos empregos; d) Complementa os outros produtos e serviços oferecidos pelo IBV para fornecer uma resposta abrangente à melhoria das condições de trabalho (Ergo/IBV, 2020).

2.3.5.1. Método Sue Rodgers

A metodologia de análise ergonómica Sue Rodgers permite detetar os riscos nas posições forçadas e nas tarefas repetitivas. O método Sue Rodgers é um dos vários métodos de análise ergonómica existentes adequado para essas tarefas. Esta análise estuda e pondera, numa escala de 1 a 3, o esforço, a duração e a frequência requerida por cada parte do corpo do operador na realização de uma tarefa (Figura 11). A partir destes parâmetros é feita uma predição da fadiga muscular (Rosa, 2016).

				RESULTADOS		
				VERDE	Baixo	
	NÍVEL DE ESFORÇO	Baixo = 1	TEMPO < 6 = 1	ESFORÇOS < 1 / min = 1	1 1 1	2 1 2
	DE	Moderado = 2	DE >= 6 < 20 = 2	POR 1 - 5 / min = 2	1 1 2	3 1 1
	ESFORÇO	Pesado = 3	ESFORÇO >= 20 < 30 = 3	MINUTO 5 - 15 / min = 3	1 1 3	1 2 2
		Muito Pesado = 4	(segundos) >= 30 = 4	> 15 / min = 4	2 1 1	1 3 1
PESCOÇO					1 2 1	2 2 1
OMBROS	Esquerdo				AMARELO Moderado	
	Direito				2 2 2	
TRONCO					1 2 3	2 3 1
BRAÇOS	Esquerdo				1 3 2	2 3 2
COTOVELO	Direito				2 1 3	3 1 2
MÃOS/PUNHOS	Esquerdo				VERMELHO Alto	
DEDOS	Direito				2 2 3	3 2 1
PERNAS	Esquerdo				3 1 3	3 2 2
JOELHOS	Direito				VIOLETA Muito Alto	
TORNOZELOS	Esquerdo				3 2 3	4 X X
PÉS	Direito				3 3 1	X 4 X
					3 3 2	X X 4
RESULTADO						
NÍVEL DE ESFORÇO						
Se o esforço não pode ser exercido pela maior parte das pessoas, adotar 4 p/ nível de esforço e Muito Alto p/ prioridade						
BAIXO = 1 (0 a 30 %)		MODERADO = 2 (30 a 70 %)		PESADO = 3 (70 a 100 %)		
PESCOÇO	A cabeça gira parcialmente A cabeça esta ligeiramente para frente	A cabeça gira totalmente para o lado A cabeça esta totalmene para trás A cabeça está para frente aprox. 20 °		Igual ao moderado porém com aplicação de força A cabeça esta flexionada acima de 20°		
OMBROS	Braços ligeiramente abduzidos Braços estendidos com algum suporte	Braços abduzidos sem suporte Braços flexionados (nível da cabeça)		Aplica força ou sustentando pesos com os braços separados do corpo ou ao nível da cabeça		
TRONCO	Inclina ligeiramente para o lado Flexiona ligeiramente o tronco	Flexiona para frente sem carga Levanta carga de peso moderado próximo ao corpo Trabalho próximo ao nível da cabeça		Levantando ou aplicando força com rotação Grande força com flexão do tronco		
BRAÇOS ANTE-BRAÇOS	Braços ligeiramente afastados do corpo sem carga Aplicação de pouca força ou levantando pequena carga próxima ao corpo	Rotação do braço, exigindo força moderada		Aplicação de grande força com rotação Levantamento de cargas com os braços estendidos		
MÃOS PUNHOS DEDOS	Aplicação de pequena força em objetos próximos ao corpo Punho reto, com aplicação de força para agarre pequena	Área de agarre grande ou estreita Moderado angulo do punho especialmente em flexão. Uso de luvas com força moderada		Pinçamento com dedos Punho angulado com força Superfície escorregadia		
PERNAS JOELHOS TORNOZELOS PÉS	Parado, caminhando sem flexionar-se Peso do corpo sobre os dois pés	Flexão para frente Inclinar-se sobre a mesa de trabalho Peso do corpo sobre um pé Girar o corpo sem exercer força		Exercendo grandes forças para levantamento de algum objeto. Agachar-se exercendo força		

Figura 11: Exemplo de tabela de avaliação ergonômica pelo método Sue Rodgers, adaptado de Rosa (2016)

2.3.5.2. Equação NIOSH

O NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*) publicou um guia que tinha como objetivo eliminar ou reduzir os riscos de lesões lombares, em particular no desenvolvimento de lombalgias, em tarefas de elevar ou baixar, através do estabelecimento de uma equação que permitia calcular o peso limite recomendável para os trabalhadores que executavam estas tarefas (Bernard, 1997).

A equação NIOSH permite estabelecer os limites de carga admissíveis em função dos tipos de tarefas. Estes dependem das posições de partida e destino da carga, frequência de levantamento da carga e da percentagem de tempo de trabalho empregue nas tarefas de elevação de cargas. Com a aplicação da NIOSH, os analistas conseguem calcular a carga ideal para determinada função, prevenindo o trabalhador de possíveis lesões decorrentes de levantamento de cargas excessivas. Este método só pode ser utilizado em cargas estáticas (Miranda, 2015).

Na constituição da equação, o Peso Limite Recomendado (PLR), é tido como o peso da carga (kg), para uma determinada tarefa com um conjunto de características, que quase todos os trabalhadores saudáveis podem manusear durante um período substancial, sem um aumento do risco de desenvolver lesões musculoesqueléticas (Simões, 2015).

O PLR é determinado pela seguinte equação, composta por multiplicadores – coeficientes de redução – que estão associados a seis variáveis da tarefa e a uma constante (constante da carga):

$$PLR = CC * MH * MV * MD * MA * MP * MF$$

Onde:

CC= Constante da carga

MH = Multiplicador horizontal

MV= Multiplicador vertical

MD = Multiplicador do deslocamento vertical

MA = Multiplicador de assimetria

MP = Multiplicador da qualidade da pega da carga

MF = Multiplicador de frequência

2.3.5.3. Método OWAS

Um dos métodos utilizados para avaliação das posturas inadequadas para a manipulação de cargas é o método OWAS, que baseia a sua metodologia nas observações, nos registos, nas classificações e nas análises das posturas efetuadas para a realização de uma tarefa (Figura 12). Segundo esse método, a classificação da postura é feita de acordo com a combinação das variáveis pescoço, braços, pernas e cargas (Iida, 2005).

DURAÇÃO MÁXIMA (% da jornada de trabalho)		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
DORSO	1. Dorso reto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2. Dorso inclinado	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	3. Dorso reto e torcido	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
	4. Inclinado e torcido	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
BRAÇOS	1. Dois braços para baixo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2. Um braço para cima	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	3. Dois braços para cima	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3
PERNAS	1. Duas pernas retas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
	2. Uma perna reta	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
	3. Duas pernas flexionadas	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	4. Uma perna flexionada	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	5. Uma perna ajoelhada	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	6. Deslocamento com as pernas	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
	7. Duas pernas suspensas	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2

Figura 14: Quadro de classificação das posturas de acordo com a duração, adaptado de lida (2005)

2.3.6. Estudos Antropométricos

A antropometria pode ser definida como sendo, o conjunto de técnicas utilizadas para medir o corpo humano ou as suas partes. Esse estudo possui muitas aplicações, permitindo evidenciar dimensionamentos inadequados e a adoção de posturas inadequadas, possibilitando a prevenção do aparecimento de lesões, geralmente musculoesqueléticas. De facto, a antropometria constitui uma ciência humana básica que contribui para a ergonomia, a qual, por sua vez, contribui com dados, conceitos e metodologias para o processo de design ou conceção (Barroso and Costa, 2010).

São vários os tipos de dados antropométricos utilizados na avaliação antropométrica. Esses dados podem ser estáticos e dinâmicos. Os dados antropométricos estáticos dizem respeito às dimensões estruturais do corpo, medidas habitualmente entre pontos anatómicos fixos, em posturas estereotipadas, habitualmente designadas por posturas antropométricas normalizadas, como por exemplo a altura de pé, as alturas dos olhos e dos cotovelos de pé ou sentado, os comprimentos dos membros, as larguras dos ombros ou das ancas e as espessuras do corpo a diversos níveis. Também se enquadram nesta categoria os perímetros dos membros, da cabeça, do pescoço e do tronco, bem como o peso. Por outro lado, os dados antropométricos dinâmicos incluem medições de alcances ou amplitudes efetuadas em condições operantes, que permitam ao indivíduo algum grau de liberdade de modo a poder adotar posturas naturais para o desempenho de uma dada tarefa. Também podem ser incluídas nesta categoria as amplitudes de movimento das articulações e dos membros e a força exercida em várias ações (Barroso & Costa, 2010).

2.3.7. Estudos de movimentos e de tempos, métodos e amostragem do trabalho

Nesta secção referem-se os estudos de movimentos e de tempo, essencial para o projeto, associado ao estudo de métodos e, por fim uma explicação da amostragem de trabalho, conhecido também por análise Multi-momentos.

2.3.7.1. Estudo de movimentos e de tempos

O Estudos de movimentos e de tempos pode ser considerado como o estudo que permite observar e descrever o trabalho (tarefas) e alcançar a melhoria na relação tempo e esforço, procurando assim, identificar os melhores movimentos e tempos na execução de uma tarefa específica. Como sendo um estudo metódico do sistema de trabalho cujo objetivo é projetar e padronizar o melhor método de trabalho, permite assim determinar o tempo despendido por uma pessoa qualificada e devidamente preparada, trabalhando num ritmo normal, para executar uma operação específica (Silveira and Salustiano, 2012).

Esse estudo é caracterizado como sendo sistemático. Os métodos mais utilizados atualmente para a determinação dos tempos de produção, são a cronometragem, a filmagem, a observação direta e as folhas de recolha de informações (Martins and Laugeni, 2005).

2.3.7.2. Estudo de Métodos

A execução de um estudo dos métodos assenta na importância da padronização dos métodos de trabalho, garantido que a sua realização seja executada sempre de forma uniformizada. A importância da execução de um estudo dos métodos de trabalho é benéfica para as organizações, pelo facto de trazer melhorias dos processos e dos produtos produzidos, reduzindo a variabilidade dos produtos e os custos de treino dos novos colaboradores, no caso de estes serem formados de forma inadequada, existindo uma aprendizagem mais rápida e correta de novas tarefas. Para uma correta realização do estudo dos métodos, a metodologia assenta em quatro fases fundamentais que devem ser cumpridas com o maior rigor para que o resultado seja fiável e evita-se assim, a perda de uma melhoria. Essas etapas são a observação, o registo de dados e informações, a análise crítica e por último, as propostas de novos métodos ou oportunidades de melhoria (Gaspar, 2016).

2.3.7.3. Recolha e registo de dados

O registo de dados torna-se tão importante como a contabilização dos tempos, pois o tempo de trabalho é influenciado pelas condições em que este é praticado. A recolha e os registos dos dados são uma das etapas mais importantes num estudo dos métodos, tudo se resume ao registo das visualizações, visto

que sem os registos, não se poderá analisar as tarefas ou processos e chegar a uma melhoria. A recolha desses dados deve ser feita no local e de uma formamais pormenorizado possível. No registo de dados poderá incluir a medição de tempos de cada tarefa ou processo, quantificando o trabalho produtivo e não produtivo, da ocupação dos meios (Gaspar, 2016), e identificar se as tarefas executadas são, em termos ergonómicos, adequadas ou inadequadas.

2.3.7.4. Amostragem do trabalho

A técnica da amostragem de trabalho ou análise Multi-momentos consiste em fazer observações do posto de trabalho, analisando de forma instantânea os padrões das operações em intervalos definidos aleatoriamente (Gasiani, 2016). Pode ser definida como sendo uma técnica estatística para determinar a proporção de tempo despendida pelos operários nas diversas categorias de atividades.

Inicialmente é necessária a definição do problema a ser estudado, de forma a descrever claramente e detalhadamente, quais são os objetivos do estudo, onde são necessária a compreensão e a cooperação dos colaboradores, pelo facto de ser indispensável para a obtenção de bons resultados. Num segundo tempo, é preciso determinar qual é o erro relativo nas medidas da amostragem de trabalho, portanto é necessária que na análise, quanto menor for a percentagem de erro escolhido, maior será o número de observações, levando a maiores esforços, custos e tempo necessário para aplicação do estudo (Gasiani, 2016).

A fim de obter o número de observações e o número de vezes que tem que se observar os operadores em função do número de trabalhadores no posto de trabalho, usa-se a seguinte fórmula:

$$n = \frac{Z^2 * p * (1 - p)}{E^2}$$

Onde:

n = número de observações necessárias

Z = Coeficiente de distribuição normal

E = erro relativo aceitável

p = proporção da atividade estudada no conjunto de todas as atividades.

2.4. Lean e ergonomia

No âmbito de *Lean Production*, existem três grandes áreas de intervenção onde se podem encontrar melhorias, nomeadamente, na identificação do desperdício (Muda), da variabilidade (Mura) e da sobrecarga (Muri) (Imai, 1986), já referidos na secção 2.1.3. Uma das vertentes do Muri é o esforço

excessivo dos operadores e sendo este considerado uma das causas raiz do Muda é possível afirmar que a redução de desperdícios deve estar associada à melhoria das condições e segurança dos trabalhadores (Vicente et al., 2016).

O objetivo é “fazer mais com menos”, eliminando desperdícios para reduzir custos e aumentar a produtividade, sendo este uma das metas atuais perseguido pelas empresas. "Menos" significa menos materiais, menos recursos, menos inventários e menos esforço humano. Para reduzir o esforço humano, antes de tudo, é importante avaliar as condições dos trabalhadores (Eira et al., 2015).

A partir daí, as empresas devem implementar a filosofia *Lean* promovendo melhores condições ergonômicas. Desta forma, o *mura* e o *muri* devem ser o principal foco e preocupação das empresas para que as pessoas tenham melhores condições de trabalho para um bom desempenho e assim eliminar os sintomas do muda (Melo, Carvalho Alves, Lopes, & Colim, 2020).

A Tabela 1 refere vários artigos, resultantes de projetos em empresas, com problemas identificados e as ferramentas Lean e ergonômicas usadas para os resolver, de forma a eliminar os desperdícios encontrados e, ao mesmo tempo, melhorar as condições de trabalho dos trabalhadores.

Tabela 1: Descrição dos desperdícios e das ferramentas Lean e ergonômicas estudadas em algumas dissertações

Autores	Desperdício	Ferramentas Lean e ergonômica
Oliveira et al. (2018)	<ul style="list-style-type: none"> • Constante movimentação das pessoas; • Não aproveitamento da capacidade da mão-de-obra; • Esperas; • Sobrecarga de trabalho. 	<ul style="list-style-type: none"> • Construção de supermercados com base nas medidas antropométricas da população portuguesa; • Reconfiguração do layout e dos postos de trabalho; • Mizusumachi e criação de rotas padronizadas; • 5S; • Gestão Visual; • <i>Standard Work</i>; • Matriz de competências; • <i>Production frameworks</i>.
Vicente et al. (2016)	<ul style="list-style-type: none"> • Sobrecarga; • Transportes de materiais; • Movimentos; • Esperas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Equação NIOSH; • <i>MSD Risk</i>; • <i>Recommended Weight Limit (RWL)</i>; • <i>Avaliação multitarefas dos postos de trabalho (Multi-task evaluation)</i>.
Eira et al. (2015)	<ul style="list-style-type: none"> • Não aproveitamento da capacidade da mão-de-obra; • Sobrecarga de trabalho. 	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliação ergonômica REBA; • Reconfiguração dos postos de trabalho.
Melo et al. (2020)	<ul style="list-style-type: none"> • Movimentos; • Transporte; • Não aproveitamento da capacidade da mão-de-obra; • Sobrecarga de trabalho. 	<ul style="list-style-type: none"> • Análise antropométrica; • Equação NIOSH; • 5S; • Reconfiguração do layout e dos postos de trabalho; • <i>Organização das ferramentas de produção</i>.
Brito et al. (2019)	<ul style="list-style-type: none"> • Sobrecarga de trabalho; • Não aproveitamento da capacidade da mão-de-obra; • Esperas; • Movimentos; • Transportes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reconfiguração do layout e dos postos de trabalho; • Melhoria contínua • Gestão Visual; • <i>Radial graphic with the score of each assessment element</i>, • <i>Key Performance Indicator</i> • Ferramenta ErgoSafeCI (ferramenta de avaliação de melhorias ergonômicas)
Brito et al. (2017)	<ul style="list-style-type: none"> • Sobrecarga de trabalho; • Não aproveitamento da capacidade da mão-de-obra; • Esperas. 	<ul style="list-style-type: none"> • SMED; • <i>Ergonomic assessment of Work-Related Musculoskeletal Disorders (WMSDs)</i>; • Avaliação ergonômica REBA; • <i>Key Performance Indicator</i> • Melhoria Contínua.

Embora alguns autores na revisão de literatura de Arezes et al. (2015) considerarem que ambientes de trabalho Lean poderiam aumentar o stress dos colaboradores, também mostraram outros que referem que isso pode acontecer, muitas vezes, devido á má implementação do Lean. Para isso, alguns investigadores, nomeadamente, Maia et al. (2012; 2013; 2019) desenvolveram metodologias para implementar Lean sem esquecer a parte das pessoas. Em Alves et al. (2019) podem-se encontrar várias referências de projetos em empresas onde a relação sinérgica de Lean com Ergonomia traz benefícios para o colaborador e empresa.

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Este capítulo apresenta uma breve apresentação da empresa onde se realizou esta dissertação. Nesta secção é apresentada a história da empresa onde decorre o projeto e os produtos por ela comercializados. Apresenta-se também a missão, visão, valores, estrutura organizacional da empresa o seu layout e uma breve descrição do departamento logístico.

3.1. Grupo Gestamp

O grupo Gestamp é um grupo internacional dedicado ao design, desenvolvimento e fabricação de componentes automotivos metálicos. O Grupo é especializado no desenvolvimento de produtos com design inovador para obter veículos cada vez mais seguros e mais leves, reduzindo assim o consumo de energia e o impacto ambiental.

Com presença em mais em mais 20 países e com mais de 20 anos de experiência, a Gestamp tornou-se um fornecedor global de tecnologia, caracterizado pela proximidade com os clientes, inovação contínua e forte internacionalização. O desafio do grupo é de estar na vanguarda da inovação, dedicando um grande esforço à pesquisa e desenvolvimento de tecnologias de ponta. Assim, a inovação é a base sobre a qual a sua estratégia futura é estabelecida (Figura 15).

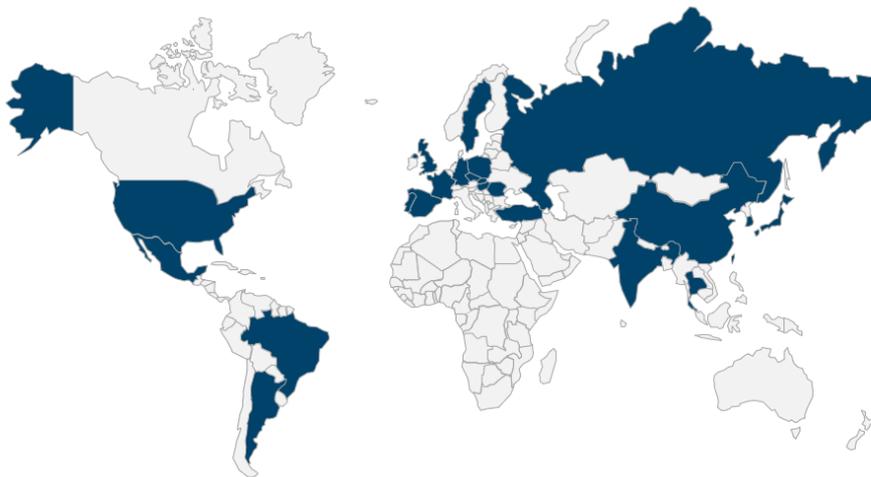


Figura 15: Países onde atua o grupo Gestamp (Gestamp, 2018)

3.2. Visão e princípios corporativos

A Gestamp é uma empresa global, composta por pessoas de diferentes nacionalidades que compartilham a mesma cultura corporativa, baseada na honestidade, no esforço e no desenvolvimento de projetos de longo prazo. A visão da empresa é ser o fornecedor do setor automóvel mais reconhecido pela sua

capacidade de adaptação aos negócios para criar valor para o cliente, mantendo o desenvolvimento econômico e social sustentável. A Gestamp baseia suas ações em cinco princípios corporativos:

- O cliente como centro do negócio
- A excelência operacional como prática regular
- A Inovação como meio de progresso
- A Sustentabilidade para garantir a permanência no tempo
- As pessoas como parte integrante do sucesso

3.3. Gestamp Cerveira

A Gestamp Cerveira encontra-se localizada na freguesia de Campos, no concelho de Vila Nova de Cerveira. Geograficamente, está situada a 45 km de Viana do Castelo, a 50 km de Vigo e a 80 km de Braga (Figura 16 e Figura 17). A localização desta empresa no Norte de Portugal, no distrito de Viana do Castelo, situado na fronteira com a Espanha, faz desta uma companhia situada numa posição estratégica devido ao fácil acesso à Galiza e as fáceis colaborações com a indústria automóvel portuguesa e espanhola. A empresa dedica-se à produção de componentes metálicos para o setor automóvel, tem como principal atividade a pequena e média estampagem de aço e alguns processos complementares como a estampagem e a soldadura.



Figura 16: Localização Gestamp Cerveira (Gestamp, 2018)

A Gestamp Cerveira pertence ao grupo internacional Gestamp Automoción, dedicada ao fabrico de componentes e conjuntos metálicos para o setor automóvel. Atualmente, o capital social da empresa é de 25.414.361,39 euros (Gestamp, 2018). O grupo Gestamp Automoción encontra-se organizado por divisões, sendo que a Gestamp Cerveira está inserida da Divisão Europa Sul (Portugal e Espanha).



Figura 17: Fachada de entrada da empresa Gestamp Cerveira (Gestamp, 2018)

3.2.1. Recursos Humanos Gestamp Cerveira

O número médio de colaboradores da Gestamp Cerveira tem evoluído, sendo que em 2018 a empresa contou com uma média de 604 colaboradores, considerando os trabalhadores temporários e estagiários profissionais (Gestamp, 2018). Constatou-se uma evolução significativa do número de colaboradores entre 2014 e 2018, sendo um aumento de cerca de 44,5% em quatro anos (Figura 18: *Evolução do número de colaboradores entre 2014 e 2018 (Gestamp, 2018)*).

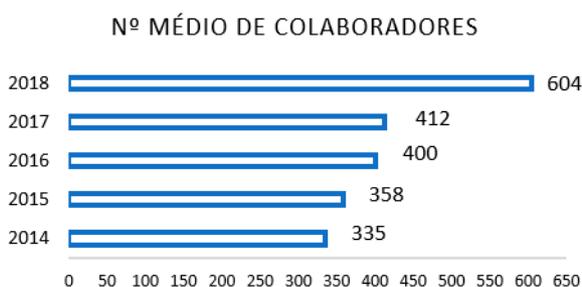


Figura 18: Evolução do número de colaboradores entre 2014 e 2018 (Gestamp, 2018)

Por outro lado, a 31 de dezembro de 2018, a Gestamp Cerveira contava com um grupo total de 604 pessoas, com 248 mulheres e 356 homens (Figura 19).

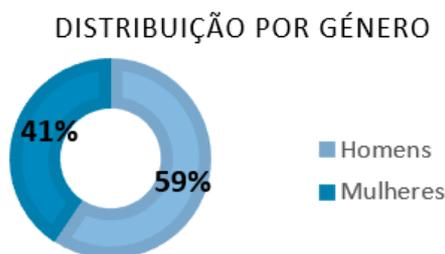


Figura 19: Distribuição atual por género na Gestamp Cerveira (Gestamp, 2018)

3.2.2. Estrutura Organizacional

A Empresa Gestamp Cerveira envolve 10 departamentos todos interligados desde do departamento da produção, passando pelo departamento da Qualidade onde se insere o responsável da melhoria continua

até ao departamento de Recursos humanos. Apresenta-se todos os departamentos e hierarquias dentro de cada departamento de uma forma mais detalhada na Figura 20.

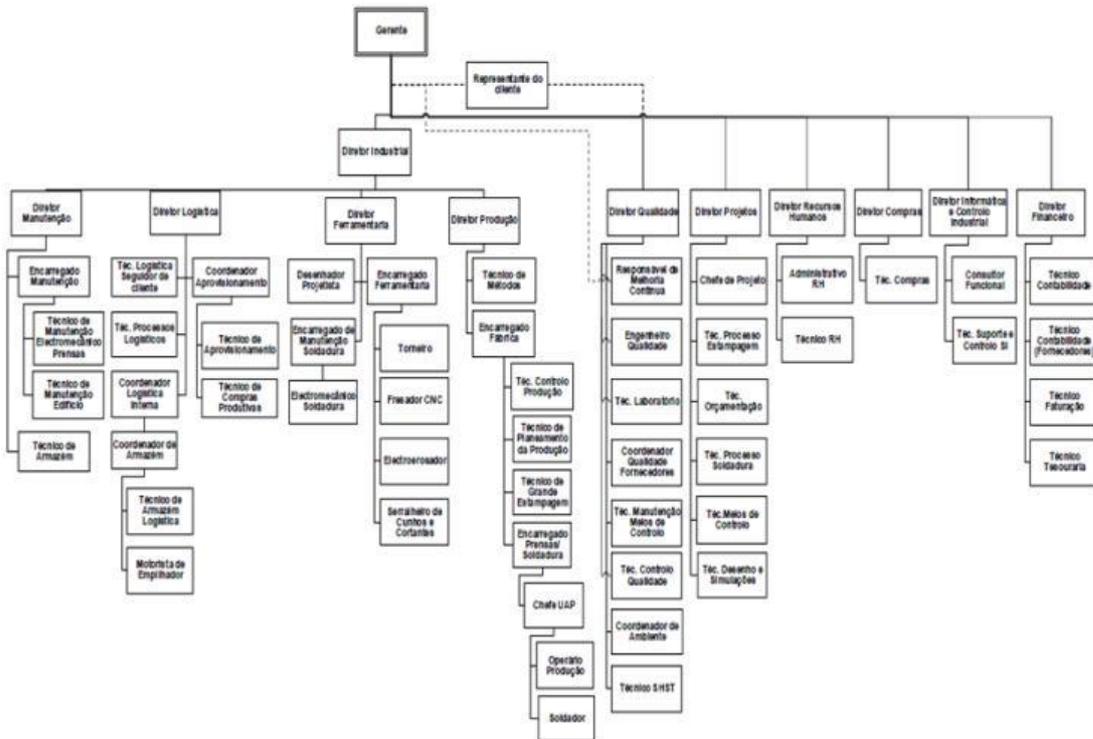


Figura 20: Estrutura organizacional da Gestamp Cerveira (Gestamp, 2018)

3.2.3. Clientes

A empresa Gestamp Cerveira conta com um número significativo de clientes (empresas), sendo que estes estão divididos em vários grupos industriais, grupo Gestamp, PSA, Renault-Nissan, grupo VW, entre outros (Figura 21).

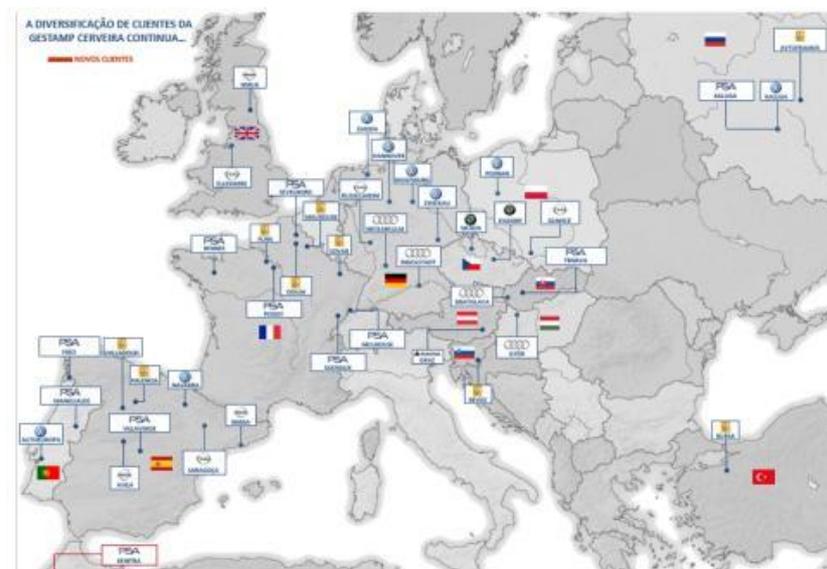


Figura 21: Distribuição dos clientes da Gestamp Cerveira ao nível europeu (Gestamp, 2018)

Atualmente, a Gestamp Cerveira produz mais de 1000 referências de peças estampadas, soldadas ou montadas, para várias marcas automóveis. Quanto às expedições, o grupo PSA representa 29%, as restantes empresas do grupo representam 41%, a Renault/Nissan é responsável por 10%, a Audi+VW representam 10% das peças expedidas pela empresa, a GM 2% e outros 8% (Figura 22).



Figura 22: Gráfico das expedições da Gestamp Cerveira (Gestamp, 2018)

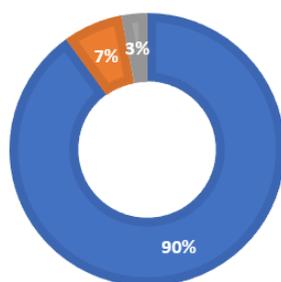
Em relação a caracterização dos clientes, pode-se dividir em dois grandes grupos de acordo com os produtos produzidos:

- Produtos finais: neste caso o produto entra diretamente para a linha de produção de automóveis
- Produtos intermédios: neste caso abastecem empresas que produzem sub-conjuntos e que posteriormente os enviam para as linhas de produção de automóveis.

3.2.4. Fornecedores

A Gestamp Cerveira possui cerca de 70 fornecedores distribuídos pela Europa. Estes podem ser divididos em dois grupos: os fornecedores de Matéria-Prima e os fornecedores de Componentes. Além destes, existe a necessidade da empresa em receber material subcontratado que são inseridos posteriormente num processo produtivo de peças específicas, nomeadamente, peças soldadas.

No entanto, devido ao estudo em questão, o foco será nos fornecedores de matéria prima dado que as prensas da unidade autónoma em estudo são alimentadas em Bobines (de aço ou alumínio) e em formatos, que são chapas de aço pré-cortadas que são inseridas diretamente nas máquinas. Destaca-se um fornecedor principal, que fornece cerca de 90% da matéria-prima, a Gonvarri Galicia e Gonvarri Burgos. Outras empresas como a SolBlank Barcelona e Mubea fornecem também para a Gestamp Cerveira, neste caso representam cerca de 7% da matéria prima fornecida (Figura 23).



■ Gonvarri (Galicia e Burgos) ■ SolBlank e Mubea ■ Outros

Figura 23: Repartição das empresas fornecedoras da Gestamp Cerveira

3.2.5. Produtos

A Gestamp Cerveira dedica-se à produção de peças estampadas e soldadas, de uma variedade de peças dedicada ao *Body-in-White* (BIW), chassis e pedaleiras, peças dedicadas à estrutura metálica de um automóvel (Figura 24).



Figura 24: Conjunto de peças fabricadas pelo grupo Gestamp (Gestamp, 2018)

3.2.5. Concorrentes

A empresa Gestamp Cerveira Lda, opera no setor automóvel, na fabricação de peças metálicas para automóveis. Como é objetivo da empresa ser um dos principais fornecedores em termos de componentes metálicos para automóveis no mercado europeu e mundial do setor salientam-se quatro das maiores organizações do setor, a *CLN group*, a *Benteler*, a *Magna*, a *Snop Automotive*, de seguida brevemente descritas:

- **CLN group:** atua no setor siderúrgico desde 1948, é uma empresa integrada, operando nos setores metal-formação (estampagem, conformação de rolos e montagem de componentes metálicos para o

mercado automotivo; projeto e fabricação; teste de componentes) Rodas (engenharia e fabricação de rodas de aço para automóveis e veículos comerciais leves; distribuição de rodas; validação de rodas através de testes funcionais, análise de materiais e análise metrológica) e Aço (processamento e distribuição de produtos de aços planos). As divisões que operam no setor de componentes automotivos metálicos representam o negócio principal do grupo, nomeadamente a divisão MA (a Metal Automotive) correspondendo à divisão de componentes - que é um dos principais fornecedores mundiais de peças metálicas, e à divisão MW (a divisão Steel Wheel) que atua no setor de fabricação de rodas de aço para todos os tipos de veículos (CLN group, 2017).

- **Benteler:** é uma empresa familiar global, que existe desde 1876, que atua no mercado da tecnologia automotiva, setor de energia e Engenharia Mecânica. O portfólio da empresa abrange componentes e módulos para a indústria automotiva, nas áreas de chassi, carroceria, motor e sistemas de escapamento, bem como soluções de sistema para veículos elétricos. Por outro lado, a empresa desenvolve equipamentos e instalações técnicas, sendo parte dos fornecedores de peças automotivas e para a indústria de processamento de vidro (Benteler, 2017).

- **Magna:** é um fornecedor de peças automotivas. É um dos fornecedores automotivos que projetam e fabricam componentes, montagens, sistemas, subsistemas e módulos para fabricantes de equipamentos originais ("fabricantes de automóveis") de veículos e caminhões leves (Magna, 2017).

- **Snop Automotive:** a Snop Automotive é uma empresa especializada na fabricação de peças para automóveis, em que consistem principalmente em operações de estampagem e soldagem, operações de montagem de sistemas e módulos. A empresa é também especializada em estampagem a frio tradicional ou com moldagem a quente. Produzam conjuntos complexos que são unidos para formar grandes partes da estrutura da carroçaria de um veículo.

3.2.6. Instalações

A empresa encontra-se dividida em três naves, com cerca de 19000 m². A Figura 25 mostra essas áreas das naves.



Figura 25: Layout por seções de processos produtivos e armazenagem (Gestamp, 2018)

Para além das três naves, existem um supermercado WIP e um armazém logístico onde se encontram os produtos acabados. A empresa é dividida em oito unidades autónoma de produção (UAP), como apresentado Figura 26, sendo que:

- UAP1 e UAP3 são associadas aos processos de estampagem;
- UAP2 que diz respeito ao local das prensas *transfer* de 1250 3 1500 toneladas;
- UAP4 é associada a soldadura manual;
- UAP6 associada as pedaleiras;
- UAP5; UAP7 e UAP8 que dizem respeito as células de soldadura.

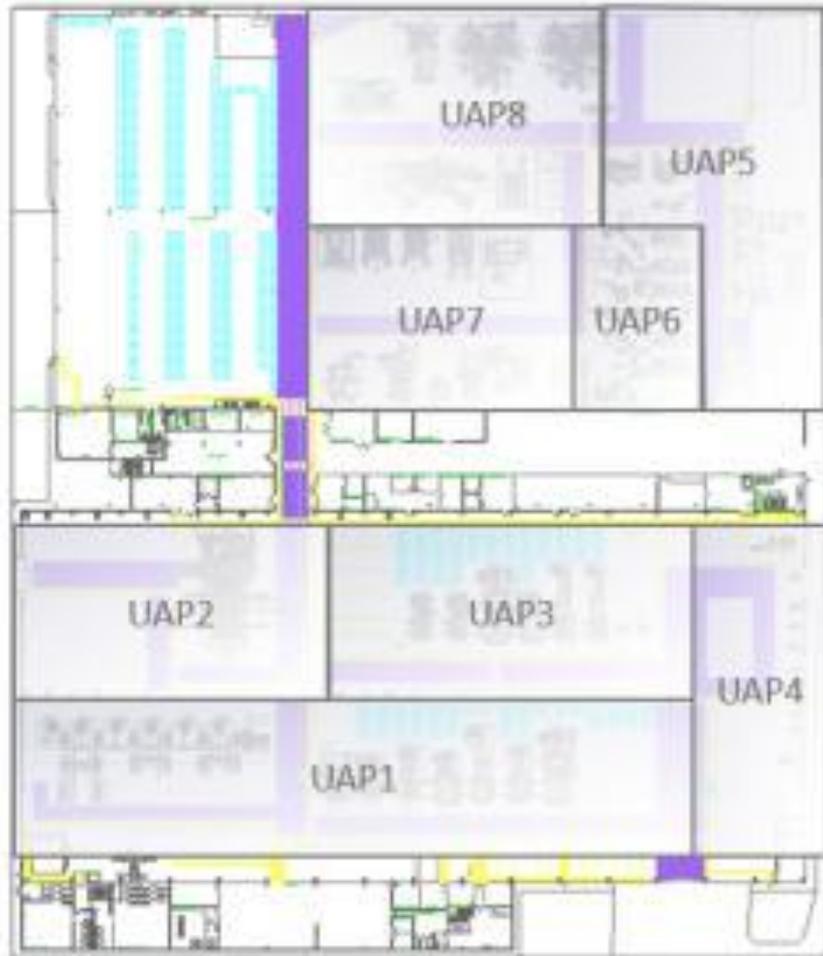


Figura 26: Layout organizado por UAP destacando os armazéns (Gestamp, 2018)

No Anexo II é detalhado o layout da Gestamp Cerveira.

4. DESCRIÇÃO E DIAGNÓSTICO DO ESTADO ATUAL

Neste capítulo é descrito o estado atual das áreas estudadas que são as áreas de produção e da logística associada a UAP2 e os armazéns associados, sendo estes o armazém de produtos acabados/expedição, o armazém Stock disponível (STDI) e o armazém de matéria prima disponível (MPDI). Esta descrição centra-se no funcionamento do sistema de produção, da logística interna e dos armazéns de uma forma genérica, seguida de uma descrição mais detalhada do objeto de estudo, a UAP2, descrevendo o comboio logístico estudado e o estado atual desta. Após esta descrição, é realizado o *Value Stream Mapping* (VSM) da família de produtos selecionada, estudando o fluxo de informação e de materiais existente atualmente desta família que serviu de ponto de partida para a análise crítica e identificação de problemas, concluindo o capítulo com uma síntese sobre os problemas encontrados.

4.1. Funcionamento do sistema de produção e etapas dos processos produtivos

Nesta secção é explicado o sistema produtivo da Gestamp numa forma genérica e da UAP em estudo.

4.1.1. Etapas do processo produtivo genérico da organização

O processo produtivo do grupo Gestamp é definido através de cinco fases principais, a estampagem, a soldadura, o acabamento, a montagem e a armazenagem dos produtos (Figura 27).



Figura 27: Processo produtivo geral (Gestamp, 2018)

No entanto, a Gestamp Ceveira, foca-se em quatro dessas etapas, a estampagem, a soldadura, a montagem e, por fim, a armazenagem dos produtos (Figura 28).

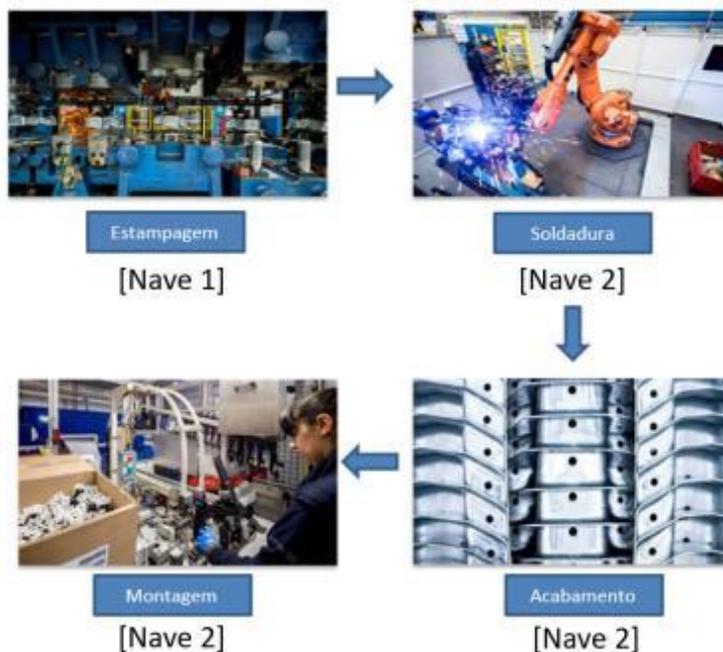


Figura 28: Processos produtivos gerais da Gestamp Ceveira (Gestamp, 2018)

Na Nave 1 realiza-se o processo de estampagem, que é a primeira etapa do processo. Na estampagem, a matéria-prima, a chapa, sofre uma transformação pela aplicação de pressão exercida nas prensas, normalmente mecânicas. Estas prensas realizam um movimento muito rápido, submetendo o material a uma deformação brusca (estampagem) através das ferramentas (molde) de estampagem (Figura 29). As prensas podem ser denominadas como *progressivas* ou *transfers*, consoante a alimentação da matéria-prima seja feita em rolos ou formatos, respetivamente. Do processo resultam as peças estampadas de diferentes dimensões, que podem ser diretamente expedidas ou passar pelos processos seguintes: soldadura e/ou pintura. Em 2018, processaram-se 60.815 toneladas de chapa, resultando daí 106.468.334 peças estampadas.

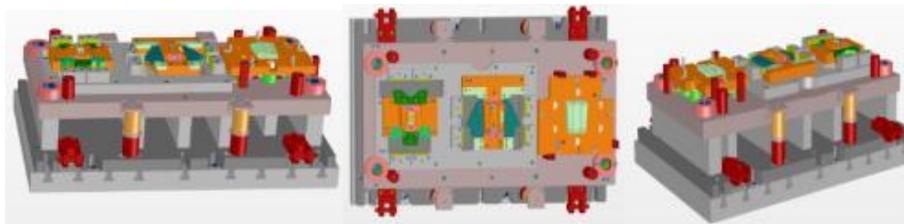


Figura 29: Representação de uma ferramenta (molde) de estampagem em 3D

As Naves 2 e 3 dizem respeito ao processo de soldadura MAG, por resistência, híbrida, laser, mecanizados e montagem de pedaleiras. No processo de soldadura, as peças provenientes da estampagem podem ser soldadas entre elas, formando conjuntos soldados, ou submetidas à soldadura

de um ou vários componentes (porcas, parafusos, varões, etc.). Em 2018, soldaram-se 28.868.769 peças. A soldadura é diferenciada em dois tipos: soldadura por resistência e soldadura MAG, descritos de seguida:

- **Soldadura por resistência:** este processo consiste na combinação de calor gerado pela corrente elétrica de elevada intensidade com a aplicação da força mecânica, que se exerce sobre os elétrodos (acessórios de cobre). Esta soldadura pode realizar-se através de prensas manuais ou em instalações automatizadas (células robotizadas). Existem uma forma automática e uma forma manual para a realização da soldadura por resistências sendo a soldadura por pontos e pedestal (Figura 30).

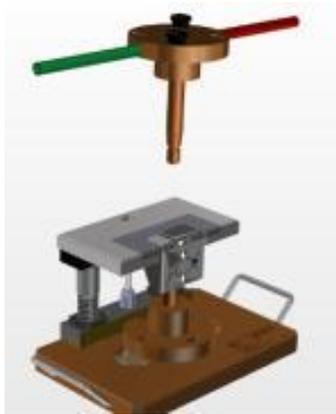


Figura 30: Representação de uma máquina de soldadura por resistência em 3D

- **Soldadura MAG:** o princípio da soldadura MAG consiste em introduzir um fio de metal na tocha, fio esse que é fundido no arco elétrico. O arame de soldar desempenha duas funções: por um lado, é o elétrodo que conduz corrente, por outro, é também, em simultâneo, o material de adição a ser introduzido na soldadura. Um gás de proteção que flui através do bocal da tocha protege o arco elétrico e o material em fusão, podendo o mesmo ser ativo (MAG). Os gases inertes, tais como o árgon, não entram em reação com o material em fusão. Por outro lado, os gases ativos, não só interferem no próprio arco elétrico, como também reagem com o material em fusão. Da mesma forma que no processo anterior, as peças podem ser diretamente expedidas ou passar ao processamento seguinte (Figura 31).



Figura 31: Linha de soldadura MAG (Gestamp, 2018)

- **Soldadura híbrida:** os processos híbridos combinam a soldadura a laser com outros processos de solda. Os processos adequados para combinação são a soldadura MIG ou MAG, (soldagem com gás inerte ou ativo em relação a metal) e a soldadura MIG (soldagem com gás inerte a tungstênio) ou solda por plasma. A soldadura é feita aquecendo a área para ser soldada, e subsequente aplicação da pressão entre esses pontos (Figura 32).



Figura 32: Máquina da soldadura híbrida em ação (Gestamp, 2018)

- **Soldadura a laser:** é um processo de soldadura de fusão que utiliza a energia fornecida por um feixe de laser para derreter e re-cristalizar o material ou materiais a serem unidos, obtendo a união correspondente entre os elementos envolvidos (Figura 33).



Figura 33: Máquina soldadura a Laser (Gestamp, 2018)

Na fase de acabamento (subcontratada a outras empresas), algumas peças provenientes dos processos anteriores podem ser reencaminhadas para uma cadeia de pintura (cataforese). Este processo passa por três fases, sendo elas o pré-tratamento, pintura/zincagem e secagem. Posteriormente, as peças voltam às instalações da Gestamp Cerveira. Em algumas das peças provenientes das etapas anteriores, pode ainda ser necessário montar alguns componentes (pedais, borrachas, molas ou casquilhos). Nesta fase, realizam-se também algumas operações de soldadura (resistência). Daqui as peças (pedaleiras) são expedidas para o cliente final (Gestamp, 2018).

4.1.2. Caracterização da UAP2

Nesta subsecção apresenta-se uma breve descrição da UAP2 associado à estampagem, caracterizando-a e analisando o seu atual funcionamento. A UAP2 situa-se na nave 1, onde se encontram os processos

de estampagem. Nesta UAP encontram-se as prensas PT001 e PT002 que dizem respeito à estampagem de peças de média e grande dimensão (Figura 34).



Figura 34: Linha de estampagem da UAP2

Estas prensas são consideradas como críticas pelo facto de serem máquinas com um grande impacto tanto para a maioria das peças finais produzidas pela empresa, como também para a maioria das peças que vão entrar em outro processo produtivo, neste caso a soldadura.

4.1.2.1. Tipo de máquinas principais

A descrição das prensas é realizada nas secções seguintes.

4.1.2.1.1 Prensa transfer PT001

A Prensa *transfer* PT001 é uma prensa de 1250 toneladas. Esta “máquina *transfer*” foi concebida e fabricada para ser utilizada para a estampagem em frio, de modo automático, de materiais metálicos fornecidos sob a forma de bobine, formatos regulares ou irregulares pré-cortados ou ambos, mas sem intervenção direta dos operários nas manobras produtivas de alimentação/extração do material e/ou a peça terminada ou materiais sobrejacentes. As barras ajustadas às ferramentas (moldes) são responsáveis para transferir as peças de posto após cada golpe ou ciclo.

4.1.2.1.2 Prensa transfer PT002

A prensa *transfer* PT002 é uma prensa de 1500 toneladas, com as mesmas funções que a máquina PT001, é também utilizada para a estampagem em frio, de modo automático, de materiais metálicos fornecidos sob a forma de bobine, formatos regulares ou irregulares pré-cortados ou ambos, mas sem intervenção direta dos operários nas manobras produtivas de alimentação/extração do material e/ou a peça terminada ou materiais sobrejacentes. A diferença entre ambas as máquinas se estão ao nível das toneladas e do tipo de peças produzidas.

4.1.2.2 Fluxo de materiais das máquinas

O fluxo inicia-se no abastecimento das prensas descritas na secção anterior incorporando uma bobine de aço que se diferencia em função do tipo de peças produzidas. De seguida a bobine é esticada de forma a alimentar a máquina e de seguida é cortada pela própria máquina PT de forma a ser inserida na parte da estampagem onde se encontra a maquete de estampagem de cerca de 10 toneladas que é inserida cerca de 30 minutos antes do processo produtivo iniciar-se por uma grua específica. De seguida esta chapa é ajustada num endireitador cuja função principalmente é de endireitar a chapa pelo facto de a mesma ser enrolada e apresentar-se com curvatura e tensão.

Depois de a chapa da bobine ser cortada, sofre-se várias estampagens de forma a chegar à moldura da peça final pedida pelo cliente, ou seja, depois de ajustar a ferramenta (molde) inicia-se o processo de fabricação, dividido por vários postos desde embutição de chapa, corte, furação, calibrado e em alguns casos de separação.

Apos a estampagem, as peças são transportadas num tapete rolante de forma a chegar até ao operário que as recolhe, junta-as e coloca-as dentro do contentor vazio. Esse contentor vazio quando cheio é recolhido pelo comboio ou pelo empilhador em função do peso desses mesmos. Depois do contentor ser recolhido, é transportado até ao armazém de produtos finais.

O desempenho geral, tanto ao nível do um sistema produtivo e do sistema de logística é analisado através de vários indicadores pela empresa. Estes são apresentados no

Anexo III – KPI das máquinas *transfer* PT001 e PT002 e do comboio PTN1.

4.1.2.3. Abastecimento e transporte dos materiais

Na presente secção são mencionados a descrição das rotas do comboio logístico, designado de comboio PTN1 e o fluxo dos empilhadores na UAP2.

4.1.2.3.1. Rota do comboio logístico PTN1

Dentro da organização existem várias rotas associadas às naves e UAP, a fim de obter uma logística interna adequada dentro da organização. Por sua vez, dentro das UAP existem máquinas que são abastecidas pelos comboios logísticos e pelos empilhadores. Na Figura 35 apresenta-se o comboio logístico usado na rota PTN1.



Figura 35: Comboio da rota na zona aguarda controlo

A função desse comboio é abastecer algumas máquinas da Nave 1 com contentores vazios como também recolher contentores cheios com peças produzidas pelas máquinas que são levados para o armazém de produtos acabados, na zona de autocontrolo. O objetivo desses comboios é levar os contentores vazios para o bordo de linha, de forma a manter uma produção em fluxo, sem ter paragens devido a troca de embalagens, e recolher os contentores cheios para levar na zona de autocontrolo que fica em frente ao armazém de produtos acabados, que por si só, podem ser levados ao armazém de produtos acabados, no caso de ser peças finais, ou levados no Buffer WIP (*Cross-docking*).

O comboio logístico PTN1 abastece algumas máquinas da UAP1 (as máquinas P0038, PS073, PS0010, PS0049 e PS101) e as máquinas da UAP2 as prensas PT001 e PT002. Através da Figura 36 e Figura 37, pode-se observar que o processo de expedição está interligado com o processo genérico do comboio da rota PTN1 (sem subprocesso e com subprocesso).

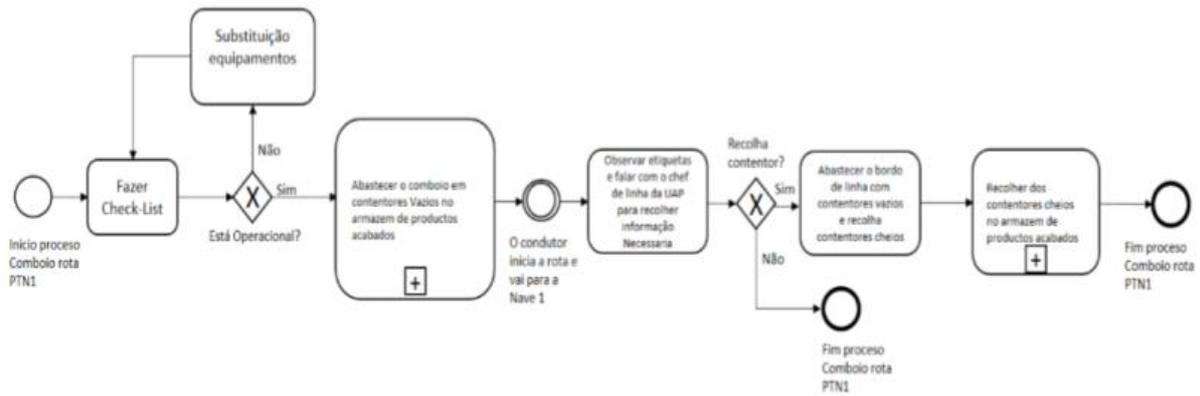


Figura 36: BPMN do processo do comboio da rota PTN1 (sem subprocesso)

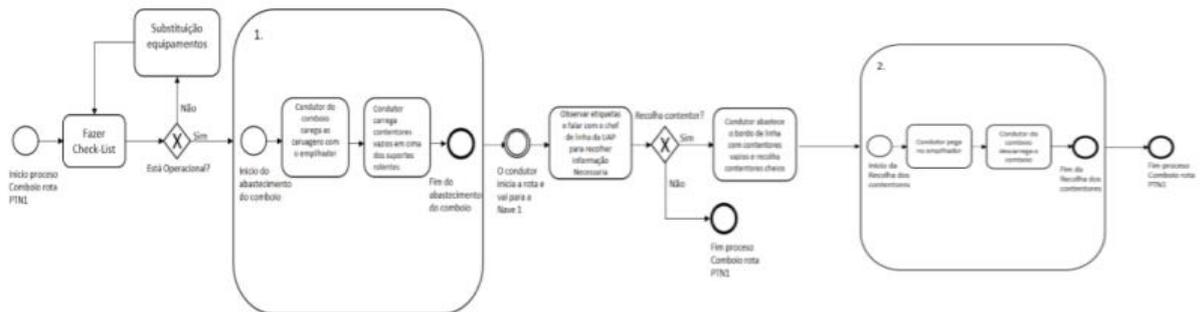


Figura 37: BPMN do processo do comboio da rota PTN1 (com subprocesso)

O condutor do comboio da rota PTN1 no início do turno realiza a *check-list* para observar se os equipamentos estão aptos para executar as tarefas. De seguida, antes de iniciar o circuito, realiza o abastecimento do comboio ao colocar os contentores ou caixas vazios nas bases rolantes que se encontrem nas carruagens (com o empilhador). Depois do comboio ser abastecido, o condutor inicia o circuito, abastecendo as máquinas P0038, P0037, P0044 e PS101, que dizem respeito a algumas máquinas da UAP1 e passa pela UAP2 onde abastece as prensas PT001 e PT002 (Figura 38).

4.1.2.3.2. Fluxo dos empilhadores

Para além de estar associado ao comboio logístico PTN1, o operador logístico, em algumas fases, dirige-se à UAP2 com o empilhador para abastecer os bordos de linha com os contentores vazios e recolher os contentores cheios, caso a carga do mesmo excede os 850 Kg. É de realçar que para além de abastecer o próprio comboio e retirar os contentores das carruagens com o empilhador o condutor de comboio vai até à parte da alimentadora (zona da colocação das bobines e formatos) das máquinas com o empilhador, para abastecer a máquina com este equipamento logístico. Devido a esta situação, o tempo de *setups* das máquinas PT, relativamente à carga da matéria-prima no alimentador, aumenta de forma significativa, atingindo, por vezes, mais de 10 min (Figura 40).

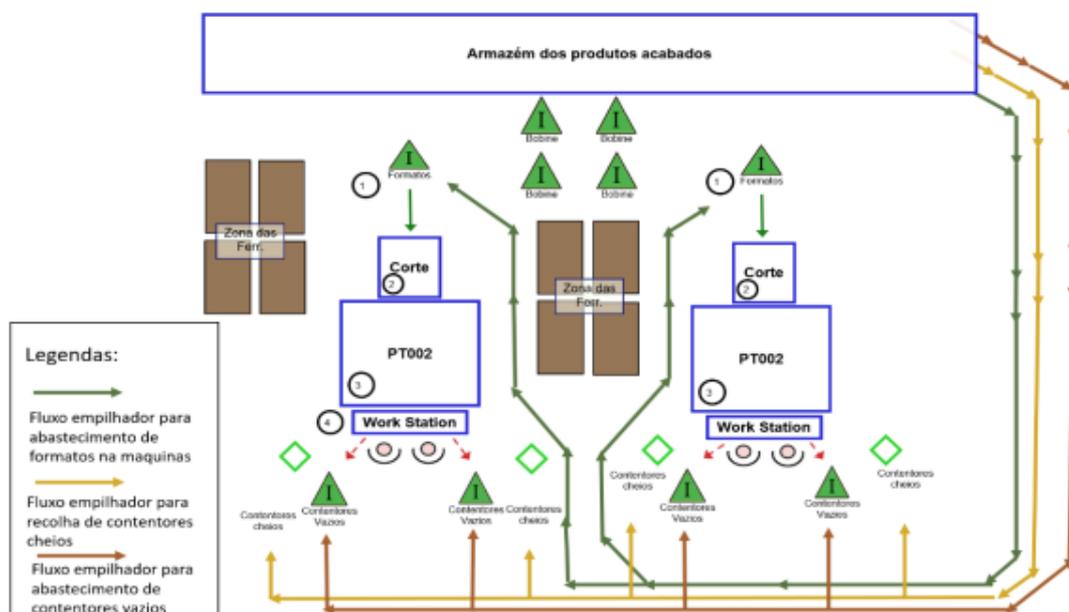


Figura 40: Fluxos do empilhador dentro da UAP2

4.2. Funcionamento dos armazéns

Nesta secção descrevem-se todos os processos associados aos armazéns, recorrendo à linguagem BPMN (Anexo IV – Linguagem BPMN), desde dos armazéns dos produtos em *Work-In-Process* (WIP), passando por uma descrição do armazém de bobines e formatos, situado na UAP2, assim como a zona aguarda controlo e o armazém de produtos acabados/expedição.

4.2.1. Caracterização do armazém de produtos acabados/expedição

Os armazéns de produtos acabados e de expedição são reagrupados num só armazém, no entanto, os processos são diferentes. Por este facto, esta subsecção é dividida por partes a fim de explicar cada

área, de modo a entender o processo de cada um, passando por explicar também, a zona de receção de peças produzidas e acabadas, chamada de zona aguarda controlo (Figura 41).

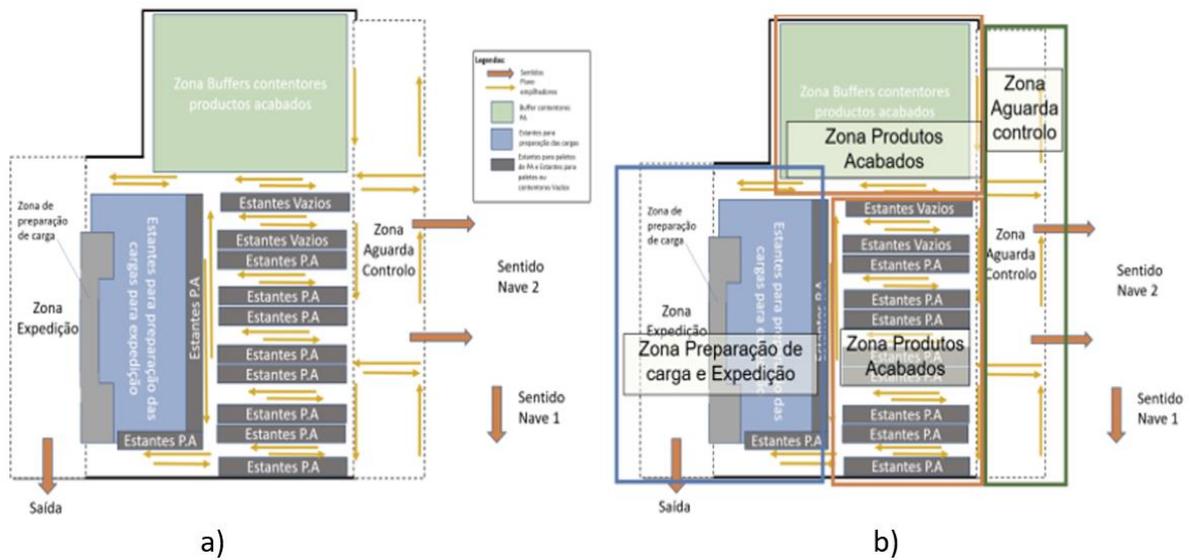


Figura 41: a) Layout do armazém de produtos acabados/expedição; b) Organização das zonas do armazém de produtos acabados/expedição

4.2.1.1. Zona de armazenagem de produtos acabados

A zona de armazenagem de produtos acabados é a zona onde todos os contentores e caixas de produtos acabados são armazenados. É também junto da zona de armazenagem dos produtos acabados que se encontram a zona de espera de controlo, onde os contentores cheios serão armazenados e enviados nas estantes de produtos acabados, que serão enviados nas estantes para a preparação de cargas para a expedição através do sistema de custeio FIFO. Para além disso, é na zona de espera de controlo onde são abastecidos ou colocados os contentores vazios e as paletes que se encontram nas carruagens dos comboios PT.

Através do fluxograma da Figura 42, observa-se que num primeiro tempo, as paletes ou contentores chegavam à zona de espera de controlo e eram recolhidos pelos empilhadores. Depois, eram colocados no armazém de produtos acabados ou num outro armazém, geralmente designado de armazém WIP. Com base na Figura 43, se está perante as paletes, essas eram colocadas nas estantes de produtos acabados. Se se tratava de um contentor, esses eram colocados nos buffers (*Cross-docking*) de produtos acabados. No entanto, esses dois locais tinham a mesma função que era armazenar os produtos acabados, alocados nas estantes para a preparação de cargas para a expedição.

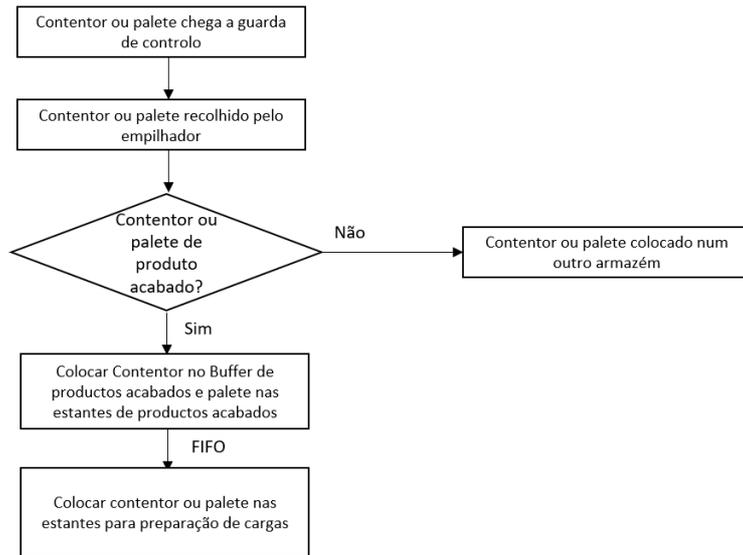


Figura 42: Fluxograma associado à zona de movimentação/manipulação de produtos acabados

Nos casos de os contentores não serem de produtos acabados, existiam várias localizações possíveis para serem alocados, dependendo do estado do processo de fabricação onde as peças se inserem. Geralmente essas paletes ou contentores são alocados no armazém WIP ou STDI, mas podem ser colocados também nas SDIO que é a zona de classificação-recuperação ou num dos armazéns externos à empresa dependendo do produto e do cliente, ou podem até ser alocados como stock de segurança (Figura 43).

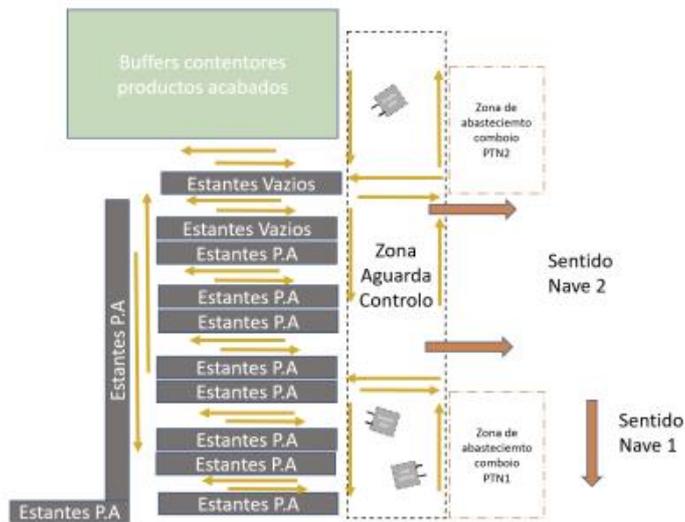


Figura 43: Fluxos de materiais e produtos na zona de produtos acabados

4.2.1.2. Zona de armazenagem de aguarda Controlo

A zona de aguarda controlo é a zona onde a maioria das peças estampadas são alocadas para serem depois enviadas no armazém adequado para as respetivas peças. O objetivo é verificar e alocar as peças

inseridas em paletes ou em contentores no local mais adequada para a mesma. Através da Figura 152, situada no Apêndice I – BPMN do funcionamento dos armazéns, pode-se observar o processo genérico que ocorre dentro da zona da aguarda de controlo através dos fluxogramas construídos usando a linguagem BPMN.

Quando o contentor chega na zona aguarda controlo o condutor do empilhador tem de realizar um registo para verificar onde se encontra a referência das peças e onde deve alocar as paletes e os contentores. A partir daí, o condutor do empilhador pega na paleta ou no contentor e leva para o local mais adequado. Genericamente, essas peças podem ir para o armazém WIP, ou para os Buffers das UAP, ou diretamente para as estantes ou os buffers de produtos acabados. Após a alocação das peças no local predestinado, o condutor do empilhador volta na zona de aguarda de controlo, repetindo o mesmo processo. Na Figura 44: *Zona aguarda controlo* pode-se observar a zona aguarda controlo.

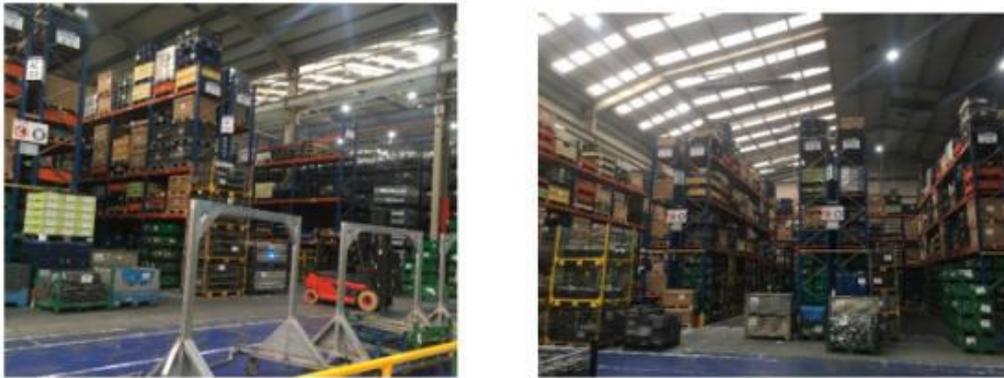


Figura 44: Zona aguarda controlo

Na Figura 45 pode-se observar a diferença entre uma paleta e um contentor, encontrados na zona aguarda controlo.

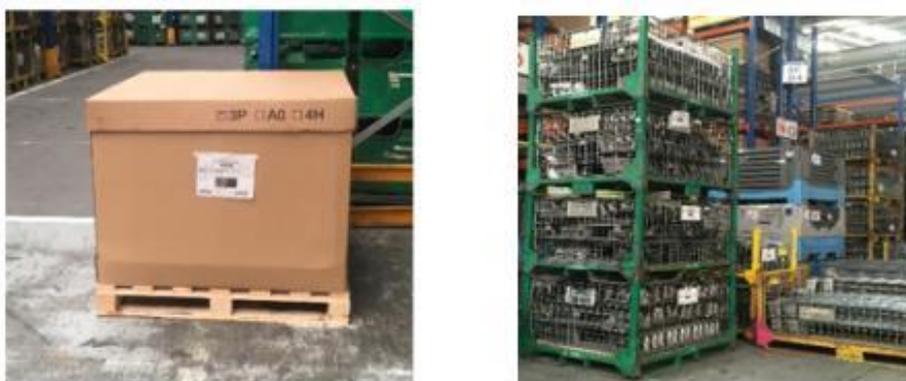


Figura 45: Paleta e contentores encontrados na zona aguarda controlo

Para além disso, a zona de controlo serve para abastecer os comboios das rotas PTN1 e PTN2, ao alocar os contentores vazios nos suportes rolantes situados nas carruagens.

4.2.1.3. Organização da zona de armazenagem de produtos acabados

O armazém de produtos acabados segue um fluxo específico que vai desde a chegada das peças ao armazém até a alocação das paletes e dos contentores nas estantes ou buffers de produtos acabados, como se pode observar na Figura 46.



Figura 46: Fluxo da organização do armazém de produtos acabados

Através deste fluxo, existe uma organização dentro da zona de armazenagem de produtos acabados, de forma que todas as existências físicas em material sejam controladas em termos de quantidades de peças produzidas de uma dada referência, registar e alocar de forma eficiente e com uma margem de erro mínimo as paletes e os contentores.

Quando as peças chegam à zona de aguarda de controlo (AC), essas vão diretamente através dos empilhadores que se encontram no armazém na zona de AC respetiva que se situam próximo das estantes das paletes de produtos acabados. Depois de realizar o registo (picking) dos contentores e das paletes, o condutor do empilhador realiza a tarefa de alocar essas peças nos respetivos locais adequado para cada uma (Figura 47).

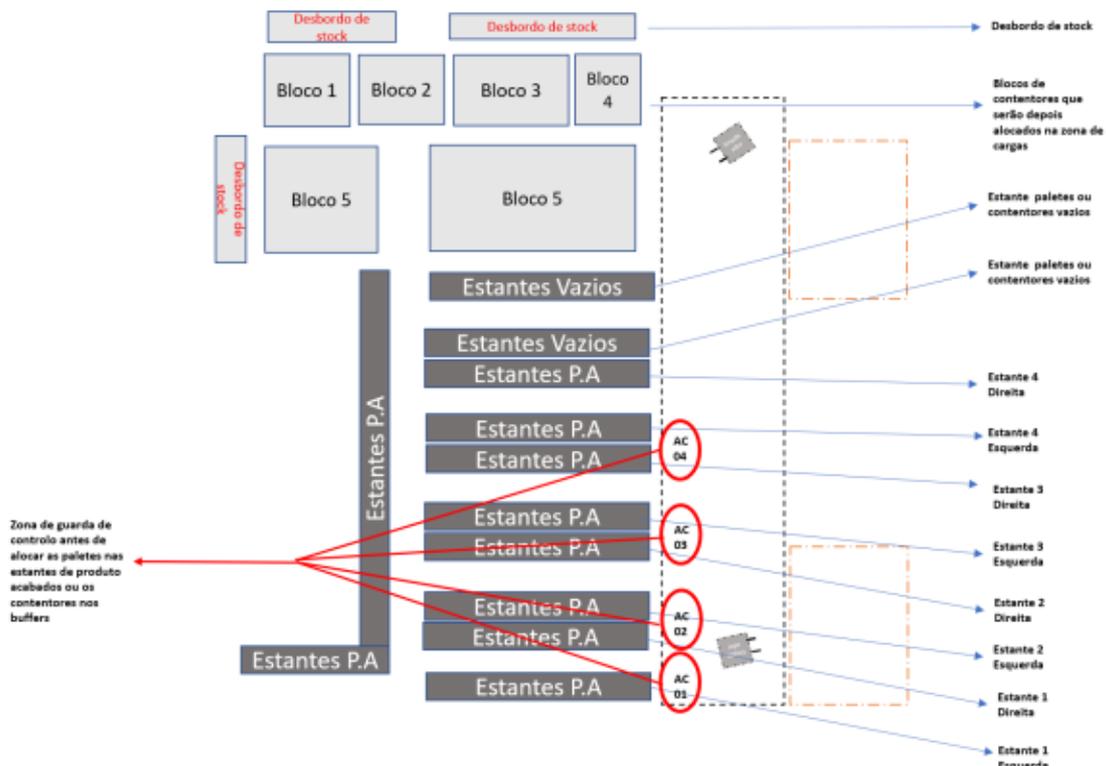


Figura 47: Organização na zona de armazenagem de produtos acabados

Para além disso, leva as respetivas peças, nas estantes adequadas com o lado adequado (esquerda (E) ou direita (D)) como se pode observar na Figura 48, se for paletes seria num dos vários blocos adequado no buffer dos produtos acabados adequado (B1, B2, B3, B4, B5).



Figura 48: Placas de ajuda a organização da zona do armazém de produtos acabados

4.2.1.4. Zona de expedição

O armazém de expedição é, em muitos casos, considerado como parte do armazém dos produtos acabados. No entanto, considera-se o armazém de expedição como sendo a zona onde as cargas são preparadas para serem enviadas ao cliente final, onde tarefas e subtarefas são essenciais para o controlo, a organização e a segurança das entregas do produto final para os clientes, independentemente do destino final. Através do BPMN representado na Figura 153, situada no Apêndice I – BPMN do funcionamento dos armazéns, pode-se observar que o processo de expedição está interligado com o processo do armazém do produto acabado.

O processo inicia-se ao verificar as listas de cargas, a posição do produto em armazém e retirar esse produto situado nas estantes ou nos buffers dos produtos acabados para serem alocados na zona de expedição. Depois de realizar o registo de verificações, analisa-se se existe a necessidade de corrigir, num primeiro tempo a etiqueta das paletas ou dos contentores. Se existir um erro, a etiqueta deve ser registada como uma não conformidade interna e deverá ser corrigida pelo departamento da logística.

Num segundo tempo é verificada a necessidade de trocar de embalagem. Se não for o caso, existe a necessidade de colocar as peças em embalagem adequada e conforme a gama de adição. Depois de uma verificação dos processos anteriores, é efetuado o *picking* com a pistola digital, onde é efetuada a leitura de etiqueta interna e guiado pelo *software* SAP. É efetuado logo de seguida a impressão da etiqueta de expedição e é colocada na paleta ou no contentor. É efetuado, por fim, um duplo *picking*, preenchendo-se uma ficha de controlo de entrega no ponto de controlo, e efetuam-se as confirmações do veículo a carregar, da segurança do transporte e da finalidade da expedição no carregamento do

camião onde cada operador preenche um documento (FCE) que permite confirmar a carga que efetivamente é expedida, e qual foi a tarefa desempenhada por esse mesmo (Figura 49).

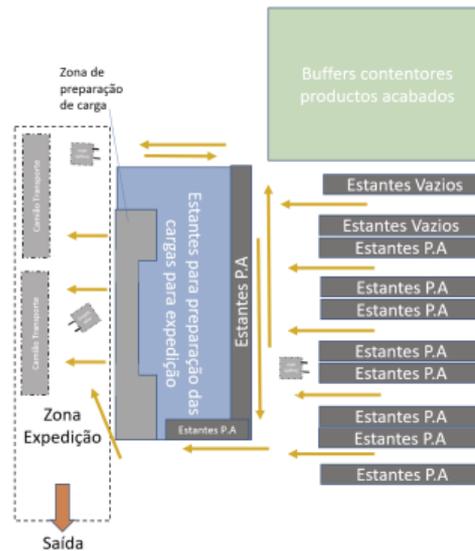


Figura 49: Fluxo de materiais e empilhadores na zona do armazém de expedição

4.2.2. Caracterização do armazém STDI

Nesta subsecção descrevem-se os pontos genéricos do armazém STDI, conhecido como supermercado WIP dentro da organização. Nesta, são abordados vários tópicos relativamente à organização do armazém STDI, os processos efetuados dentro do armazém pelos operadores logísticos, e por fim, o fluxo dos comboios dentro do armazém.

4.2.2.1. Organização e layout do armazém STDI

O supermercado WIP e buffers WIP (armazém STDI) são locais onde os colaboradores do comboio logístico e empilhadores efetuam o abastecimento de material (*picking*) necessário para abastecer as linhas ou células de produção. Este local é fundamental para a logística interna da organização e é organizado de forma a simplificar o fluxo físico de material interno dentro da empresa, de forma que todas as máquinas sejam abastecidas de forma eficiente e que evitem paragens na produção (Figura 50).

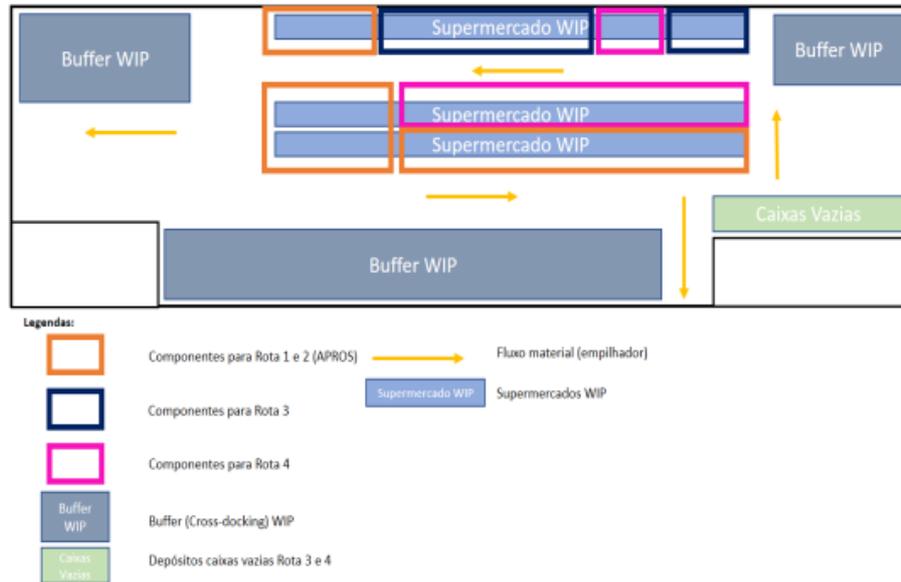


Figura 50: Organização do espaço do supermercado e buffer WIP (localização dos componentes e fluxo de empilhadores)

Os buffers incluem maioritariamente contentores de peças estampadas que após a produção serão sujeitas a outro processo produtivo, nomeadamente, a soldadura. Esses contentores são depois enviados para a Nave 2 ou na Nave 3 para ser efetuado o processo definido para essas peças. Esses contentores são levados para as máquinas respetivas, maioritariamente pelos empilhadores e em um dos comboios que efetuam rotas que passam pela Nave 2 (Rota 3 e 4). Em teoria, esses comboios possuíam um tempo de ciclo de cerca de uma hora.

4.2.2.2. Comboio logístico e tarefas dos condutores dos comboios

No supermercado WIP é abastecidos por três comboios, comboio Rota 3, comboio Rota 4 e comboio rota 1/2 - comboio aprovisionamento de componentes pequenos (APROS). Na Figura 50, da secção anterior, pode-se observar a organização do material nas estantes do supermercado WIP para o abastecimento do comboio que levam os materiais para as máquinas. No entanto, é de realçar que o comboio em estudo, o comboio PTN1, não é abastecido neste armazém, mas na zona aguarda controlo.

O que diferencia as tarefas dos operadores logísticos dos comboios são as referências a serem colocadas no bordo de linha das máquinas respetivas em cada rota, que leva a uma organização específica de cada um dos comboios (Apêndice II – Organização e problema genérico das carruagens dos comboios logísticos Rota 3 e Rota 4). No entanto, o processo genérico é o mesmo para todos. O fluxo dentro do armazém diverge em função das rotas dos comboios, sendo que a organização do armazém STDI é regulada pelos mesmos. Na Figura 51, pode-se observar o fluxo dos comboios dentro do armazém WIP de acordo com a organização das estantes do supermercado WIP.

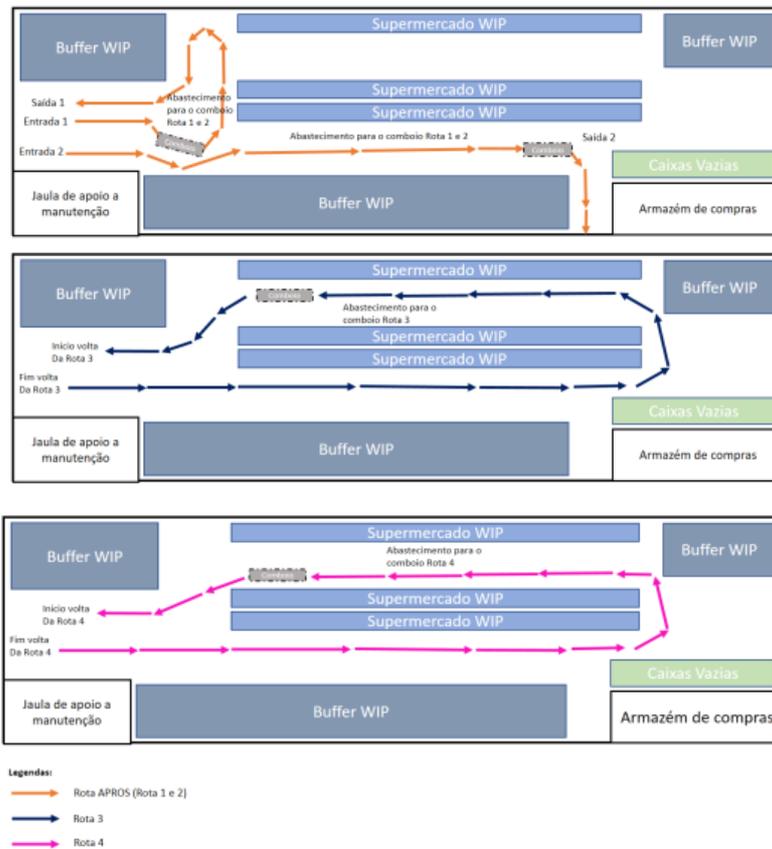


Figura 51: Fluxo dos comboios dentro do armazém WIP

Os condutores de comboio têm que realizar vários registos dentro do supermercado WIP de forma a obter registos claros do tempo de ciclos das rotas, tempo de ciclo de abastecimento do comboio, da saturação dos comboios e apoio ao registo de material existente. Desta forma, o condutor de comboio regista o início do abastecimento do comboio e o início da rota numa folha de registo em Excel.

Através da Figura 154, no Apêndice I – BPMN do funcionamento dos armazéns, podemos observar que o processo de Expedição está interligado com o processo genérico do condutor do comboio das rotas APROS – rota 3 – rota 4 (Apêndice III – Rotas dos comboios - Figura 158, Figura 159 e Figura 160).

Para o fim do abastecimento do comboio e o fim da rota o processo é o mesmo. Quando os registos iniciais são efetuados o condutor inicia a rota respetiva. A tarefa do condutor do comboio das rotas APROS, 3 e 4 é abastecer os bordos de linha com as caixas respetivas em relação às referências pedidas nas etiquetas existentes no bordo de linha, na quantidade certa e na hora certa, respeitando o conceito e pilar fundamental do *lean production*, o *Just-in-time*.

Depois de abastecer o bordo de linha, o condutor de comboio recolhe as caixas vazias colocadas num espaço específico no bordo de linha (Figura 52).



Figura 52: Comboio da rota 3, as carruagens e abastecimento

O objetivo é abastecer um número específico de caixas no bordo de linha e recolher o mesmo número de caixas vazias que de caixas abastecidas. Após realizados essa tarefa em todas as máquinas, o condutor volta ao supermercado WIP para registar o fim da rota e iniciar novamente o abastecimento do comboio, tudo numa forma cíclica e uniforme (Figura 53).



Figura 53: Folha de registos do início e do fim do abastecimento e da rota efetuada

4.2.3. Caracterização do armazém MPDI

O armazém MPDI é o armazém de matéria-prima, neste caso bobine e formatos, que são consumidas num tempo máximo de dois dias, pelas máquinas PT001 e PT002. Neste caso, os fornecedores descarregam as bobines pela porta de entrada situada próximo da UAP2. Através da Figura 155, localizada no Apêndice I – BPMN do funcionamento dos armazéns, pode-se observar que o processo de Expedição está interligado com o processo genérico do armazém MPDI.

Neste caso, após a chegada do camião com as bobines e formatos, são depois colocadas dentro do armazém MPDI (matéria prima disponível) pela grua rolante. Essa mesma será depois colocada pela grua rolante no transportador automático. No entanto, o processo da colocação é bem mais complexo. Ao chegar ao armazém pode estar sujeito ao controlo da qualidade, neste caso a bobine ou o formato é informaticamente transferida diretamente para o armazém MPCC (Matéria prima sujeito a controlo da qualidade) onde é efetuado o controlo de receção e da qualidade da matéria-prima. A bobine ou o formato é sujeito ao controlo da sua resistência, da sua espessura, da sua elasticidade e do seu alargamento (em

percentagem), e deve cumprir as normas de acordo com o certificado QCERT, que são normas agrupadas dos clientes finais.

No caso dessas matérias-primas não respeitarem os requisitos, é realizada uma reclamação ao fornecedor. No caso das matérias-primas cumprirem os requisitos, são enviadas informaticamente ao armazém MPDI, tendo assim registado a sua possibilidade de utilização para a produção da peça referente a bobine ou formato. Depois da bobine ser colocada na máquina, iniciando o processo de produção, essa mesma pode ser utilizada na sua integralidade ou não, neste caso, a bobine é retirada da máquina e é reenviada ao armazém MPDI, para ser utilizada novamente, para um próximo processo produtivo.

4.2.4. Organização das etiquetas dentro dos armazéns

Dentro da organização, existem variedades de etiquetas específicas, de acordo com o local e a especificidade das tarefas dentro da organização. Dentro do armazém WIP, guarda de controlo, Armazém de produtos acabados e expedição, existem várias etiquetas específicas desde da etiqueta interna até à etiqueta final que será enviado ao cliente.

A etiqueta relevante para este estudo é a etiqueta interna, que se pode observar na Figura 54. Através desta pode ver-se cada secção desta etiqueta geral.

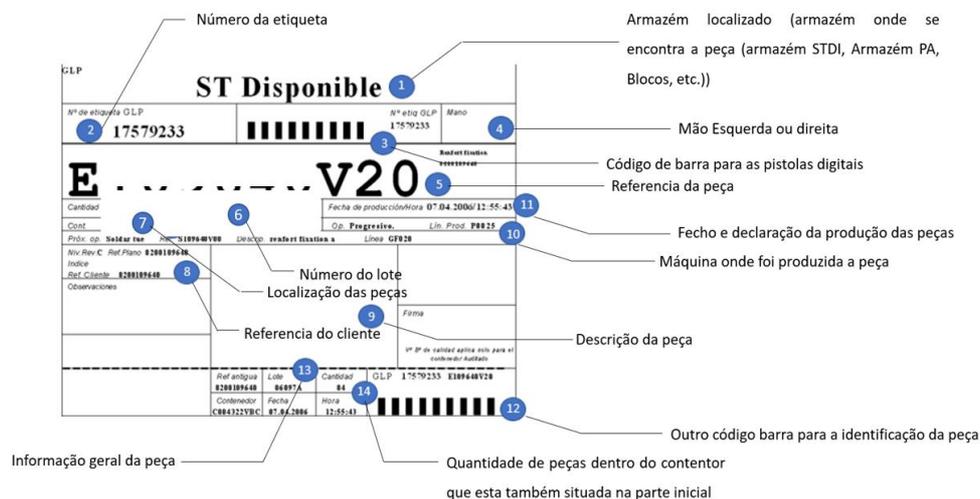


Figura 54: Etiqueta genérica interna utilizada dentro da organização (Etiqueta interna)

A etiqueta interna permite ter toda a informação associada a uma dada peça, qualquer que seja o estado do seu processo produtivo, seja uma peça final ou em via de fábrica, e permite ter informações genéricas desde da sua fabricação até à sua expedição.

Através da etiqueta interna pode-se identificar internamente todas as características das peças, sejam peças estampadas, soldadas, subcontratadas, etc. Adicionalmente, existem outras etiquetas que são específicas em função dos armazéns (Apêndice IV – Outras etiquetas utilizadas no processo genérico - Tabela 30), essenciais para o processo genérico.

4.3. Análise crítica e identificação de problemas

Uma vez efetuada a descrição detalhada de todos os processos relacionados com o projeto desta dissertação, é necessário realizar a respetiva análise crítica. Assim, tornou-se necessário identificar oportunidades de melhoria que visassem melhorias na logística interna da UAP2 e das condições de trabalho associadas. Os problemas a seguir apresentados foram identificados na UAP2, ao nível da logística interna, da ergonomia, da produção e também da própria organização do espaço físico. Para fazer esta análise crítica recorreu-se à observação, análise documental, diálogo com chefias e colaboradores, ao VSM, e ferramentas ergonómicas, como a análise ergonómica Sue Rodgers e as avaliações ergonómicas das MMC (equação NIOSH) e das posturas inadequadas (metodologia OWAS).

4.3.1. Selecção e estudo da família de produtos de peças estampadas da UAP

Esta secção apresenta o estudo realizado para uma das famílias de produtos da UAP2. Para este estudo usou-se o VSM, mas antes disso foi necessário seleccionar a família a estudar neste VSM. Assim, esta secção apresenta a escolha da família de produtos e descreve o layout e fluxos associados para depois ser construído o VSM do estado atual e VSM do estado futuro.

4.3.1.1. Definição da família de produtos

Atendendo que a empresa produz mais de 10000 peças diferentes, num primeiro tempo, foi necessário definir a família de produtos para analisar mais detalhadamente. A família de produtos escolhida, atendendo ao pretendido pela empresa, foram as peças estampadas nas máquinas PT001 e PT002, cujo número de peças produzidas é de cerca de 90 peças diferentes. Essas peças são produzidas pelas máquinas da UAP descritas na secção 4.1.2.1. e alguns exemplos apresentam-se na Figura 55. Estas peças são peças estampadas de pequenas, medias e grandes dimensões que podem pesar entre 0,5 até 3,4 Kg.

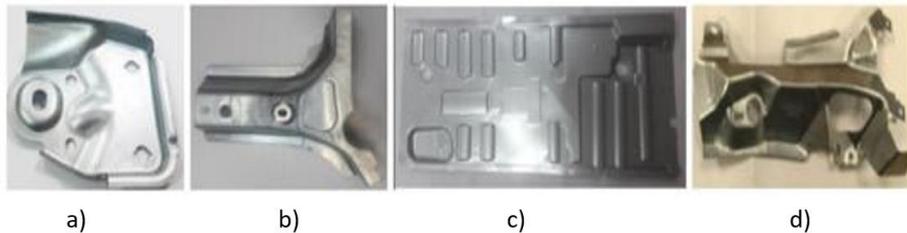


Figura 55: Exemplos de peças da família de produtos escolhidos para o estudo: a) peça pequena PA; b) peças media PA; c) peça grande PA; d) peça média WIP

Consequentemente, essas peças podem ser peças consideradas como produto final, prontas para serem enviadas para o cliente final (peças estampadas V00), ou podem ser consideradas como peças em via de fabrico ou Work-In-Process (WIP), sujeitas a outro processo de produção, neste caso soldadura. As peças estampadas V20, são consideradas aquelas que sofram vários processos de produção, e peças estampadas V30, que sofram só um processo de produção.

4.3.1.1.1. Layout e fluxo de materiais

O processo começa com as encomendas das bobines aos fornecedores, que são pedidas com cerca de cinco dias de antecedência. Cerca de 90% das bobines de aço são fornecidas pela empresa Gonvarri (Galicia e Burgos). Essas bobines podem ser de aço ou de alumínio.

Após a chegada das bobines na UAP2, estas são colocadas num pequeno armazém de bobines que se encontram entre as duas máquinas, como se pode observar na Figura 56, cujo layout representado é do armazém MPDI.

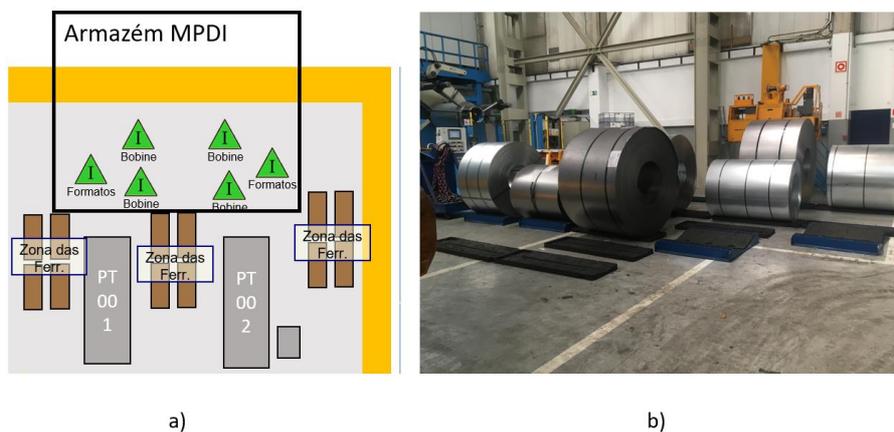


Figura 56: a) Layout armazém MPDI; b) armazém MPDI

Em média, as bobinas estão armazenadas cerca de dois dias antes de serem utilizadas para a produção. Para além das bobinas, são encomendados formatos de aço, que são de chapas de aço pré-cortadas, que são colocadas por um empilhador, num suporte que será depois moldado por parte do chefe de

linha, no momento de abastecer as máquinas com a matéria-prima adequada, e depois da sua alocação, esses formatos são colocados por um braço automático dentro da máquina (Figura 57).

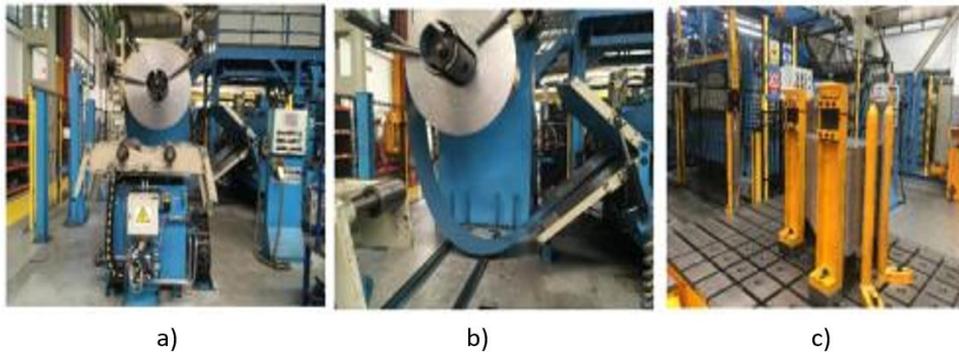


Figura 57: Matéria prima colocada nas máquinas PT001 e PT002: a) no carro transportador, b) na alimentadora, c) Molde de formatos

As bobinas são colocadas, através das guias de pontes rolantes, que podem suportar cerca de 30 toneladas, dentro de um carro transportador que coloca de seguida no alimentador de bobinas associado à máquina. O tempo de abastecimento da máquina é cerca de 10 min em média. Antes de produzir uma referência de peça, é colocada dentro da máquina a ferramenta (molde) que molda a peça quando é estampada. Essa ferramenta, demora cerca de 30 min a ser colocada/mudada na máquina (Figura 57). Logo os tempos de *setups* para a iniciar o processo estampagem é de cerca de 40 min, em média.

Após os *setups* realizados inicia-se o processo de produção da estampagem. Existem três tipos de processos de estampagem possíveis, realizadas pelas máquinas PT001 e PT002 (referidas na secção 4.1.2.1), a estampagem progressiva, a estampagem *transfer* em bobine e a estampagem por *transfer* em formatos pré-cortados. A estampagem progressiva é caracterizada quando a bobine entra no alimentador, e em função de uma cadência (em segundos) e em função dos centímetros pretendidos para a dimensão da chapa, essa mesma é estampada e cortada ao mesmo tempo, e assim dita o ritmo dos golpes.

A estampagem *transfer* em bobine é caracterizada quando a bobine entra no alimentador e a própria máquina corta a chapa antes de esta ser estampada, formando assim os seus próprios formatos em figura retangular, diminuindo os custos de compra de matéria-prima, dado que os formatos pré cortados são mais expansivos em termos de custos.

A estampagem por *transfer* em formato pré-cortado é caracterizado pelo mesmo processo da estampagem *transfer* por bobine, com a única diferença que a chapa não cortada pela máquina, mas alocada por um braço automático dentro da máquina. Nas máquinas PT001 e PT002, o tempo de

atravessamento ou Lead time de estampagem demoram cerca de 22 segundos em média, e cerca de 15 segundos do tempo as tarefas acrescentam valor ao processo para ambas as máquinas.

Essas peças são depois colocadas no tapete rolante que vai até ao posto de trabalho da máquina (*Work station*), onde o operário pega nas peças produzidas e coloca no contentor vazio colocado no bordo de linha. O tempo entre a colocação da peça no tapete rolante até ao posto de trabalho varia em função da máquina e da peça produzida. Em ambas as máquinas, esse tempo é de cerca de 18 segundos em média. O tempo dos dois operários colocarem as peças dentro do contentor vazio é variável e depende muitas vezes do tipo de peças produzidas, do peso e da dimensão da mesa, sabendo que nem sempre são exclusivamente dois operários no posto de trabalho, podem ser um até quatro dependendo da peça produzida e da quantidade de peças a serem produzidas. O tempo medio para ambas as máquinas é de 40 segundos, considerando produção de médias e grandes dimensões na maioria das vezes produzidas. Após a colocação das peças no contentor, o comboio logístico da rota PTN1 recolhe-as em média em ciclos de 30 min.

Essas peças colocadas em contentores ou em paletes são depois alocadas na zona de aguarda controlo, junto do armazém de produtos acabados pelo comboio logístico, onde os contentores serão retirados pelo empilhador. A partir daí podem existir duas situações. Esses contentores podem ser produtos acabados, e logo são controlados e armazenados no armazém de produtos acabados/expedição ou, esses contentores podem ser alocados no armazém STDI (supermercado WIP) nos Buffers WIP. Daí se os contentores ou paletes são produtos acabados esses mesmos são posicionados no armazém de produtos acabados/expedição em cerca de 90 segundos em média por porte do empilhador. Essas peças serão armazenadas cerca de cinco dias dentro do armazém antes de serem colocadas na zona de preparação de cargas para expedição.

No caso de as peças serem produtos em via de fabrico e o fluxo é contínuo, e que pouco tempo após a alocação desses contentores nos buffers WIP, esses mesmo são enviados para o próximo processo produtivo. O tempo medio em que um contentor com peças em fábrica esteja dentro do buffer, é cerca de três dias. No segundo tempo, o empilhador aloca os contentores para o bordo de linha da máquina da soldadura. O tempo de ciclo de um operário soldar uma peça estampada é cerca de 20 segundos e o tempo de alocar as peças totais no contentor vazio perto do bordo de linha que são alocados pelo comboio da rota PTN2, é cerca de 25 minutos.

Após o processo de soldadura e os contentores terem as peças finais, essas peças são enviadas novamente para a AC, para serem controladas e enviadas para o armazém de produtos acabados/expedição. Essas peças são guardadas, como foi referido no processo com as peças estampadas finais, cinco dias no armazém e serão enviadas para a zona de preparação de cargas. As paletes e contentores enviados respeitam o sistema FIFO, em que as primeiras paletes ou contentores colocados no armazém são os primeiros a serem enviados ao cliente final.

A partir daí, o processo de expedição é efetuado em cerca de 30 min e as peças finais que sejam estampadas e diretamente entregues ou estampadas com outro processo produtivo sofrido, são enviadas. O tempo de expedição varia em função do itinerário.

4.3.1.1.2. Fluxo de informação

O fluxo de informação interno e externo da organização relativamente à estampagem é dividido em duas fases. A primeira fase diz respeito a uma peça em pré-série, quando essa mesma é negociada com o cliente e que leva a uma multitude de fases e etapas concretas antes da produção em serie da mesma. A segunda fase diz respeito a uma peça em serie, ou seja, quando a peça está incorporada em produção em serie, mais concretamente no processo genérico de produção da empresa.

O objetivo concreto desse fluxo de informação é identificar o sistema de programação, planeamento e controlo da produção da Gestamp Cerveira, que se preocupa com todos os aspetos da produção, desde a gestão de materiais e do escalonamento de equipamentos e recursos até à coordenação de fornecedores e clientes. Perante uma organização com um impacto significativo no setor automóvel, em contextos de produção de peças metálicas estampadas e soldadas, é preciso decidir as estratégias a seguir, os fluxos de material a manter, as alocações de equipamentos e os recursos humanos necessários, tendo em conta todos os demais aspetos que permitam satisfazer as necessidades dos clientes.

Em relação à etapa das peças em pré-série (Figura 58), o processo começa através do departamento comercial, que negocia uma nova peça, que será depois entregue ao departamento de projetos, para futuramente, projetar a industrialização da mesma, e assim colocar essa nova peça em produção. Essa gestão é feita pelo chefe de projeto encarregado da nova peça. Através desta etapa, é proporcionada a preparação das ferramentas (moldes) para a produção das novas peças. As ferramentas devem estar preparadas, para a realização de ensaios e rodagem (ensaios de produção antes da industrialização da peça). Depois de fazer os primeiros ensaios, o departamento da qualidade tem que validar o produto, ou

seja, validar se o produto está dentro ou fora dos requisitos do cliente. Se os ensaios estão fora dos requisitos, esses ensaios, não passarão a rodagem.

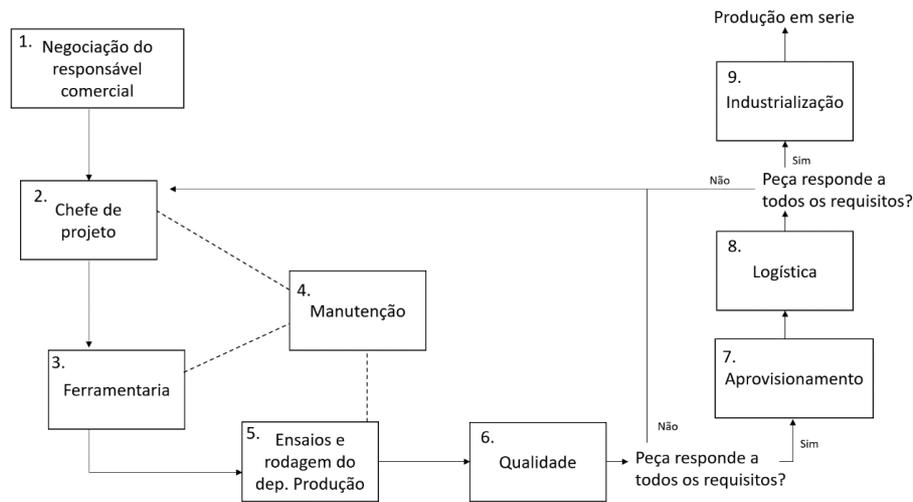


Figura 58: Ciclo do fluxo de informação das peças em pré-série

Depois das ferramentas (moldes) estarem prontas, a peça vai para industrialização. Neste caso a peça entra no departamento de produção para a realização de ensaios, onde o departamento de qualidade acompanha, e posteriormente, o departamento de ferramentaria e o departamento de manutenção (dependendo do tipo de tecnologia implementada e necessária para a realização da peça) entram no processo para apoiar a fase de industrialização.

Se for uma ferramenta (molde) de estampagem, o departamento de ferramentaria acompanha o processo, para analisar possíveis situações anormais, sabendo que existe um caderno de encargos para cada ferramenta (molde). No caso de existir, dentro do processo, a transição da peça estampada para soldadura (peças V20 ou V30), perante uma dada célula, tem que existir a manutenção de soldadura, feita pelo departamento de manutenção, onde se acompanha o processo para analisar se esse mesmo está a decorrer dentro do normal. Existe também, uma ligação entre projetos e logística para a negociação de embalagens, e só depois é que uma peça nova entra em produção. O tipo de embalagem é aceite entre a produção, logística e qualidade.

Adicionalmente, o departamento de aprovisionamento tem uma ligação com o departamento comercial que colabora com o departamento de projetos para saber como vão ser produzidas as peças. Depois do acordo do departamento de projeto em relação à possibilidade de produzir a peça, e validar a possibilidade de realizar uma ferramenta (molde) específica, o departamento de aprovisionamento (parte do departamento de logística) encarrega-se das necessidades de matéria-prima, para saber os custos e o tempo total para a compra de matéria-prima.

Depois de ter a validação do departamento da qualidade, da produção, da ferramentaria e da manutenção, a nova peça entra em rodagem, processo pelo qual fica entregue a produção, onde o próprio departamento faz a gestão da produção da peça e fazem a ligação com o departamento de provisionamento.

Após o processo associado à implementação de nova peça dentro da organização, o próprio chefe de projeto da peça não esta encarregue para as próximas fases, após entrar em serie. No entanto, o chefe de projeto acompanha o processo, e o mesmo é entregue ao departamento de produção.

Após o processo de industrialização, a peça nova entra em produção em serie. A partir daí, segue o fluxo de informação associado a peças que estão incorporados nos processos produtivos genérico da Gestamp Cerveira (Figura 59). Deste modo, é analisado o fluxo de informação, desde o pedido do cliente até a entrega das peças ao cliente.

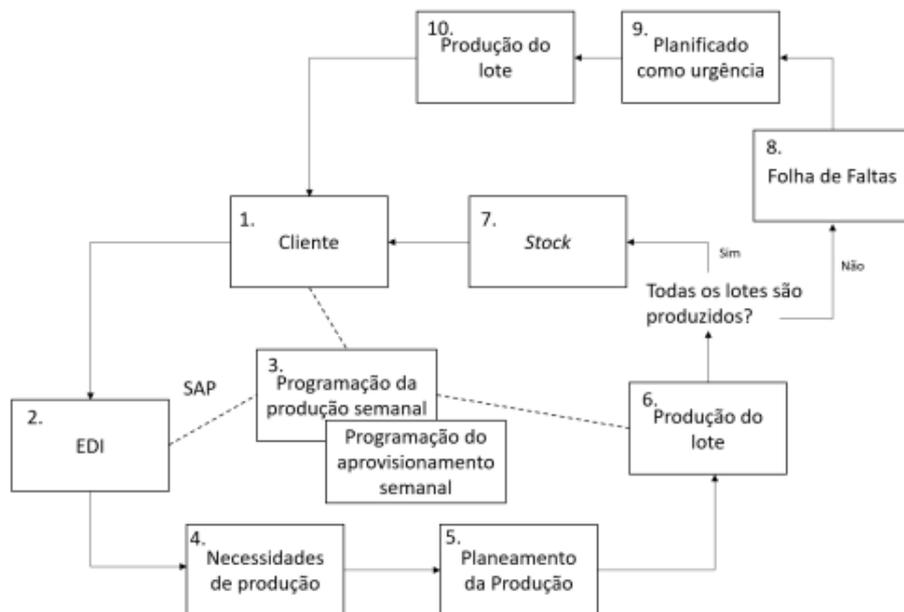


Figura 59: Ciclo do fluxo de informação na fase das peças em serie

O pedido do cliente é feito pelo sistema SAP. Os clientes efetuam os pedidos por EDI, para o departamento da logística, chamado de pedido por sistema. A partir daí, o planejador da produção tem que gerir a produção em função das necessidades de produção (das peças que devem ser produzidas), da disponibilidade das máquinas (nível de saturação das máquinas) e dos turnos (alocação das tarefas de produção associado aos turnos), de forma a adaptar a produção em função dessas análises e informações. A programação da produção de peças é semanal, ou seja, a programação da produção é feita com uma semana de antecedência, proporcionado através desses mesmos pedidos (EDI), que proporciona por sua vez uma necessidade de fabricação de lotes. Em colaboração com departamento

logístico, é efetuado o planeamento de aprovisionamento semanal, que permite perceber quando a matéria-prima tem de chegar a empresa para produzir o lote, e saber em que data a matéria-prima deve chegar dentro da organização, de forma que as produções das peças possam ser realizadas.

No geral, o objetivo é fabricar no dia anterior, as peças que devem ser entregues ao cliente. As peças estampadas são feitas, no geral, entre cinco a oito dias de antecedência. Este facto é derivado das numerosas peças estampadas produzidas pela fábrica, serem distribuídas pelas máquinas disponíveis, e essas peças são fabricadas com cinco dias de antecedências e três dias de *stocks* de segurança, que leva a produção de lotes de oito dias de peças estampadas. Adicionalmente, existe essa diferença pelo facto de prevenir potenciais riscos de avarias das máquinas. Deste modo, a organização decidiu ter três dias de *stocks* de segurança mais cinco dias de fabricação feita com antecedência.

Depois da programação semanal da produção e de aproveitamento, vem o planeamento da produção. Neste caso, o planificador da produção organiza-se através de um sistema de cartões *Kanban* de produção, ou seja, são vários cartões que autorizam a produção de determinada quantidade de peças específicas. Essa organização é feita num painel de planificação situado a entrada da UAP2 que permite o planeamento semanal da produção e entrega a informação de uma forma explícita ao chefe de linha da UAP.

Esse sistema de *Kanban* é contemplado através de sinalização visual, neste caso “clips” de duas cores diferentes, uns cinzentos que permite perceber quais dos lotes a produzir não possuíam matéria-prima adequada a ser alocada na máquina, e uns vermelhos que permitem identificar as avarias de ferramentas (moldes). A partir daí a produção é planificada de forma clara diariamente com a capacidade e possibilidade do momento, e observa-se a necessidade de reajustes na programação de produção. Os lotes são assim produzidos.

Após a produção dos lotes, esses lotes são enviados nos armazéns respetivos, sejam no armazém WIP ou no armazém de produtos acabados/Expedição, descrito de forma mais detalhada no fluxo físico de materiais. A partir daí, essas peças entram em *Stock*, e vem a ligação entre a logística e os armazéns, que gere as expedições para os clientes finais. Esses processos serão detalhados nas próximas secções, no entanto, em alguns casos, podem acontecer que alguns lotes de peças estampadas não sejam produzidos e devem ser entregues de forma rápida (“Urgente”), para os clientes. Neste caso existe uma folha de faltas, entregue pela logística, que permite analisar essas urgências e, a partir o planificador da

produção replanifica a produção dos lotes de forma a produzir as peças, que posteriormente são entregues aos clientes.

4.3.1.2. VSM do estado atual

Após a descrição do processo da família de peças escolhida para o estudo pode-se desenhar o VSM do estado atual. Através do VSM pode-se analisar quais são as tarefas que acrescentam valor ao processo da família, os problemas presentes e pensar nas possíveis ações de melhoria associado ao processo. Esta análise foi realizada recorrendo ao VSM, podendo-se observar uma representação do fluxo de materiais e informação desde o fornecedor até ao cliente final.

Na realização do VSM foi importante ter em conta que as peças produzidas pelas máquinas da UAP2 podem ser peças finais que são posteriormente enviadas para o armazém de produtos acabados e de expedição. Também podem ser peças em via de fabrico, que são enviadas posteriormente para o armazém STDI (Supermercado WIP). Essas peças são colocadas nos contentores e colocadas num buffer. Esses dois VSM localizados no Apêndice V e VI são genéricos, um definindo o processo caso as peças produzidas sejam produtos acabados (Figura 162), e outro caso as peças sejam produtos em via-de-fabrico (Figura 163).

Desta forma, foram calculados os tempos de ciclo médios nas realizações das tarefas produtivas e logísticas, proporcionando um Lead Time (LT) medio de 606600 segundos, i.e., aproximadamente 10080 minutos ou 7 dias caso as peças produzidas pelas prensas transfer sejam finais com um *Value added time* (VAT) de 1970 segundos, i.e., aproximadamente 30 minutos. No caso das peças produzidas pelas prensas transfer serem em via de fabrico, obten-se um Lead Time (LT) de 867300 segundos, i.e. cerca de 14400 minutos ou cerca de 10 dias com um VAT de 2093 segundos, i.e., 35 minutos (Tabela 2), sendo o tempo de preenchimento e de troca de embalagens médias das máquinas da UAP2 serem de 1800 segundos ou 30 minutos.

Tabela 2: Resultado do VSM do estado atual

	Lead time (minutos)	VAT (minutos)	Racio de VA (%)
Peças finais	10080	33	3%
Peças em curso	14400	35	2%

Através do VSM destacam-se vários problemas que levam ao baixo rácio de valor acrescentado derivado aos problemas associadas à logística interna, elevado WIP e tempos de *Setup*, elevados tempos de abastecimentos. Adicionalmente, existima problemas associados à complexidade do fluxo de informação, i.e existem problemas ao nível da organização do fluxo de informação, onde por exemplo, o operário

logístico não tinha conhecimento das paragens das máquinas, o que levava a que fosse o próprio coordenador a comunicar diretamente com o operário do empilhador ou o operário do comboio.

4.3.1.3. VSM do estado futuro

Após desenhar o VSM do estado atual, é necessário redesenhar os VSM que representam o processo desejado, através da implementação de ferramentas *Lean manufacturing* que serão apresentados e que visem eliminar os desperdícios identificados no VSM do estado atual da UAP2, relacionado com a família de produtos em estudo. Esses VSM encontrem-se no Apêndice VI – VSM da família de produtos realizados – do futuro.

Num primeiro tempo é de realçar que os problemas encontrados no processo não são especificamente associados ao desempenho do processo mas do sistema produtivo como um todo, dado que pelos indicadores referentes no Anexo III os KPIs demonstravam um bom desempenho ao nível produtivo, por parte das duas máquinas, sendo ambas com um OEE acima dos 65% definido como objetivo. No entanto existiam vários problemas relatados na secção anterior relativamente as prensas e ao abastecimento destas. A partir daí, ponderou-se que poderia ser necessário a aplicação dos 5S e do standard work nos postos de trabalho associado a PT001 e PT002 (Figura 164 e Figura 165 - Apêndice VI – VSM da família de produtos realizados – do futuro).

Num segundo tempo, pretendeu-se diminuir o tempo associado ao abastecimento interno da UAP2, que no momento atual é cerca de 1800 segundos, e pretende-se diminuir por metade, ou seja, 900 segundos, proporcionando uma redução do LT para 605700 segundos (i.e. para cerca de 6 dias), caso as peças produzidas pelas prensas sejam finais (Figura 165- Apêndice VI – VSM da família de produtos realizados – do futuro) e, uma redução do LT para 866400 segundos (i.e. cerca de 9 dias), caso as peças produzidas pelas prensas sejam em via de fabrico (Figura 167- Apêndice VI – VSM da família de produtos realizados – do futuro). Para isso foi necessário fazer uma análise mais global à unidade UAP2 e até mesmo à nave onde esta se encontrava. Essa análise está descrita nas secções seguintes.

Na Tabela 3: *Resultados pretendidos para o VSM do* , apresentam-se os resultados pretendidos para o VSM do futuro, após atuar no tempo associado ao abastecimento interno da UAP2.

Tabela 3: Resultados pretendidos para o VSM do futuro

	Lead time (minutos)	VAT (minutos)	Racio de VA (%)
Peças finais	8640	33	3,3%
Peças em curso	12960	35	2,7%

4.3.2. Análise e problemas associados na UAP2

Além dos problemas específicos associados à família de produtos estudada, existiam vários problemas gerais encontrados na UAP2, que são descritos nas próximas secções.

4.3.2.1. Tempo elevado de paragens das máquinas

Num primeiro tempo, constataram-se paragens das máquinas derivado a problemas ao nível da logística interna. Essas paragens deviam-se ao atraso dos comboios logísticos em recolher os contentores cheios e deixar os contentores vazios próximos das máquinas, pela falta de alocação de materiais no momento previsto e pelo atraso dos empilhadores, tanto para desempenhar, por vezes, as mesmas tarefas que o comboio da rota PTN1, como para a alocação dos formatos nas máquinas.

O problema referido relacionado com o tempo na alocação dos formatos nas máquinas, derivado ao atraso dos empilhadores (Figura 60), implicavam tempos de paragens e uma diminuição do rendimento das prensas *transfer*.

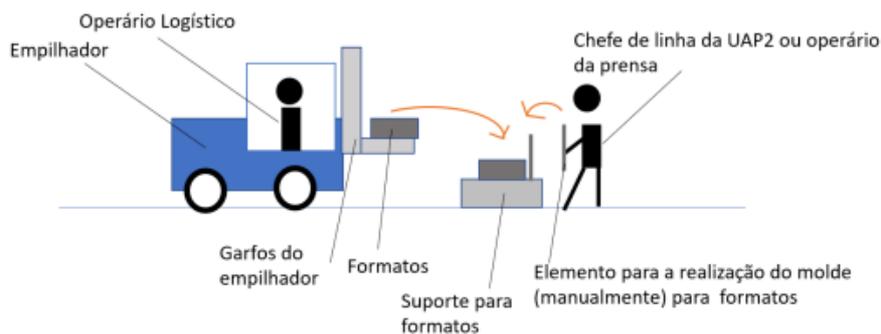


Figura 60: Problema relacionado com a alocação dos formatos nas máquinas

O empilhador chega próximo da máquina e coloca os formatos num suporte específico, que eram depois bloqueados por um elemento de moldura, colocado manualmente pelo chefe de linha da UAP2 ou por um operário da produção, a fim que esses formatos não escorregam quando esses mesmos são alocados nas máquinas por um braço automático (Figura 61).



Figura 61: Exemplo de suporte de formatos com os elementos de moldura postos manualmente

Através da Tabela 4, constatou-se o total de horas paradas, trimestralmente (entre janeiro e março), por cada máquina (PT001 e PT002) que correspondia em cerca de 26 horas durante os últimos três meses.

Tabela 4: Total de horas de paragens das máquinas, associado aos meses de janeiro, fevereiro e março, da UAP2

Prensas transfer	Horas de paragens
PT001	17:17:00
PT002	8:27:40
Total de horas de paragens	25:44:40

Na Figura 62 pode-se ver as principais causas dessas horas de paragens, no mesmo período.

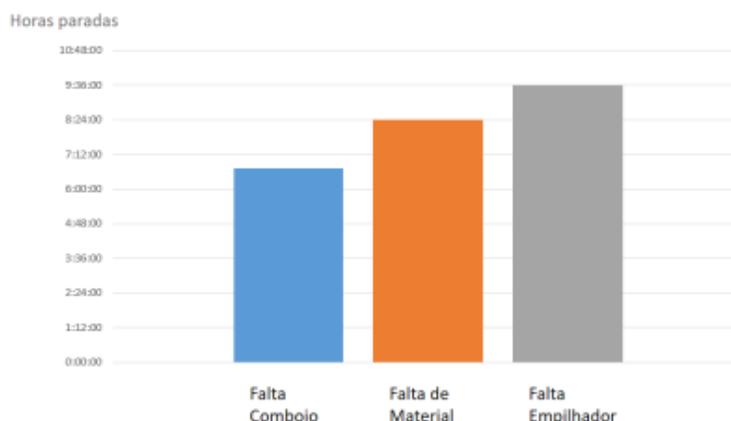


Figura 62: Distribuição das horas de paragens das máquinas da UAP2 devido a três causas principais referente aos meses de janeiro, fevereiro e março.

4.3.2.2. Tempo elevado de esperas

Como se viu na secção anterior, a causa de paragens das máquinas está associada à falta de comboio/empilhador ou material. Assim, existem muitas esperas em relação a cargas e descargas do comboio logístico.

Isto acontece porque o número de sub tarefas do condutor do comboio são elevadas, no sentido de irem para além de fazer a rota e deixar os contentores vazios no bordo da linha e recolher os contentores cheios. O condutor do comboio logístico também conduz o empilhador. Assim, o condutor coloca antes de iniciar a rota do comboio, com o empilhador, os contentores vazios dentro das carruagens e no final da rota retira os contentores cheios, que por si só, aumenta o nível de saturação ou sobrecarga de trabalho do condutor do comboio logístico. Deste modo, o nível de saturação do comboio logístico é significativo, e em muitos casos, o próprio operário logístico, não consegue chegar a tempo para alocar os contentores vazios e recolher os contentores cheios. Estima-se em média um nível de saturação do comboio logístico em cerca de 208,33%, como pode-se verificar na Figura 63, provando o facto do operário logístico estar a desempenhar tarefas extras (indicador da saturação do comboio explicado no Anexo III.

RECOLHA DE PT

Total de Plataformas recolhidas / hora	Ciclo del tren	MAXtransportadores	Numero de voltas / hora	Total de bases / volta	Numero de comboios calculado	Numero de comboios proposto	Saturação
25,00	30	6	2	12,50	2,08	1	208,33%

Valores calculados

Valores introduzidos manualmente

Figura 63: Cálculo do nível de saturação do comboio logístico PTN1 num software interno da empresa

Pelo facto de algumas máquinas serem abastecidas pelo empilhador, pode, por vezes, o condutor do comboio ter que realizar duas *check list* para iniciar o processo, que vem ao encontro do primeiro problema encontrado. No próprio circuito, existiam problemas em termos de espaço para os suportes rolantes onde se depositavam contentores vazios. Para os contentores cheios também não existia espaço suficiente para serem alocados, e daí que se encontrem no meio da rota a espera se o comboio ou os empilhadores pegam nesses mesmos.

Adicionalmente, devido a estas esperas, não era de estranhar que a tarefa logística pudesse ser feita por um outro operador para além do próprio operador do comboio. Consta-se deste modo, a não uniformização das tarefas do operador logístico do comboio PTN1 e um não aproveitamento dos benefícios associados ao conceito *Milk-Run*.

4.3.2.3. Falta de segurança e condições não ergonómicas

Ainda em relação ao trabalho do operador logístico e às suas condições de trabalho, de segurança e ergonómicas, este tem que, ao aproximar-se das máquinas, empurrar ou puxar os contentores cheios, onde as cargas das embalagens são significativamente pesadas (estima-se cargas de cerca de 500 a 850 Kg, podendo atingir 1200 Kg), o que torna difícil manusear os contentores situados no suporte rolante por parte dos condutores.

Para além disso, os próprios operários das máquinas que estavam a desempenhar as suas tarefas, têm que deixar estas para darem auxílio ao condutor do comboio a fim de empurrar/puxar o contentor nas carruagens do comboio. Esta situação leva a grandes riscos de LMERT, um aumento do tempo de ciclos das tarefas desempenhadas tanto dos operários das máquinas como do comboio logístico e uma elevada taxa de absentismo, rotatividade e *turnover* derivado à elevada dificuldade da tarefa. Esses problemas ergonómicos são abordados nas próximas secções (4.3.2.3.1, 4.3.2.3.2 e 4.3.2.3.3).

A estratégia da empresa em relação à avaliação ergonómica é destacada através dos três riscos ergonómicos mais representativos: Manipulação Manual de Cargas (MMC); Tarefas Repetitivas (TR);

Posturas Forçadas ou inadequada (PF), e define-se para cada um deles as metodologias adequadas. A partir daí, pode-se observar na Figura 64 o processo da análise ergonómica na Gestamp Cerveira.

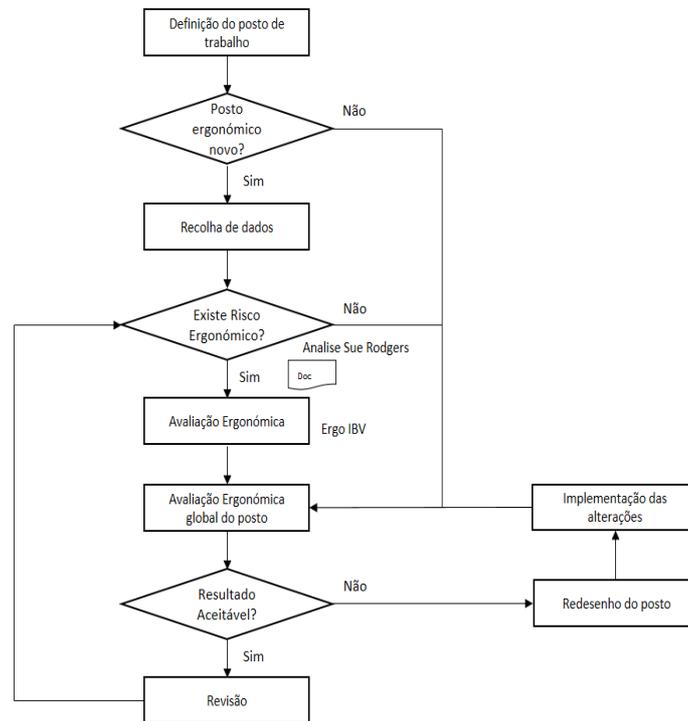


Figura 64: Fluxograma do processo da análise e avaliação ergonómica

Num primeiro tempo foram retirados dados concretos para a análise e avaliação ergonómica. Para fazer uma análise detalhada desses problemas ergonómicos, para além dos dados recolhidos, foi essencial a realização de filmagem, para a observação e deteção de problemas ergonómicos associados as máquinas PT001 e PT002, a fim de obter uma correta análise e avaliação ergonómica, eliminando possíveis erros que poderão afetar a representatividade da avaliação. Após a recolha de dados e os dois primeiros vídeos serem realizados em máquinas e família de peças diferentes, aplica-se o estudo de movimentos e de tempos, métodos e Amostragem do trabalho, que permite, num segundo tempo, aplicar a análise *Multi-momento*, a fim de verificar quantas observações devem ser feitas ao posto de trabalho, e por fim encontrar a proporção de tempo despendida pelos trabalhadores nas diversas atividades (Apêndice VII – Cálculo do numero de observações para estudo do trabalho).

De forma a perceber a distribuição dos tempos das subtarefas e processos dos operários logístico do comboio logístico PTN1, foi essencial entender a distribuição de tempo em cada etapa do processo, desde as subtarefas efetuadas na zona aguarda controlo, ao longo da rota, na recolha e na retirada dos contentores cheios e vazios.

Num segundo tempo foi efetuado, através da filmagem a recolha de tempos de ciclo de cada subtarefa, a percentagem de tempo dessas subtarefas em relação ao tempo total do processo. Constatou-se que o tempo do processo é 30 minutos. Desses 30 minutos, constatou-se que em 17% do tempo o operário logístico realiza tarefas com o empilhador na zona aguarda controlo, desde do abastecimento do comboio em contentores cheios e na recolha dos contentores cheios recolhido ao longo da rota. Constatou-se também que em média, em 47% do seu tempo, o condutor do comboio logístico realizava a rota pretendida e em 37% do tempo o operário logístico recolhia os contentores cheios e deixava os contentores vazios no bordo de linha (Figura 65).

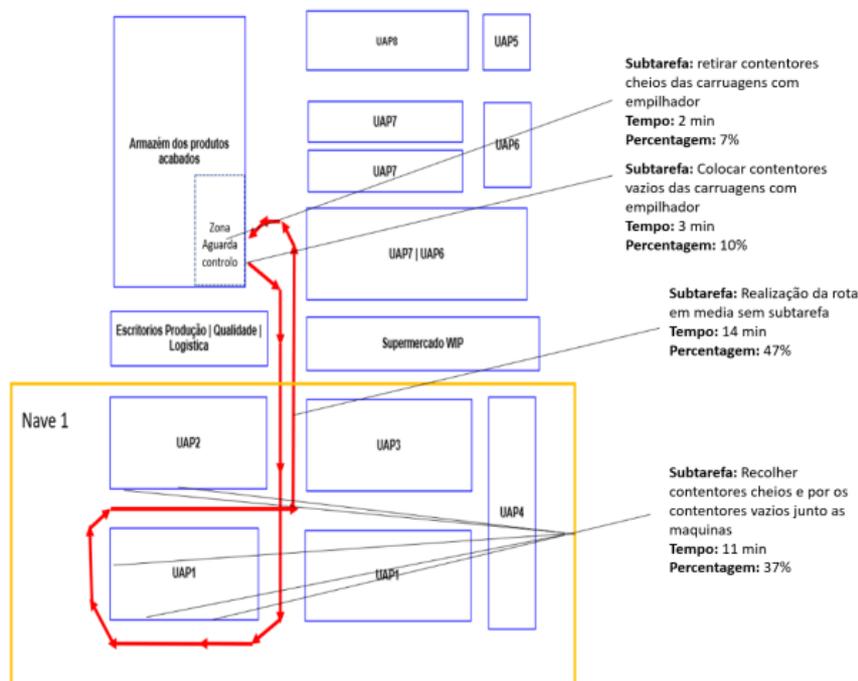


Figura 65: Análise e contagem de tempo médios de vídeos da rota PTN1

Tende em conta os seguintes factos, relacionados com a logística interna, esses mesmos aumentavam a taxa de absentismo e turnover, segundo informação da organização. Nas secções seguintes aborda-se com mais detalhe as forças, esforços e posturas nestas atividades.

4.3.2.3.1. Forças exercidas ao empurrar/puxar

Tal como referido na secção anterior, foram identificados problemas relacionados com as cargas de embalagem usadas nos processos logísticos pelos condutores dos comboios logísticos e aos operadores das máquinas PT001 e PT002, associadas à estampagem. Para fazer a análise detalhada a estes problemas, fez-se um levantamento de estudo de tempos usando para cálculo de observações a fazer uma folha Excel apresentada na Figura 169 do Apêndice VII – Cálculo do número de observações para estudo do trabalho e os dados recolhidos sobre as embalagens, referidos no Apêndice VIII – Registos de

dados: Postos de estampagem- Avaliação ergonómica que usou o documento da empresa presente na Figura 242: *Primeira folha de registo de dados para a avaliação ergonómica* (Anexo V – Documentos para avaliação ergonómica). Esses dados são retirados as informações sobre a máquina avaliada, a referencia das peças produzidas no momento da recolha de dados, o numero de peças por golpes, o número de peças produzidas por hora (peças/horas), a velocidade real (golpes/horas), os pesos iniciais e finais das embalagens, o peso da peça produzida, a quantidade de peças em cada contentor e o tipo e características de contentores situados a beira do posto de trabalho utilizado no momento da recolha de dados, desde das dimensões, peso e sobre elevação derivado ao suporte onde é inserido o contentor.

Através dos dados recolhidos presentes no Apêndice VIII – Registos de dados: Postos de estampagem- Avaliação ergonómica, constatou-se que as cargas das embalagens da UAP2 eram pesadas.

Identificaram-se ainda algumas situações que podiam ser de risco elevado, associado a problemas como o peso da maioria das embalagens usadas nas máquinas das prensas que era significativo e a sua manipulação por parte dos operadores, tanto das prensas como do comboio logístico. O estudo completo da avaliação ergonómica está apresentado no Apêndice IX – Estudo ergonómico: Análise e Avaliação ergonómica (MMC e posturas) e é explicado de seguida.

Estas situações podiam provocar LMERT assim como perdas de rendimento devido a paragens de máquinas já que, devido ao elevado peso das embalagens, os operadores tinham que ajudar o condutor do comboio a movimentar as mesmas, tal com referido na secção 4.3.2.1. Esta situação levava ao aumento do tempo de ciclo das tarefas, acabando por ter um impacto direto no fluxo físico de materiais. Devido ao referido problema, por um lado, existia uma diminuição da produtividade e da eficiência, uma taxa de absentismo elevada, despedimentos e rotatividade pelo facto de a tarefa ser de elevada dificuldade (a empresa não disponibilizou dados para que se pudesse calcular a taxa de absentismo). Por outro lado, existiam dificuldades em formar novos operadores para os comboios logísticos (Figura 66).



a)

b)

Figura 66: Fonte de problemas ergonômicos associado a UAP2: a) manuseamento dos contentores (embalagens); b) preenchimento dos contentores

Num primeiro tempo, foram medidas, através de um dinamómetro, as forças médias exercidas pelos operários, tanto das máquinas, como do comboio logístico (Apêndice X – Registo de dados: estudo com dinamómetro). O estudo das forças exercidas ao puxar e empurrar foi realizado através de um dinamómetro *Chatillon DPP 25Kg* (Figura 67).



Figura 67: Dinamómetro Chatillon DPP 25Kg

Constatou-se que as forças de arranque exercidas pelos operários tanto das máquinas e dos operários logísticos, quando uma pessoa puxava ou empurrava os contentores, dependia das posições dos rodízios, e podia ser superior a 20 Kgf (Apêndice XI – Estudo ergonómico : Empurrar/Puxar). Isto devia-se ao desenvolvimento mecânico dos rodízios (rodas), pois no momento de empurrar, a roda tomava sempre a direção para onde esta virada. Como se está perante rodas giratórias, para essas rodas girarem tinha que se exercer uma força, i.e. força de arranque, que permitia virar as rodas no sentido em que se pretendia alocar o contentor, neste caso nas carruagens do comboio PTN1. Para verificar a intensidade destas forças e esforço associado foi realizado um estudo que está na íntegra no Apêndice XII – Estudo associado ao problema dos rodízios e é descrito de seguida.

O problema acontecia quando os operários tentavam realizar essa rotação, tinham que rodar até um determinado momento, em que as rodas rodavam para estarem a 90 graus, entre o ponto inicial e o ponto final, para depois passaram essas rodas a 180 graus do sentido inicial. No entanto, os operários empurravam uma carga que era perpendicular ao esforço que devia ser exercido e que não estava

adaptada para ser realizada desta forma, devido ao esforço significativo exercido (Apêndice XII – Estudo associado ao problema dos rodízios - Figura 185). Essa discrepância de forças, entre a transição do momento inicial e o momento final, traduzia-se num esforço de arranque, ou esforço inicial e o esforço em movimento (Apêndice XII – Estudo associado ao problema dos rodízios - Figura 186).

Assim, fez-se o estudo dos rodízios para perceber esta diferença entre o esforço de arranque e o esforço em movimento. O estudo completo sobre os rodízios está no Apêndice XII – Estudo associado ao problema dos rodízios. Constatou-se que, em média, através do estudo com o dinamómetro (Figura 68), o valor da diferença entre a força do valor inicial ou de arranque e o valor da força em movimento, quando o contentor é empurrado por uma pessoa, é cerca de 53% e, com duas pessoas é cerca de 62%, por outro lado, quando se está a puxar o contentor com uma pessoa é cerca de 53%, quando são duas pessoas é cerca de 60%. Esta análise está apresentada no Apêndice XI – Estudo ergonómico : Empurrar/Puxar.



Figura 68: Estudo com o dinamómetro nas medições de forças do empurrar e puxar: a) Estudo do empurrar com o dinamómetro; b) Estudo do puxar com o dinamómetro

4.3.2.3.2. Pega das peças e bancada de trabalho

Um dos problemas associado aos riscos ergonómicos é a falta de *standard* de pegadas das peças antes de serem colocadas no contentor vazio, que por si só, representa uma causa concreta dos riscos ergonómicos associada as tarefas dos operários das máquinas. Para estudar melhor este problema, após calcular o tempo de ciclo associado à subtarefa da pega das peças antes de ser colocadas nos contentores, é calculado o número de observações necessárias para o estudo do trabalho, usando a fórmula de cálculo referido na secção 2.3.7.4, inserido numa folha de Excel referida na Figura 168 do Apêndice VII – Cálculo do número de observações para estudo do trabalho, e dos dados recolhidos, referidos no Apêndice VIII – Registos de dados: Postos de estampagem- Avaliação ergonómica, usando o documento da empresa presente na Figura 242: *Primeira folha de registo de dados para a avaliação ergonómica* do Anexo V – Documentos para avaliação ergonómica. Constatou-se que de facto, era essencial distinguir

os diferentes tipos de peças produzidas e ter em conta a quantidade média de peças que os operadores deviam pegar e pensar numa outra alternativa ao comboio logístico passando pela UAP2. Os resultados da análise e avaliação ergonómicas encontram-se no Apêndice IX – Estudo ergonómico: Análise e Avaliação ergonómica (MMC e posturas), na Tabela 34: *Resultados da avaliação ergonómica referente a cada filme* onde se encontram os resultados das avaliações ergonómicas, realizadas no software Ergo IBV, documento da empresa presentes nas Figura 243, Figura 244 e Figura 245 do Anexo V – Documentos para avaliação ergonómica, referente às observações (filme) realizadas.

Através do software Ergo IBV foi possível, usando a aplicação “redesenho”, verificar qual era o peso que permitia diminuir o índice de risco de LMERT (Peso da carga/PLR) (se for inferior a 1 não existe risco ergonómico, se for entre 1 e 2 existe risco ergonómico moderado, se for superior a 2 existe risco ergonómico elevado), baseado no método NIOSH, e assim, perceber que quantidade de peças deviam ser manipuladas em função de cada referência (Figura 69, Figura 70 e Figura 71).

Ergo/IBV - Manipulación Manual de Cargas - Simple - Levantamiento

Tarea: Operario pega nas peças e poem no contentor 1
 Empresa: Gestamp Cerveira Fecha: 15/01/2020

Observaciones: O operario realiza manipulação de cargas com peso superior a 3 Kg, sendo que cada peça pesa cerca de 2,53 e pegam em média 5 peças seguidas antes de colocar nos contentores, o que significa um peso de 12,67 Referencia: Maquina PT001 colocado no

Población: General

Variables

Duración: Larga **Peso de la carga (kg): 12,7** Frecuencia (lev/min): 0,830

	Origen	Destino
Posición horizontal (cm):	63,5	40,0
Posición vertical (cm):	87,0	80,0
Ángulo de asimetría (°):	120,0	70,0

Tipo de agarre: Regular Regular

Control en el destino

Operacion con 1 mano

Operación entre 2 personas

Tarea adicional

Índice: 2,97 1,45

Límite de Peso Recomendado (kg)

	LC	HM	VM	DM	AM	FM	CM	OM	PM	AT	LPR
Origen	25	0,39	0,96	1,00	0,62	0,77	0,95	1,00	1,00	1,00	4,28
Destino	25	0,63	0,99	1,00	0,78	0,77	0,95	1,00	1,00	1,00	8,74

Foto Video Inform Rediseño Aceptar Cancelar

Figura 69: Exemplo de índice ergonómico inicial

Ergo/IBV - Manipulación Manual de Cargas - Simple - Levantamiento - Rediseño

Tarea: Operario pega nas peças e poem no contedor 1

Empresa: Gestamp Corveira Fecha: 15/01/2020

Observaciones: O operario realiza manipulación de cargas con peso superior a 3 Kg, sendo que cada peça pesa cerca de 2,53 e pegam em media 5 peças pequenas antes de colocar nos contedores, o que significa um peso de 12,67 Referencia 1 [] [] Maquina PT001 colocado no []

Población: General

Variables

Duración: [X] Larga Peso de la carga (kg): [X] 3,7 Frecuencia (lev/min): [X] 0,830

Origen Destino

Posición horizontal (cm): 63,5 40,0

Posición vertical (cm): [X] 87,0 [X] 80,0

Ángulo de asimetría (°): [X] 120,0 [X] 70,0

Tipo de agarre: [X] Regular [X] Regular

Índice: 0,86 0,42

Límite de Peso Recomendado (kg)

	LC	HM	VM	DM	AM	FM	CM	OM	PM	AT	LPR
Origen	25	0,39	0,96	1,00	0,62	0,77	0,95	1,00	1,00	1,00	4,28
Destino	25	0,63	0,99	1,00	0,78	0,77	0,95	1,00	1,00	1,00	8,74

Aceptar Cancelar

Figura 70: Exemplo de índice ergonómico após observação do peso limite das cargas referente a peça em estudo

Población: General

Variables

Duración: [X] Larga Peso de la carga (kg): [X] 12,7 Frecuencia (lev/min): [X] 0,830

Figura 71: Aplicação da diminuição do peso da carga através do software Ergo/IBV

Através da análise, constatou-se que não existia possibilidade de normalizar as pegas das peças por tamanhos diferentes (tamanho pequena, media e grande) (Tabela 5).

Tabela 5: Análise das pegas das peças em função das referências e diminuição das cargas efetuadas através do software Ergo/IBV

Filme	Número de peças agarradas inicialmente	Peso de pega inicial (Kg)	PLR inicial	Peso de pega recomendado (Kg)	Número de peças a pegar em função de peso recomendado	Diminuição do peso (Kg)	PLR após pega recomendada	% diminuição de risco
1	5	12,5	2,97	3,7	1	-9	0,86	-71%
2	8	6,2	1,19	5,2	6	-1	0,99	-17%
3	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-
5	8	6,2	1,08	5,2	6	-1	0,91	-16%
6	7	5	1,26	3	4	-2	0,75	-41%
7	4	8,6	1,16	6,6	3	-2	0,89	-23%
8	7	9,1	1,55	5,1	3	-4	0,87	-44%
9	6	8	1,31	6	4	-2	0,98	-25%
10	4	13,4	2,56	4,4	1	-9	0,84	-67%
11	-	-	-	-	-	-	-	-
12	10	9,4	1,46	6,4	6	-3	0,99	-32%
13	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-
15	10	9,4	1,46	6,4	6	-3	0,99	-32%

4.3.2.3.3. Posturas

Uma consequência dos problemas ergonómicos referidos anteriormente são as posturas inadequadas que dizem respeito a realização de ambas as tarefas. Para além do estudo com o dinamómetro, através das visualizações de vídeos gravados, dos estudos de movimentos, de tempos, estudo de métodos, amostragem de trabalho, procedeu-se a uma análise de identificação de riscos ergonómicos através da metodologia Sue Rodgers (Apêndice IX – Estudo ergonómico: Análise e Avaliação ergonómica (MMC e posturas), Figura 172). Esta metodologia permite analisar, estudar e ponderar, numa escala de 1 a 3, o esforço, a duração e a frequência requerida para cada parte do corpo dos trabalhadores para a realização de uma tarefa, bem como a verificação do peso máximo da carga manipulada pelo operador.

Assim, foram medidos e calculados em função das sobrecargas das pegadas das peças estampadas pelos operários das máquinas e do peso das embalagens a serem puxadas e/ou empurradas por ambos os operários. Esta análise está no Apêndice IX – Estudo ergonómico: Análise e Avaliação ergonómica (MMC e posturas). De acordo com a análise Sue Rodgers as zonas mais atingidas são os ombros e as costas, como podemos observar na Figura 72.



Figura 72: a) Zonas críticas após análise ergonómica Sue Rodgers; b) Zonas atingidas pelas tarefas dos operários das prensas *transfer*

Posteriormente, foi realizada a avaliação ergonómica, num primeiro tempo das tarefas dos operadores das máquinas da UAP2, avaliação da movimentações manuais de cargas (MMC), baseado na metodologia NIOSH, e das posturas inadequadas, baseado na metodologia OWAS, ambas realizadas pelo software Ergo/IBV (**Erro! A origem da referência não foi encontrada.**, que permitiu observar que existiam, de facto, riscos ergonómicos na maioria das análises, maioritariamente riscos moderados (Apêndice IX – Estudo ergonómico: Análise e Avaliação ergonómica (MMC e posturas) - Tabela 34: *Resultados da avaliação ergonómica referente a cada filme*).

Foi ainda realizada a avaliação ergonómica dos operários logísticos do comboio PTN1, através da avaliação de posturas inadequadas, baseado na metodologia OWAS (Anexo V – Documentos para avaliação ergonómica - Figura 245). Através desta avaliação constatou-se que nas subtarefas puxar/empurrar, o risco de contrair LMERT por parte dos operários é muito elevado, ou seja, Nível 4 (Apêndice IX – Estudo ergonómico: Análise e Avaliação ergonómica (MMC e posturas)- Tabela 34: *Resultados da avaliação ergonómica referente a cada filme*).

4.3.2.4. Falta de experiência e setups

Para além dos problemas encontrados ao nível da logística interna e de ergonomia, existia falta de experiência ao nível dos processos produtivos, tendo em conta a tecnologia, a mão-de-obra e a parte técnica, pelo facto do processo ser relativamente novo dentro da organização, e por ainda haver falta de experiência de um ponto de vista geral.

Para além disso, ao nível dos processos produtivos, existiam problemas ao nível dos ajustes dentro das máquinas, fazendo parte dos *setups*, pelo facto da própria garra do formato pré-cortado provocar um desregulamento ao nível do tempo de *setup* da máquina, na colocação das ferramentas. Os ajustes não são simples, provocando perdas de tempo significativas na mudança de ferramentas (moldes), principalmente para ajustar as garras (Figura 73).

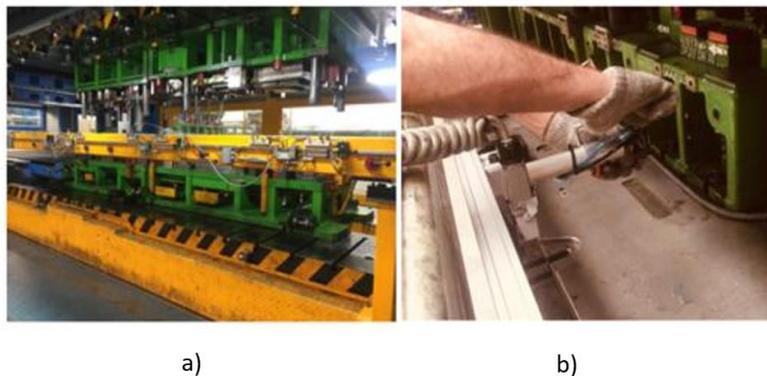


Figura 73: Situação geral das manutenções das prensas transfer: a) Ferramentas colocadas; b) Manutenção e ajustes das garras

4.3.2.5. Elevado WIP

Por fim, é de realçar, que existia muito stock de matéria-prima e outros localizados ao mesmo tempo dentro da UAP2, e na organização no ponto de vista geral. Muitas vezes, enquanto a matéria-prima esperava junto das máquinas, chegava, entretanto, a matéria-prima para a produção do próximo lote. Esta gestão levava a muitos riscos, pelo facto de haver matéria-prima estagnada e uma falta de espaço de armazenamento notável. Não existia interesse por parte da organização, em ter peças estampadas

estacionadas dentro da fábrica, provocando um aumento de stocks, aumentando os custos de armazenamento e o aumentando do tempo de espera aos clientes finais.

4.3.3. Layout desadequado da Nave 1 e UAP2

A Gestamp Cerveira é uma empresa fundada há mais de vinte anos, onde a organização, a realidade e as exigências do mercado evoluíram ao longo do tempo. Nos primeiros cinco anos após a sua criação, a Gestamp dedicava-se à produção de peças estampadas e soldadura pedestal (manual). Só existia a Nave 1 onde se encontravam as linhas de prensas e um espaço reduzido para as máquinas de soldadura. Ao longo do tempo, a empresa incorporou a Nave 2, construída para a colocação de novas linhas de prensas, que depois foi se juntando à Nave 1. Em meados dos anos 2000, as células de soldadura apareceram, num primeiro tempo células de soldadura pedestal (manuais), onde foram implementados na Nave 2. Ao longo do tempo foram incorporados outro tipo de células de soldaduras. Para além disso, nesses últimos anos, várias obras foram feitas de forma a melhorar as expedições dos produtos para os clientes e o descarregamento de matéria-prima dentro da organização para os fornecedores.

Em relação à UAP2, inicialmente uma linha de estampagem de pequenas tonelagens, que ao longo do tempo, pelo facto dos processos produtivos serem ineficientes, devido à passagem das peças de uma máquina para outras ao longo do processo de produção de uma dada peça, várias máquinas de processos progressivos foram implementadas para evitar os movimentos excessivos de materiais WIP, eliminando assim as máquinas de estampagem de pequenas toneladas no local da UAP2. No início dos anos 2010, o local da UAP2 serviu como área da classificação, situado atualmente na Nave 3, cuja essa área é de uma grande importância para o controlo da qualidade das peças.

Entretanto, surgiu o projeto da prensa *transfer* e em 2012, a máquina PT001 surgiu. Passando cinco anos, em 2017 a PT002 surgiu, proporcionando o estado atual da UAP2. Deste modo, várias máquinas de prensas foram implementadas ao longo do tempo, o que limitou o espaço da implementação das novas máquinas *transfer*. No momento da sua implementação, foi considerado o melhor local para a sua inserção dentro da organização. Na Figura 74 pode-se observar o layout atual das linhas de estampagem situada na Nave 1.

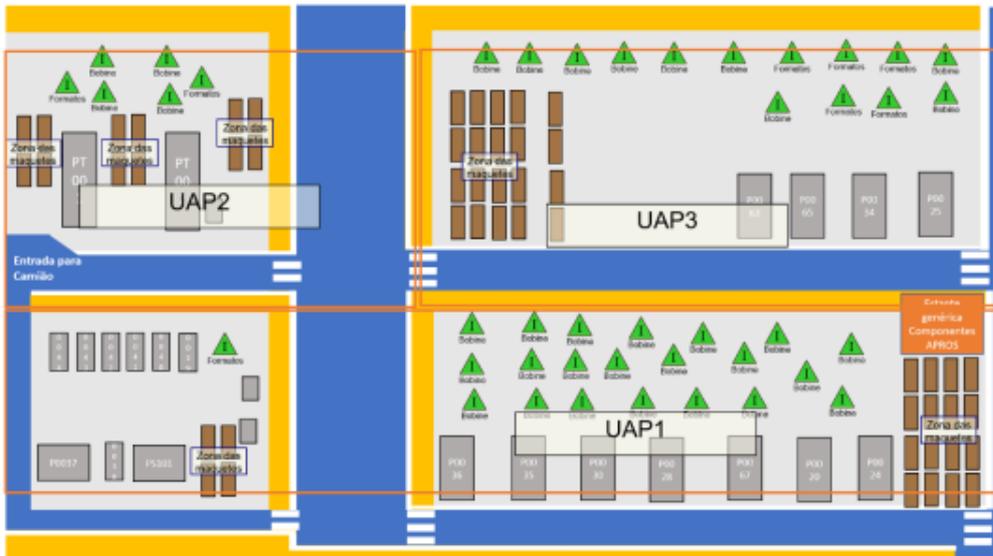


Figura 74: Layout atual da UAP2, incorporando só a parte das linhas de estampagens

No entanto, o que antigamente era o ideal, hoje já não é assim. Deste facto, constataram-se vários desperdícios em termos de esperas, movimentações e transportes de materiais. A própria rota de comboio PTN1 e a organização das tarefas dos empilhadores provocavam os desperdícios associados (Figura 75).

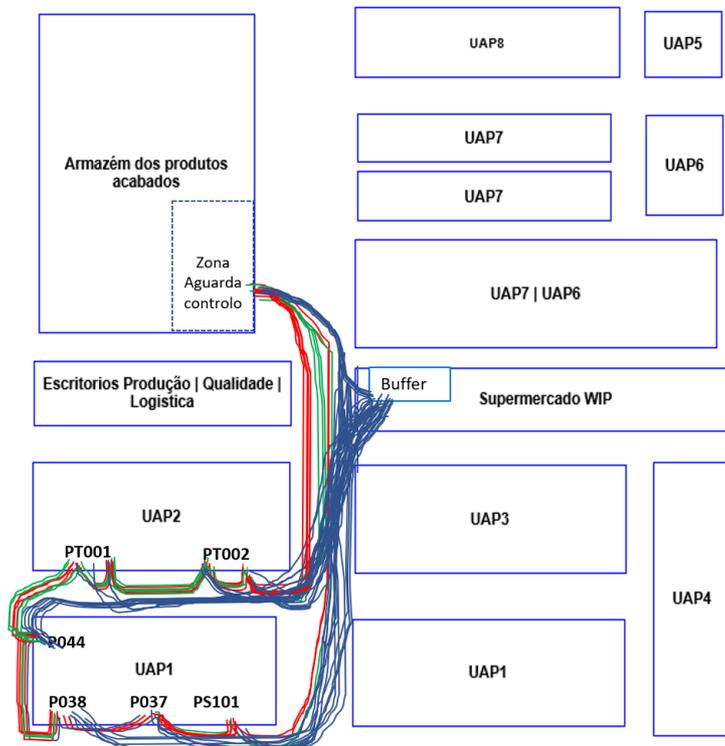


Figura 75: Diagrama de spaghetti entrando e saindo da UAP2 e parte da UAP1

Em relação aos movimentos, esses eram desnecessários pela complexidade do fluxo de informação e a relação entre produção e logística interna. Para além disso, o transporte e o abastecimento atual são

críticos e existia a necessidade de encontrar outras alternativas para melhorar o fluxo físico de materiais, sendo o percurso dos materiais estimado entre 113 e 135 metros. Devido a problemas da logística interna, relacionados com a saturação do comboio logístico PTN1, problema referido na secção 4.3.2.2., muitos desses levavam a paragens das máquinas que provocavam esperas para os operários da produção continuarem as suas tarefas (Figura 76).

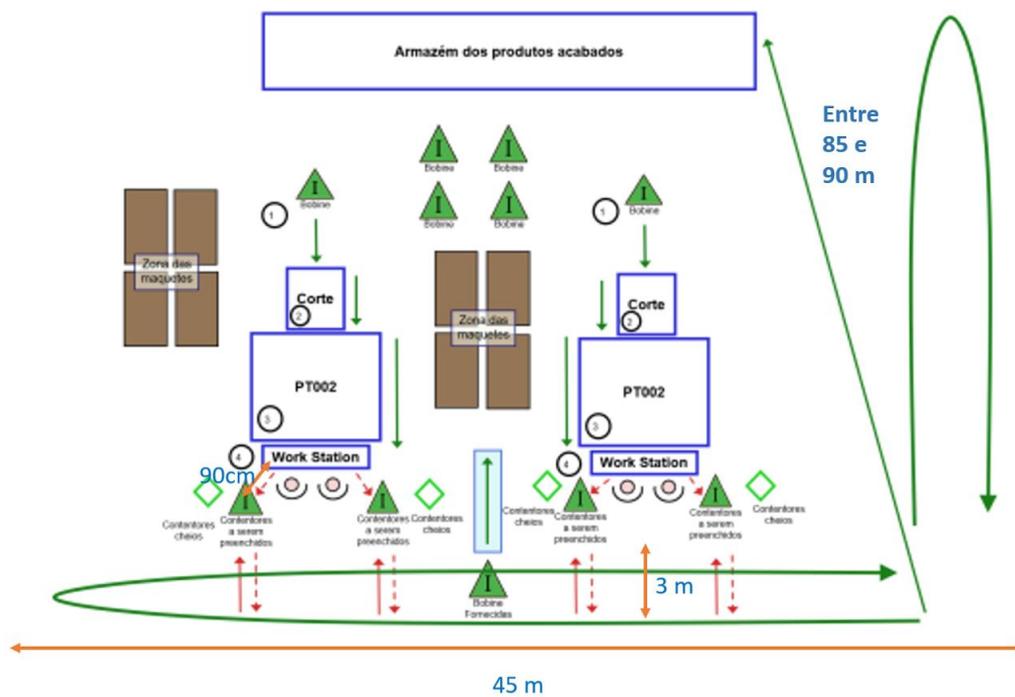


Figura 76: Fluxo atuais, abastecimento e distancias na UAP2

4.4. Síntese dos problemas identificados

Com base no estudo realizado, que visou a identificação e análise dos problemas associados à unidade autónoma de produção 2 (UAP2), constataram-se vários problemas associados tanto ao nível da logística interna, da ergonomia, da produção e também em relação à própria organização do espaço físico da unidade autónoma de produção.

No que diz respeito a problemas ao nível de produção, existiam vários derivados da ligação com a logística interna, tanto ao nível do fornecimento de matérias-primas em excesso como a produção de peças estampadas em excesso, provocando falta de espaço dentro da organização e um aumento dos custos associados. Ao nível de *setups*, tendo em conta os vários processos possíveis e realizáveis por parte da máquina (*progressivos*, *transfer por bobine* e *transfer por formato*) como também ao nível da mão-de-obra qualificada, não possui a experiência necessária para trabalhar com as prensas *transfer*.

Existiam também problemas ergonômicos associados, onde se identificaram algumas situações de risco, derivados das subtarefas de empurrar/puxar os contentores cheios, onde as cargas das embalagens eram significativamente pesadas, tornando-se difícil o manuseamento dos contentores situados no suporte rolante por ambos os operários.

Por fim, tendo em conta a organização da fábrica no presente, constatou-se que a organização atual das linhas de estampagens da Gestamp Cerveira, situada na Nave 1, proporcionava desperdícios em termos de esperas, movimentações e transportes de materiais, onde a própria rota do comboio logístico PTN1 e a organização das tarefas dos empilhadores levavam a esses desperdícios (Tabela 6).

Tabela 6: Resumo dos problemas/desperdícios identificados na UAP2

Área	Problema/Desperdícios identificados	Causa	Consequências
Cadeia de valor da família de produtos selecionada	<ul style="list-style-type: none"> - Sobre processamento - Sobrecarga de trabalho - Deslocações/ Manuseamento difíceis 	<ul style="list-style-type: none"> - Características das peças estudadas; - Características das embalagens; - Má conceção do posto de trabalho e das tarefas associadas a outras implementações cruciais para a realização das operações; - Mecânica dos rodízios (rodas) 	<ul style="list-style-type: none"> - Grandes riscos de LMERT e desconforto na realização da tarefa, riscos elevados ao nível ergonómico, tanto pelos operários das máquinas como dos comboios logísticos; - Dificulta o manuseamento das embalagens - Esforços de empurrar/puxar contentores - Discrepâncias significativas entre forças de arranque (inicial) e forças em movimentos na deslocação das embalagens (contentores)
UAP2	<ul style="list-style-type: none"> - Excesso de movimentos - Elevados Transportes de materiais - Elevadas deslocações - Sobre processamento - Excesso de Stock de matéria-prima - Falta de espaço - Esperas associadas a logística interna - Falta de informação devido a falhas no fluxo de informação - Elevados Setups - Não aproveitamento dos benefícios o comboio logístico 	<ul style="list-style-type: none"> - Layout desadequado; - Ineficiência na utilização do comboio logístico e empilhadores na UAP2; - Desorganização da UAP2; - Falta de experiência; - Setups; - Elevado WIP; - Riscos ergonómicos; - Falta de normalização de trabalho. - Falta de informação derivado a paragens das máquinas derivado a logística interna - Implementação ineficiente do comboio logístico na UAP2 	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento do tempo de ciclos das tarefas desempenhadas dos operários e - Perda de tempo significativos na mudança de ferramentas (moldes), - Movimentações transportes que não acrescentam valor, que por si só proporcionam esperas (paragens) nas máquinas <i>transfer</i>; - Situação crítica no transporte e o abastecimento atual na UAP2; - Paragens das máquinas, que proporcionam esperas para os operários das máquinas para continuar as suas tarefas; - Aumento de tempo na colocação dos contentores nas carruagens do comboio; - Muitas tarefas associadas e um aumento do nível de saturação; - Aumento de tempo na realização das <i>Check list</i>; - Redução do espaço físico e aumento dos custos de armazenamento; - Operário logístico não tem conhecimento das paragens das máquinas. - Paragens das máquinas derivado a falta de abastecimento; - Ineficiencia na utilização do comboio logístico na UAP2.
Nave 1	<ul style="list-style-type: none"> - Excesso de movimentos - Elevados transportes de materiais - Elevadas deslocações - Sobre processamento - Excesso de Stock - Esperas associadas a logística interna - Falta de informação derivado de falhas no fluxo de informação - Não aproveitamento dos benefícios o comboio logístico numa parte da Nave 1 - Fluxo de empilhadores elevados 	<ul style="list-style-type: none"> - Layout desadequado; - Ineficiência na utilização do comboio logístico e empilhadores na Nave 1; - Desorganização da Nave 1; - Falta de normalização de trabalho; - Setups; - Elevado WIP. - Falta de informação derivado a paragens das máquinas derivado a logística interna - Implementação ineficiente do comboio logístico na UAP2 	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento do tempo de ciclos das tarefas desempenhadas dos operários e perda de tempo significativos na mudança de ferramentas (moldes), principalmente para ajustar as garras; - Movimentações transportes que não acrescentam valor, que por si só proporcionam esperas (paragens) nas máquinas; - Situação crítica no transporte e o abastecimento atual na UAP2 - Paragens das máquinas, que proporcionam esperas para os operários das máquinas para continuar as suas tarefas. - Paragens das máquinas derivado a falta de abastecimento proporcionando um aumento da utilização de empilhadores

No capítulo seguinte apresentam-se propostas a fim de promover a melhoria das condições de trabalho, bem como possibilitar melhorias dos níveis de produtividade e eficiência do posto de trabalho do condutor do *Milk-Run* e dos operadores das máquinas, de forma a resolver os problemas encontrados e elevar o nível de satisfação dos operadores face às condições de execução das tarefas. Estas propostas passam ainda pela implementação de novas tecnologias reconhecidas para a logística interna dentro de uma organização, através do estudo e análise de possíveis alternativas tecnológicas mais recentes, associado ao contexto da indústria 4.0 para o transporte e manipulação de cargas.

5. APRESENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIAS

Neste capítulo apresentam-se as propostas de melhoria e projetos que visam melhorar e resolver os problemas encontrados na UAP2, tendo por base as ferramentas *Lean* para solucionar os problemas identificados no capítulo anterior. Os planos de ações de melhoria para cada um dos problemas são apresentadas através da ferramenta 5W2H para a Nave 1 e UAP2 (genéricos) (Tabela 7), condições de trabalho da UAP2 (ergonómicos) (Tabela 8) e problemas de abastecimento das máquinas e das trocas de referências de embalagens na UAP2 (logísticos) (Tabela 9).

Tabela 7: Plano de ações para problemas associados à Nave 1 e UAP2

What? (O que?)	Why? (Porquê?)	How? (Como?)	Who? (Quem?)	Where? (Onde?)	When? (Quando?)	How much? (quanto custa?)
Estudo de um novo layout	Elevados transportes	reorganização das máquinas e abertura de corredores	Tiago Afonso, Melhoria contínua e Métodos	UAP2	março e abril	
Molde automático e de grua de ponte para formatos	Elevados tempos para preparação das máquinas (Setups)	Proposta de incorporação de um molde automático e grua de ponte	Tiago Afonso, Melhoria contínua e Métodos	UAP2	março e abril	
Introdução de painel digital na UAP2	Falta de informação da família de produto	Elaboração de um painel digital a múltiplas funções, nomeadamente para a planificação semanal da produção	Tiago Afonso, Melhoria contínua e Métodos	UAP2	março e abril	1500 euros a 3000 euros

Tabela 8: Plano de ações para problemas das condições de trabalho da UAP2

What? (O que?)	Why? (Porquê?)	How? (Como?)	Who? (Quem?)	Where? (Onde?)	When? (Quando?)	How much? (quanto custa?)
Redesenho das bancadas	Riscos ergonómicos (Forças exercidas/pega das peças/Posturas),	Redesenho das bancadas de trabalho	Tiago Afonso, Melhoria contínua e SST	UAP2	março e abril	
Standard work	Falta de normalização do trabalho	Realização de um Standard Work para a UAP2	Tiago Afonso, Melhoria contínua, logística e SST	UAP2	março e abril	
Utilização de exosqueleto	Forças exercidas e posturas inadequadas, elevado risco de LMERT	Estudo sobre exosqueleto	Tiago Afonso, Melhoria contínua, logística e SST	UAP2	março e abril	3000 euros
Ginástica laboral	Tarefas levando a posturas inadequadas	Estudo e elaboração da ginástica laboral	Tiago Afonso, Melhoria contínua, logística e SST	UAP2	março e abril	
Rotatividade do posto de trabalho	Elevado risco de LMERT nas tarefas de produção na UAP2	Organização da rotatividade de postos de trabalho	Tiago Afonso, Melhoria contínua, logística e SST	UAP2	março e abril	
Formação contínua	Organizar e atualizar as informações, nomeadamente em termos de segurança	Organização da formação contínua	Tiago Afonso, Melhoria contínua, logística e SST	UAP2	março e abril	

Redenho de rolantes	Riscos ergonómicos elevados (Forças exercidas/Posturas), e discrepâncias entre forças de arranque e forças em movimentos ao empurrar as embalagens	Veiculo motorizado	Tiago Afonso, Melhoria contínua, logística e SST	UAP2	março e abril	
---------------------	--	--------------------	--	------	---------------	--

Tabela 9: Plano de ações para problemas abastecimento das máquinas e trocas de referencias de embalagens da UAP2

What? (O que?)	Why? (Porquê?)	How? (Como?)	Who? (Quem?)	Where? (Onde?)	When? (Quando?)
Incorporação de AGV ou MIR (Projeto AGVN1)	Melhorar o fluxo físico de materiais (cadeia de valor interna), e reduzir o tempo de abastecimento e troca de embalagens das máquinas	Estudo de mercado de AGVs <i>Standard</i>	Tiago Afonso, Melhoria contínua e logística	UAP2	Abril e Maio
		Estudo da viabilidade física do projeto (Simulação 3D)			
		Estudo da viabilidade económica e ecológica			

Os conceitos chave do projeto foram o *Lean*, a logística e a ergonomia, pretendendo-se através destes a eliminação das tarefas inadequadas do ponto de vista da ergonomia e melhorar as condições dos trabalhadores, melhorar o fluxo físico de materiais dentro da organização e aumentar a produtividade dos operadores das prensas e do comboio logístico.

Adicionalmente, pretendeu-se atingir estes objetivos propondo a implementação de novas tecnologias de transportes associadas à indústria 4.0, como por exemplo a implementação de um *Automated Guided Vehicles* (AGV) ou um *Mobile Industrial Robot* (MIR). Para o estudo da introdução do AGV usou-se a simulação 3D de forma a observar quais seriam os benefícios associados a incorporação dos mesmos, sendo que nessa simulação se apresenta uma avaliação de mudanças propostas ao sistema existente, neste caso ao processo do comboio logístico PTN1, comparando com um possível projeto incorporando AGVs ou MIRs. A Figura 77 apresenta a integração das áreas das propostas e as ferramentas de suporte.

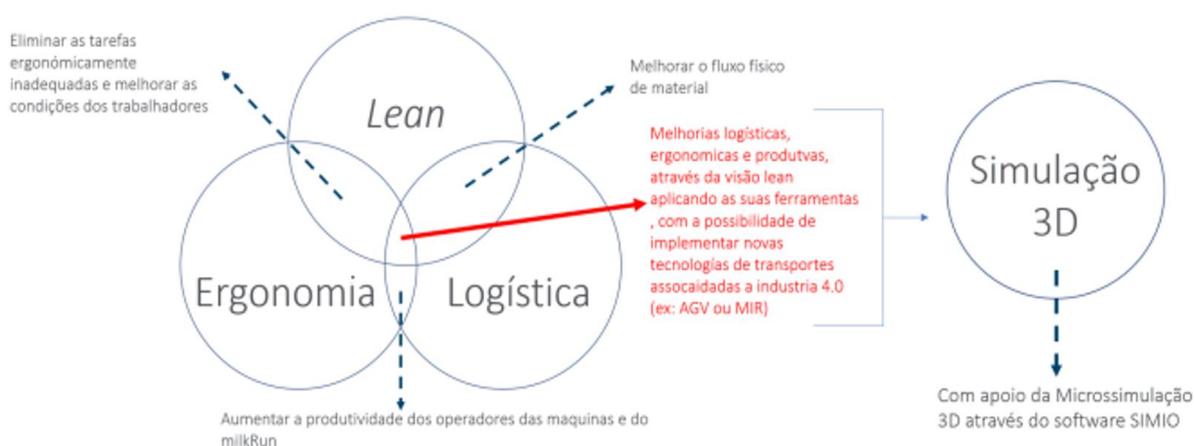


Figura 77: Áreas abrangentes do projeto de dissertação

5.1. Reconfiguração do Layout

A fim de melhorar o desempenho da Nave 1 e melhorar os vários problemas associados tanto ao nível da logística interna, da ergonomia, da produção e também em relação da própria organização do espaço físico da unidade autónoma de produção, é necessário estudar uma nova configuração de layout. O desempenho do sistema depende de todas as linhas de estampagem da Nave 1, nomeadamente, a UAP1, UAP2 e a UAP3, que estão todas interligadas, ao nível da programação e planeamento da produção e da logística interna, tanto no que diz respeito aos movimentos dos empilhadores e do comboio logístico PTN1 e do comboio logístico APROS (Rota 1 e 2).

5.1.1. Desenho do layout adequado no momento atual

Deste modo, foi realizado um estudo do layout existente, considerando aquele que seria mais desejável para as linhas de estampagem da Nave 1. O pressuposto é a possibilidade de configurar o layout com a possibilidade de mover qualquer máquina e o fluxo de produção de cada uma. A partir daí, fez-se uma proposta de um layout desejável, observado na Figura 78, a sua nova organização, incorporando também a nova prensa PT003 que será instalada este ano.

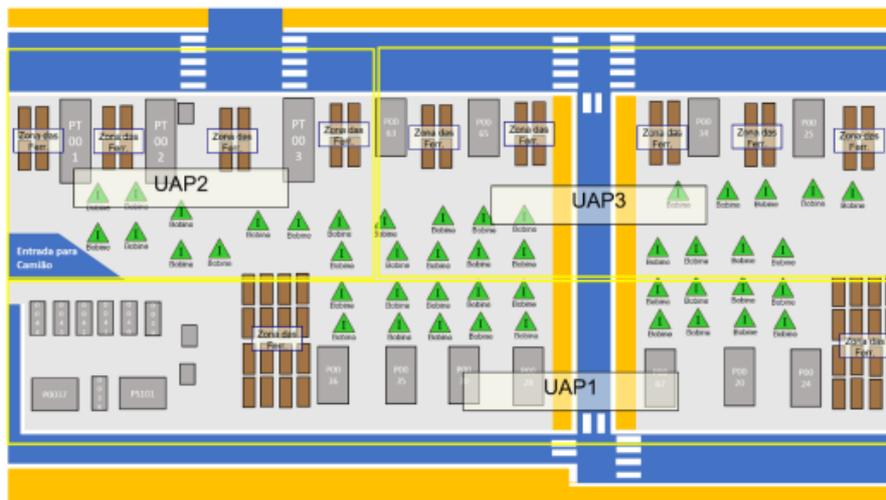


Figura 78: Organização de um layout considerado como desejável

Os critérios usados para a definição deste layout foram: a simplificação do fluxo, a facilidade de abastecimento, a redução de distâncias entre máquinas, a redução de movimentações, deslocções e stocks de materiais, melhorias na alocação das matérias-primas (bobines e formatos), das ferramentas (moldes) e as melhorias em termos de segurança para os operários (produção e logística).

Para este layout será necessário a reorganização das máquinas como também dos próprios materiais encontrados, desde das matérias-primas (bobines e formatos) como também as ferramentas (moldes) associadas a cada máquina (Figura 79).

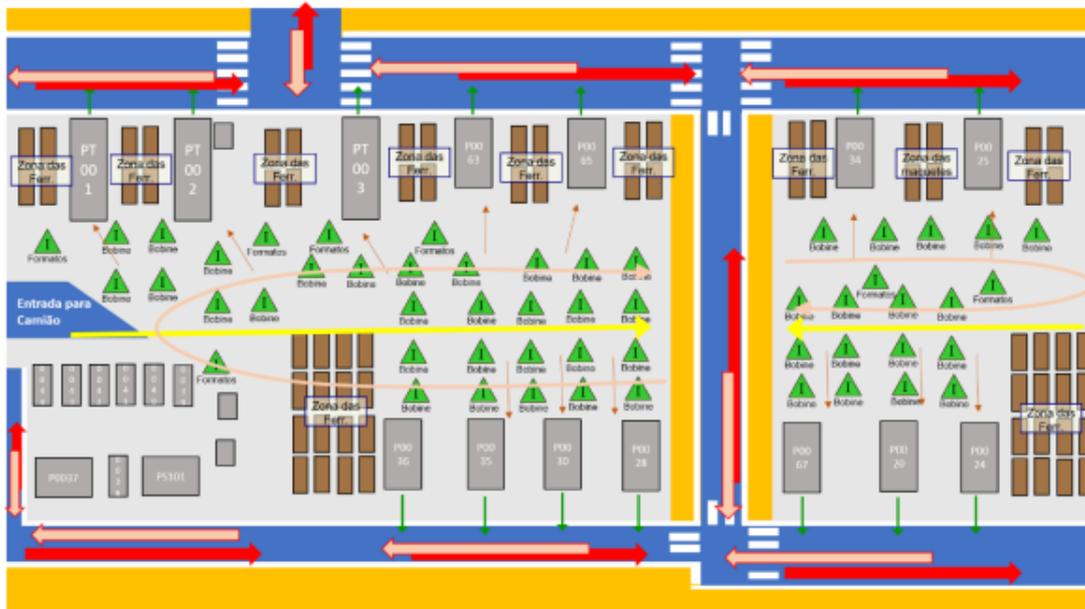


Figura 79: Fluxo de materiais nas linhas de estampagem da Nave 1 associado ao layout desejável

Através deste layout pode-se observar a movimentação das matérias-primas, da sua chegada dentro da organização, ou seja, uma reorganização que facilita a chegada das matérias-primas dentro da organização, até à incorporação das mesmas nas máquinas respetivas, e os movimentos dos comboios logísticos e empilhadores na Nave 1.

Através da Figura 80, pode-se observar que esse layout permite eliminar os movimentos de materiais que não acrescentavam valor para a organização, diminuindo as esperas associadas à logística interna e melhorando assim a produtividade. Referente à UAP2, as movimentações dos contentores cheios ou vazios entre a zona de aguarda controlo e a unidade autónoma de produção são feitas de forma eficiente, eliminando as tarefas que não acrescentam valor.

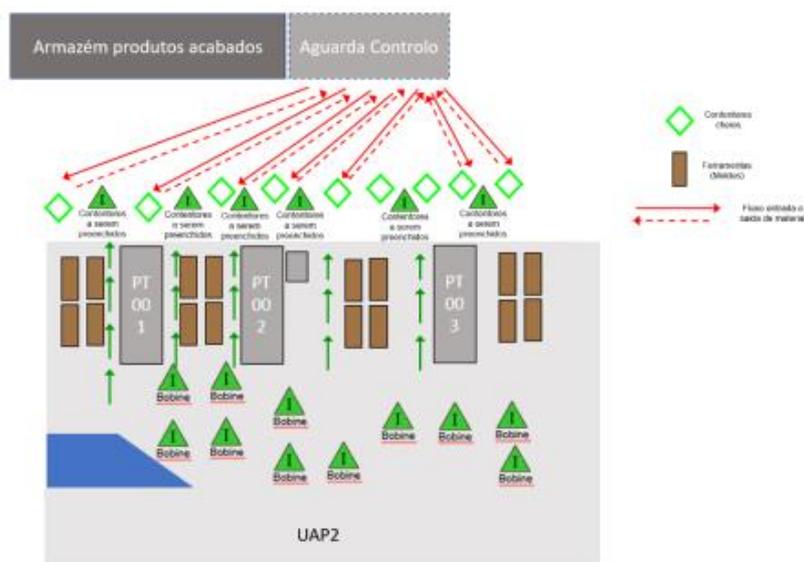


Figura 80: Representação dos movimentos e dos fluxos de materiais após o desenho do layout desejável.

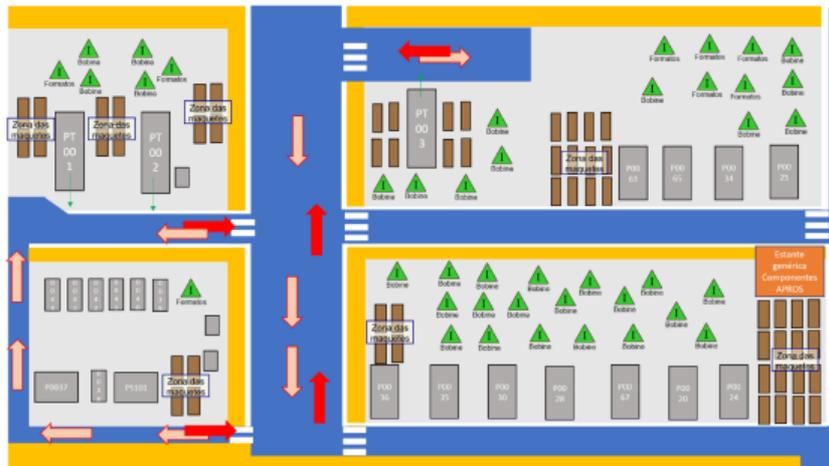


Figura 82: Layout das linhas de estampagem com o fluxo das embalagens levadas pelos empilhadores ou comboios logísticos

5.1.3. Segunda proposta do desenho do layout adaptado à situação atual

Através do layout anterior, constatou-se que a melhor solução perante a situação e os objetivos atuais e a longo prazo da organização, é realizar dois novos corredores que contornem a nova prensa, representado na Figura 83.



Figura 83: Layout das linhas de estampagem com abertura dos corredores que contornam a PT003.

Desta forma, existe uma flexibilidade nas movimentações dos materiais e dos transportadores de materiais, sejam empilhadores, comboios logísticos ou AGV, como apresentado na Figura 84.

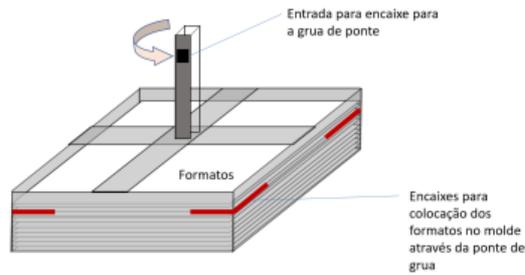


Figura 85: Sistema desenhado em 3D dos encaixes para colocação dos formatos no molde automático

Por fim, é posto um encaixe final para que a ponte de grua levante os formatos para serem colocados no molde automático. Depois dos formatos serem colocados no molde automático, os encaixes são retirados (Figura 86).

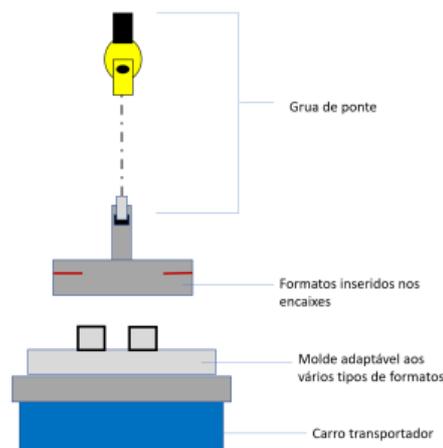


Figura 86: Esquema da alocação dos formatos no molde automático

5.2.2. Molde automático para formatos

De forma a automatizar a colocação dos formatos no molde para bloqueá-los de forma a não escorregarem quando esses mesmos são alocados nas máquinas por um braço automático, efetuado atualmente de forma manual por um chefe de linha ou por um operador de produção, foi pensado num molde automático, que se encaixe em função da forma dos formatos (Figura 87).

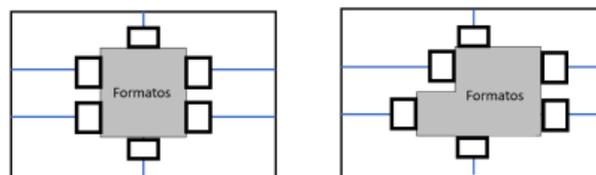


Figura 87: Adaptação dos elementos de moldura em função das formas dos formatos

A Figura 88 mostra o molde automatizado em 3D e os movimentos dos elementos de moldura de forma automática.

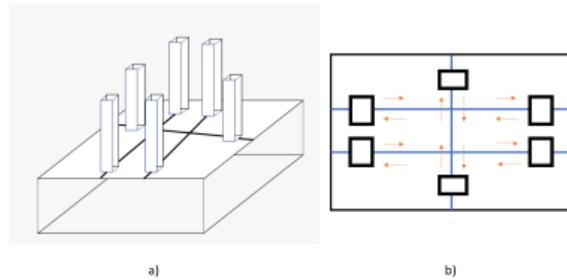


Figura 88: Representação do molde automatizado: a) representação 3D b) representação dos movimentos dos elementos de moldura

O molde automático é inserido em cima de um carro transportador (Figura 89), alocado num lugar adequado para uma boa manobra da grua de ponte aquando a manipulação da mesma para a colocação dos formatos no molde.

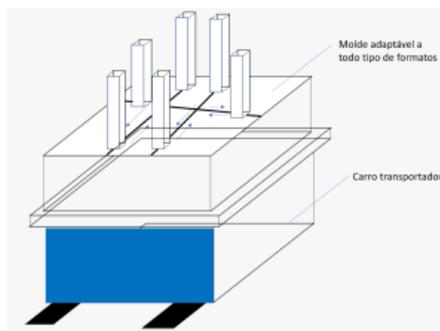


Figura 89: Molde automático inserido em cima do carro transportador

Depois de serem inseridos os formatos, o carro transportador dirige-se para a máquina no seu local estipulado na zona de alocação de matérias-primas situada na parte de trás das prensas (Figura 90).

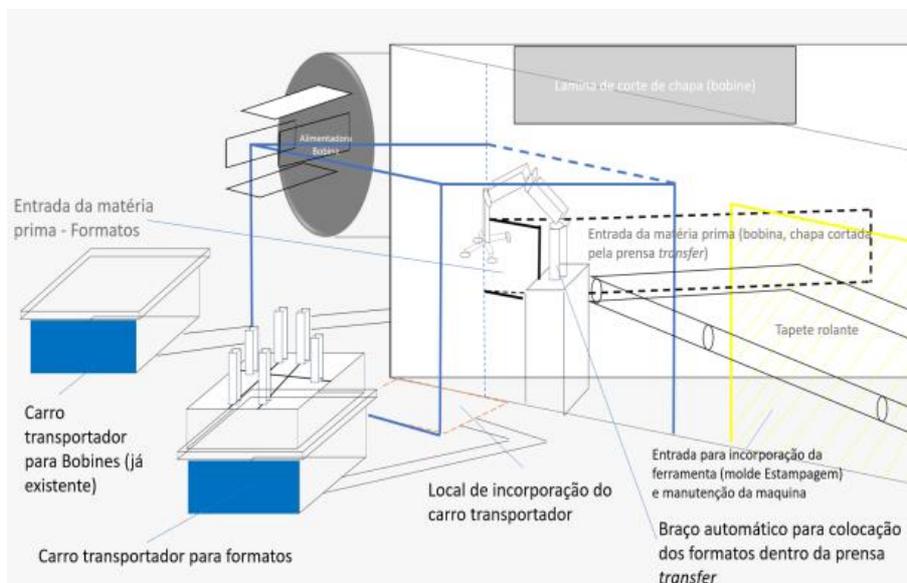


Figura 90: Zona de alocação de matérias-primas das prensas

5.3. Painel digital para planeamento da produção

Relativamente a descrição do fluxo de informação da família de produtos referido no capítulo anterior, secção 4.3.1.1.2, no que diz respeito ao fluxo de informação das peças em serie, constata-se um processo de planeamento da produção arcaico. Desta forma, a incorporação de um painel digital para o planeamento da produção torna-se uma proposta adequada perante o problema.

Na descrição do fluxo de informação em peças em pré-serie, referiu-se que o planificador da produção se organiza através de um sistema de cartões *Kanban* de produção. No entanto, essa organização é feita no painel de planificação situado a entrada da UAP2 de forma manual (Figura 91).



Figura 91: Painel de planificação da produção da UAP2

De modo a digitalizar o processo de planeamento da produção, estipula-se a possibilidade de incorporar um painel digital, no lugar do painel atual. Num primeiro tempo, o painel digital disponibilizaria a informação relacionada com o planeamento da produção e seria incorporado o acesso a instruções de trabalho para os operários das prensas dentro do mesmo painel, referente ao *Standard Work* (secção 5.5.8).

Relativamente ao planeamento semanal da produção, seria entregue a informação de forma digital e explícita ao chefe de linha da UAP, através de um sistema de *Kanban* virtual, ou seja seria incorporado um processo de controlo e sistema virtual para o processo de produção, contemplado através de sinalizações visuais adaptadas às rotinas atuais do planeamento (Figura 92).

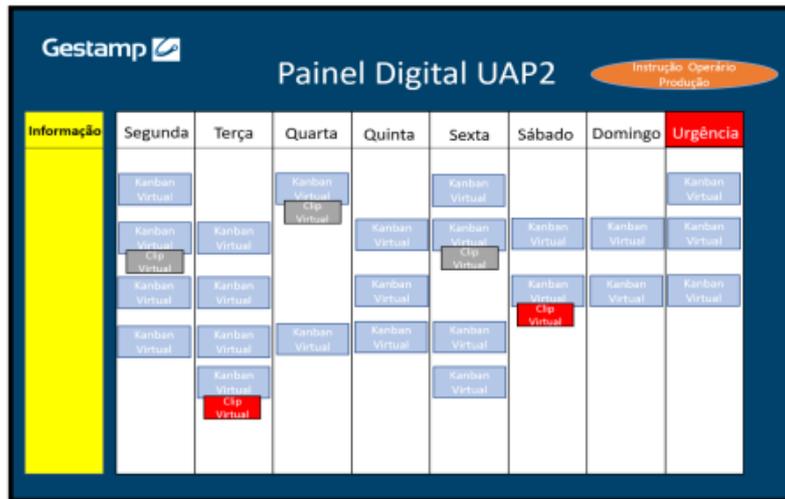


Figura 92: Proposta de painel digital para a UAP2 com a informação do planeamento de produção

Neste caso poderiam ser usados “clips” virtuais de duas cores diferentes, uns cinzentos que permitissem perceber quais dos lotes a produzir não possuíam matéria-prima adequada a ser alocada na máquina, e uns vermelhos que permitiria identificar as avarias de ferramentas (moldes), referido na secção anterior, de forma a manter a organização atual, mas de forma virtual. A partir daí a produção seria planificada de forma clara diariamente com a capacidade e possibilidade do momento, podendo observar-se a necessidade de reajustes na planificação da produção, mas de uma forma digital.

O preço estimado para a implementação de um ecrã digital na UAP2, sendo este um ecrã tátil, situa-se entre mil e quinhentos euros e três mil euros.

5.4. Propostas de melhoria para as condições de trabalho na UAP2

Nesta secção, abordam-se todas as ações e propostas de melhorias ergonómicas associadas as condições de trabalho e dos operários das prensas *transfer* e dos operários logísticos do comboio PTN1.

5.4.1. Melhorias para as condições de trabalho dos operários das prensas *transfer*

A partir dos problemas ergonómicos referidos no estudo realizado a ambos os operários, esta secção aborda estratégias de melhorias ergonómicas para os operários das prensas *transfer* da UAP2. A partir da análise dos problemas ergonómicos da UAP2, referidos no capítulo anterior (secção 4.3.2.3), associadas às tarefas dos operários das prensas *transfer* tornou-se essencial abordar as medidas de melhoria adequadas de forma a eliminar/reduzir os problemas encontrados.

5.4.1.1. Redesenho das bancadas de trabalho

De acordo com o estudo ergonómico associado ao cálculo antropométrico realizado na UAP2 (Apêndice XIII – Estudo antropométrico), foi sugerido o redesenho dos postos de trabalho de forma a minimizar os problemas encontrados, em relação aos operários das máquinas, de forma a reduzir os riscos de LMERT e melhorar as condições de trabalho dos operadores da produção. Constatou-se que a altura da bancada adequada para a tarefa desempenhada pelos trabalhadores das máquinas da UAP2 deve ser entre 930mm (i.e 93 cm) e 960 mm (i.e. 96 cm) (Apêndice XIII – Estudo antropométrico). O redesenho das bancadas, sendo estas reguláveis, tem como objetivo proporcionar uma melhor postura dos trabalhadores, de acordo com as dimensões antropométricas e facilitar a realização dos movimentos efetuados para as tarefas. Esse redesenho permite diminuir as cargas musculares e proporcionar um melhor desempenho das tarefas realizadas por parte do operário da produção da UAP2 (Figura 93).

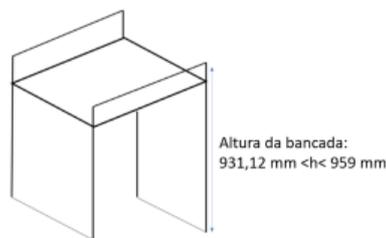


Figura 93: Altura recomendada das bancadas de trabalho

5.4.1.2. Gestão visual associada às melhorias ergonómicas

Perante o problema referenciado na pega das peças por parte dos operários das PT001 e PT002, no capítulo anterior, secção 4.3.2.3.2, associado ao estudo ergonómico da UAP2, referente ao apêndice II, uma das propostas de melhoria, é implementar a gestão visual que permite mostrar a informação relativa a Tabela 5 da secção 4.3.2.3.2. Essa informação poderia ser incorporada no ecrã de informação produtiva associada as prensas da UAP2 (Figura 94).



Figura 94: Prensas *transfer* com o ecrã informativo

Pretende-se, para além da informação produtiva por cada referência já existente, incorporar um aviso sobre as quantidades de peças que devem ser recolhidas de cada vez que uma referência de peça é produzida (Figura 95). Através desta informação, o chefe de linha da UAP2 deve averiguar se essas medidas de melhorias ergonómicas são respeitadas.

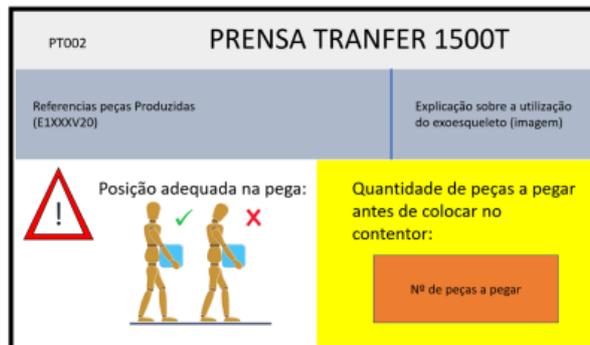


Figura 95: Informação e aviso associado a pega das peças no ecrã das prensas

5.4.1.3. Braços automáticos para pega de uma peça de cada vez

De acordo com a Tabela 5 da secção 4.3.2.3.2, constata-se que algumas peças devem ser recolhidas uma de cada vez por parte dos operários. Por um lado, essa tarefa pode ter benefícios, mas por outro lado pode levar a outros problemas, nomeadamente, a um aumento das tarefas repetitivas que podem proporcionar risco de lesões musculoesqueléticas (LME). Desta forma, uma possível proposta de melhoria seria implementar braços automáticos próximo das bancadas das prensas que seriam utilizados para a produção de peças que devem ser recolhidas uma de cada vez (Figura 96).

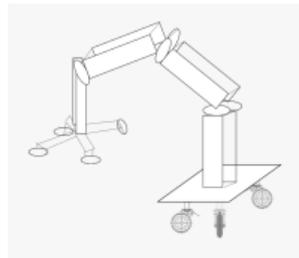


Figura 96: Desenho 3D de um braço automático possível para ser implementado à beira das máquinas

Esses braços automáticos pegam nas peças uma de cada vez e colocam diretamente no contentor de forma adequada para que os movimentos dos braços sejam eficientes e rápidos para colocar a peça dentro do contentor e voltar à bancada de trabalho para pegar novamente na peça (Figura 97).

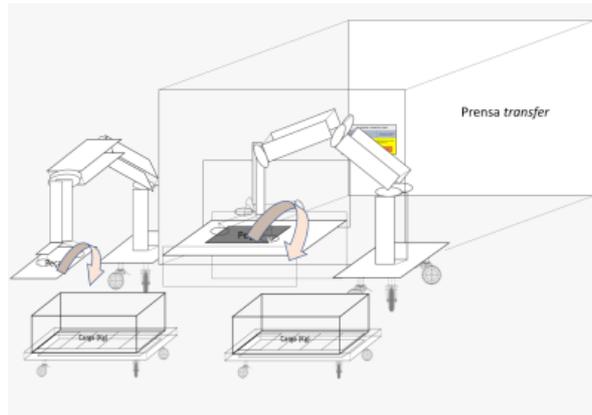


Figura 97: Esquema em 3D da implementação dos braços e dos contentores abeira de uma prensa

O preço estimado para esses dois braços automáticos é cerca de vinte e dois mil euros (onze mil euros para cada braço automático).

5.4.1.4. Exoesqueleto para eliminar as posturas inadequadas

Perante o problema referido na secção 4.3.2.3.2, após o estudo ergonómico associado ao MMC e às posturas inadequadas realizado na UAP2 (Apêndice IX – Estudo ergonómico: Análise e Avaliação ergonómica (MMC e posturas)), a proposta de melhoria passou por testar um exoesqueleto de apoio dorsal para flexões repetitivas da coluna e tarefas com a coluna fletida, para melhorar as condições ergonómicas dos colaboradores de produção das máquinas PT001 e PT002 durante as operações (Apêndice XIV – Descrição do exoesqueleto para eliminar as posturas inadequadas). O objetivo seria libertar os colaboradores das prensas *transfer* de tarefas que exigem um grande esforço físico, e assim implementar exoesqueletos ocupacionais para suporte da zona lombar, pelo facto de as tarefas exigirem levantamentos frequentes de objetos pesados que estão associadas a um risco aumentado de lesões.

Desta forma um dispositivo auxiliar de elevação pessoal (PLAD), referido e explicado mais detalhadamente no Apêndice XIV – Descrição do exoesqueleto para eliminar as posturas inadequadas, é considerado como adequado para os problemas ergonómicos encontrados nas tarefas dos operários das prensas *transfer*, e estima-se um investimento de cerca de três mil euros.

5.4.1.5. Organização do plano de rotatividade dos postos de trabalho

A Gestamp Cerveira pretende incorporar de forma eficiente a rotação de postos de trabalho como uma técnica de intervenção capaz de agir positivamente ao nível da prevenção das lesões musculoesqueléticas relacionadas com o trabalho (LMERT).

A rotação entre os postos de trabalho é considerada como uma ferramenta de melhoria contínua para melhorar a produtividade, a qualidade dos produtos fabricados e a prevenção de LME.

O objetivo desta proposta de melhoria foi organizar e elaborar um plano de rotatividade dos postos de trabalho de forma clara e eficiente, ou seja, uma proposta de planeamento de rotatividade. Para isso foi usado o Excel (Figura 98), de forma a organizar claramente e eficientemente o plano de rotatividade dos postos de trabalho. Desta forma, o plano foi organizado da seguinte forma:

- **Dados:** refere-se à incorporação dos dados para planear de forma eficiente a rotatividade dos postos de trabalho.
- **Plano:** refere-se ao planeamento da rotatividade dos postos de trabalho semanalmente.
- **Quantificação (UAP):** refere-se à quantificação das atividades de cada colaborador por UAP, ou seja, permite perceber quantas vezes é que um operário trabalhou numa dada UAP por semana.
- **Quantificação (UAP-Máquinas):** refere-se à quantificação das atividades de cada operário de produção por máquinas da UAP, ou seja, permite perceber quantas vezes é que um operário trabalhou numa dada UAP.

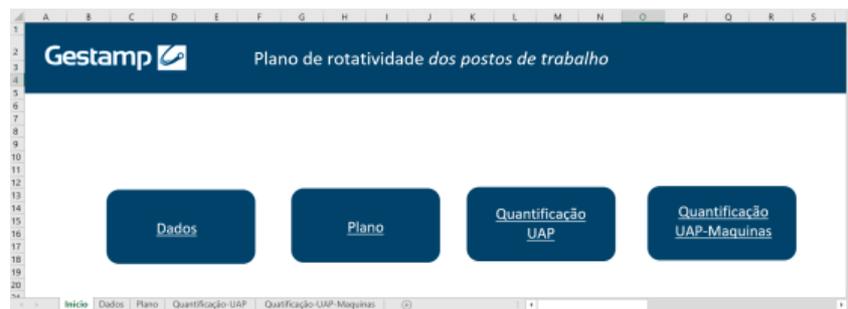


Figura 98: Página inicial do Excel associada às formações contínuas

Esta proposta está detalhada no Apêndice XV – Organização do rotatividade de postos de trabalho. Com esta proposta espera-se prevenir as LME e doenças do foro psicológico derivadas do trabalho repetitivo, aumentando as competências técnicas e conhecimento dos colaboradores.

5.4.1.6. Plano de implementação de ginástica laboral

Uma das propostas de melhoria da saúde musculoesquelética dos operários da UAP2 foi a implementação da ginástica laboral (GL) na sua rotina. O objetivo foi realizar uma organização para sua implementação.

De forma a estruturar a proposta da implementação da ginástica laboral na UAP2, a proposta foi detalhada em vários campos de organização, que são interligadas entre si:

- **Local da prática a ginástica laboral na UAP2:** refere-se à análise do melhor local para a prática da ginástica laboral dentro da UAP2.
- **Estruturação:** refere-se a análise da relação entre os operários, os postos de trabalho e as tarefas.

- **Planeamento:** refere-se à aplicação de uma matriz de elaboração de plano de aula.
- **Execução:** refere-se à elaboração das aulas de ginástica laboral.
- **Painel digital para a ginástica laboral:** refere-se a uma proposta de digitalização da proposta da ginástica laboral.
- **Avaliação do programa ginástica laboral:** refere-se à avaliação da implementação do programa de ginástica laboral no seio da organização por parte dos colaboradores.

Esta proposta está detalhada no Apêndice XVI – Plano de Ginastica Laboral. É de realçar, que o programa deverá ser estudado por todos os departamentos da empresa, e por si só, sugere-se um intervalo de tempo de 7 a 10 minutos antes de cada turno de trabalho, de forma que todos os colaboradores da organização realizem ao mesmo tempo a prática da ginástica laboral.

5.4.1.7. Organização do plano de formação contínua

Existe uma grande importância na formação contínua dos trabalhadores no contexto das transformações técnico-organizacionais, condição que é indispensável para a melhoria da competitividade das empresas (Fonseca, 2008). O grau de importância e o contributo da aprendizagem ao longo do tempo e a intervalos regulares permite vários benefícios para a organização, do ponto vista do acréscimo na qualidade do desempenho das tarefas e do nível de produtividade aumentado.

Dentro da organização, as formações podem ser feitas nos postos de trabalho ou em salas específicas. Essas salas estão situadas no *Open Space*, em duas salas de reuniões, a sala KPI's e a sala OEE (Figura 99).

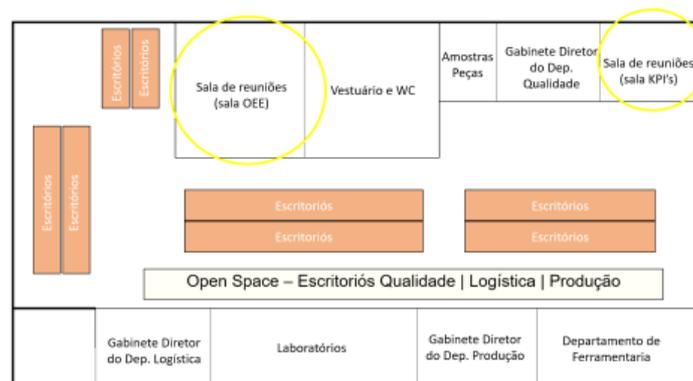


Figura 99: Layout do *Open Space*, com as salas de reuniões distinguidas

O objetivo desta proposta de melhoria, foi de organizar e elaborar um plano de formações de forma contínua a intervalos regulares, para que os colaboradores da organização estivessem sempre atualizados como também, possibilitar o aumento das oportunidades de aprendizagem através da formação. Desta forma, tornava-se necessário realizar uma proposta de implementação e organização

das formações contínuas de forma clara e eficiente. Esta proposta será inserida num primeiro tempo para os trabalhadores do Open Space e para os operários da produção, e posteriormente após comprovação, para todos os trabalhadores da empresa. Para este fim usou-se o Excel. Na Figura 100 apresenta-se a visão geral do plano do excel que se organizou em três folhas:

- **Organização:** refere-se à organização da formação, colaboradores, cargos, turnos, a área de formação e os tópicos que serão abordados durante a formação.

- **Controlo:** refere-se ao controlo de frequência das formações, ou seja, o número de formações realizadas dependentemente da UAP, das áreas e dos cargos que receberem a formação.

- **Panorama:** refere-se ao conjunto de gráficos, que interprete o controlo de frequência das formações, através de uma visão global.

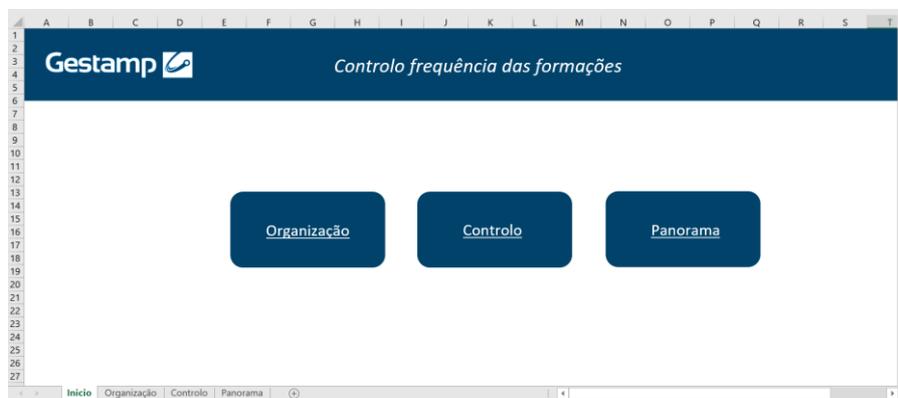


Figura 100: Página inicial do Excel associado as formações contínuas

Esta proposta é explicada em detalhe no Apêndice XVII – Organização do plano de formação contínua, que por outro lado estipula a possibilidade de reduzir o número de folhas utilizadas para registar a presença dos colaboradores nas formações (Figura 209).

5.4.2. Melhorias para as condições de trabalho dos operários logísticos do Milk-Run PTN1

Nesta secção apresentam-se as melhorias ergonómicas adequadas de forma a eliminar/reduzir os problemas encontrados e descritos no capítulo anterior (secção 4.3.2.3), relativamente às tarefas dos operários logísticos do comboio PTN1.

5.4.2.1. Propostas para rodízios e bases rolantes

Após o estudo associado ao problema dos rodízios (Apêndice XII – Estudo associado ao problema dos rodízios), várias estratégias de melhorias teriam de ser implementadas, nomeadamente verificar e encontrar alternativas relativamente a vários tipos de rodas, à configuração das bases rolantes e relativamente à altura das bases rolantes.

Desta forma, foram colocadas nas bases rolantes, seja para o estudo para o tipo de rodas adequadas, seja para as várias configurações de bases rolantes, duas peças específicas em dois contentores diferentes. Esses dois contentores com as seguintes peças, dizem respeito aos contentores com as peças inseridas no estudo ergonômico (Empurrar/Puxar) efetuado com o dinamômetro (Apêndice XI – Estudo ergonômico : Empurrar/Puxar), na realização das duas filmagens para o operário do comboio logístico PTN1, localizado no Apêndice VII – Cálculo do número de observações para estudo do trabalho - Figura 169. As características dessas peças encontram-se na Tabela 10 e

Tabela 11. Esta análise das forças exercidas ao empurrar/puxar esses contentores também foi efetuada usando o dinamômetro *Chatillon DPP 25Kg* (Figura 67).

Tabela 10: Dados relativos para a peça nº1 e o contentor C0012

Peça	Contentor	Dados para o estudo			
Peça nº1 	C00123 	Peso das peças	2,15 kg		
		Quantidade de peças p/contentores	230 pç		
		Peso contentor	Inicial	129 kg	
			Final	623 Kg	
		Comprimento	713 mm		
		Largura	990 mm		
		Altura	870 mm		
		Altura da palete incorporada Solo	250 mm		

Tabela 11: Dados relativos para a peça nº2 e o contentor C0080

Peça	Contentor	Dados para o estudo			
Peça nº2 	C0080 x4 	Peso das peças	0,5kg		
		Quantidade de peças p/contentores x4	960 pç		
		Peso contentor x4	Inicial	136kg	
			Final	616Kg	
		Comprimento	713 mm		
		Largura	555mm		
		Altura	500 mm		
		Altura da palete incorporada Solo	250mm		

5.4.2.1.1. Tipos de rodas para rodízios

Através do estudo dos rodízios (Apêndice XII – Estudo associado ao problema dos rodízios), tornou-se necessário verificar o material de revestimento das rodas, que neste momento são de poliuretano para além dessas quatro configurações de bases rolantes. De forma a decidir quais são os revestimentos, a

escolha é apoiada através de um estudo realizado pelo fornecedor Mecanarte, sobre a resistência inicial ao avanço de diferentes tipos de rodas, referido na Figura 101 (Mecanarte a), 2020).

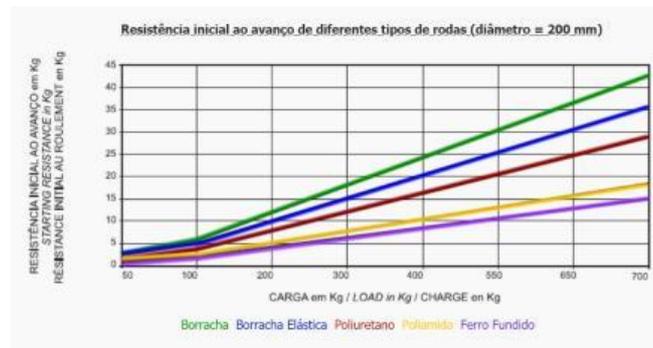


Figura 101: Estudo sobre a resistência inicial ao avanço de diferentes tipos de rodas (Mecanarte a), 2020)

Através desse estudo referido na Figura 101, constatou-se que o tipo de rodas que permitia um menor esforço inicial de arranque, relativamente às rodas em poliuretano foram as rodas de ferro fundido e poliamida (Figura 102). No entanto refere-se que a resistência ao rolamento é cerca de 50% à resistência inicial ao avanço. Deste modo o estudo será baseado através dos rodízios com rodas de tipo ferro fundido e poliamida, comparando com os rodízios com rodas do tipo poliuretano.



Figura 102: Os diferentes tipo de rodas utilizadas para o estudo (Mecanarte b), 2020)

Existia também a necessidade de incorporar rodízios (com o tipo de revestimento de roda) com tamanhos adequados nas bases rolantes. Desta forma, foram realizadas pesquisas sobre as rodas mais adequadas para o estudo, onde se destacou três tipos de rodas. Esses três tipos de rodas são referidos na Tabela 12, que refere a empresa fabricante, a referência dos rodízios e os seus dados técnicos, cujo as legendas dos dados/termos técnicos desses mesmos, encontrem-se na Tabela 35 no Apêndice XII – Estudo associado ao problema dos rodízios.

Tabela 12: Dados técnicos sobre os tipos de rodízios para o estudo (Mecanarte b), 2020)

Empresa Fabricante	Rodízio	Dados Técnicos						
		 (mm)	 (mm)	 (mm)	 (mm)	 (mm)	 (mm)	 (Kg)
Mecanarte-Metalúrgica da Lagoa, Lda	Ref: 261465 	200	50	243	60	138x110	80x60x11	250
		125	40	160	60	136x120	108x78x11	300
Mecanarte-Metalúrgica da Lagoa, Lda	Ref: 254662 	125	35	160	60	136x120	108x78x11	350
		125	35	160	60	136x120	108x78x11	350

5.4.2.1.2. Implementação e análise dos diferentes tipos de rodas

Com a implementação de diferentes tipos de rodas, poliuretano, ferro fundido e poliamida, sendo as rodas de tipo poliuretano já existentes nas bases rolantes atuais da organização e onde será a base de comparação entre os outros tipos (poliamida e ferro fundido), estas foram implementadas numa base rolante com a configuração existente (Figura 103).

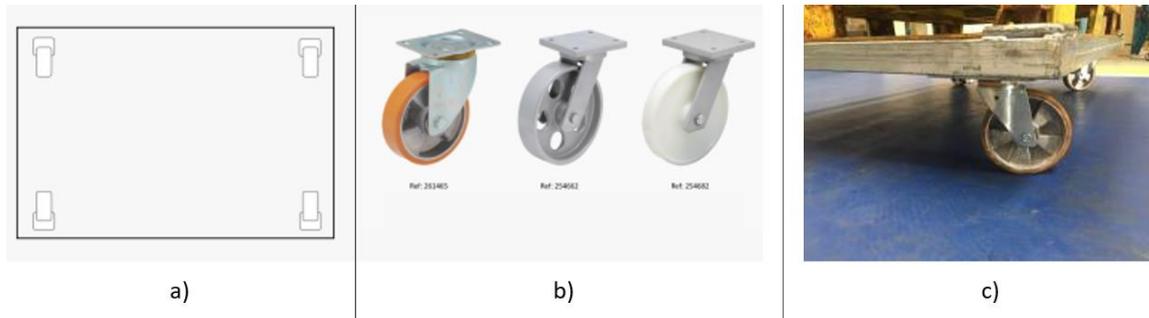


Figura 103: Elementos para o estudo: a) configuração de bases rolantes utilizado, b) rodízios com os diferentes tipos de rodas; c) Exemplo de bases rolantes com rodízios com tipo de rodas poliuretano

Desta forma, foi estudado o impacto, ao nível ergonómico, da implementação de cada tipo de rodas através do dinamómetro, para analisar as forças de arranque (forças iniciais) e as forças em movimento (forças de manutenção), ao empurrar/puxar os contentores em estudo com os diferentes rodízios na seguinte configuração de bases rolantes.

Antes de efetuar o estudo e perceber a relação entre as forças exercidas e o estudo do tipo de rodas a serem inseridas, é necessário referir quais foram as posições das rodas antes de empurrar/puxar o contentor. Desta forma a posição das rodas tiveram impacto nas forças analisadas. Observa-se a disposição das rodas sendo que em todos os casos, as rodas são dispostas de forma casual (Figura 104 e Figura 105).

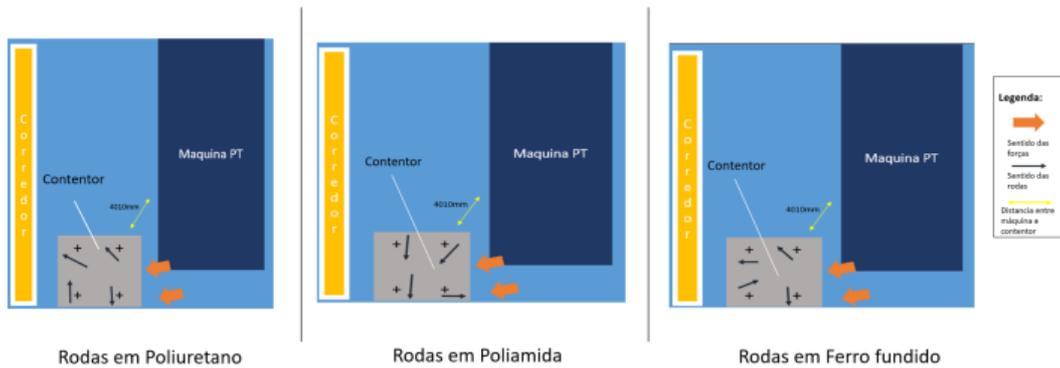


Figura 104: Disposição das rodas no momento de iniciar o empurro dos contentores, dependentemente do tipo de rodas inseridas nas bases rolantes para contentores contendo peças n°1

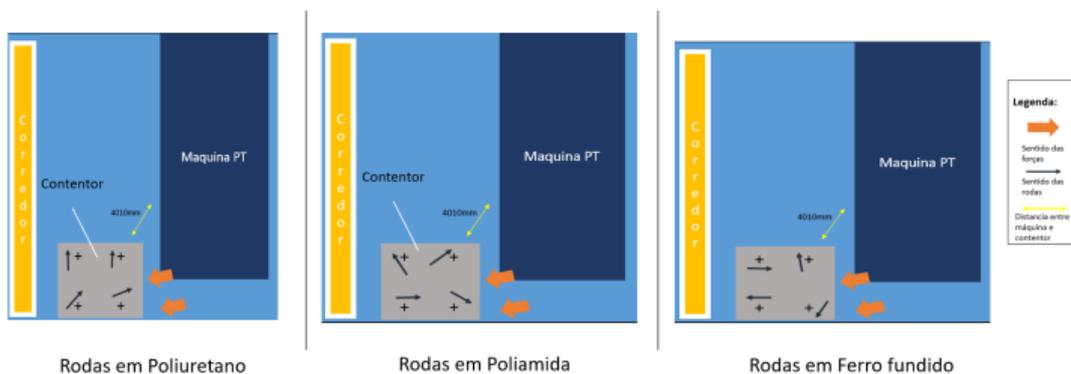


Figura 105: Disposição das rodas no momento de iniciar o empurro dos contentores, dependentemente do tipo de rodas inseridas nas bases rolantes para contentores contendo peças n°2

Após efetuar essa análise, pode-se efetuar as medições das forças para ambas as peças e para os tipos de rodas em estudo e assim efetuar o registo das forças numa distancia de três metros. Após as medições observa-se através de um grafico, as diferentes forças exercidas (forças de arranque e forças em movimento) em função do tipo de rodas inseridas nas bases rolantes (Figura 106 e Figura 107).

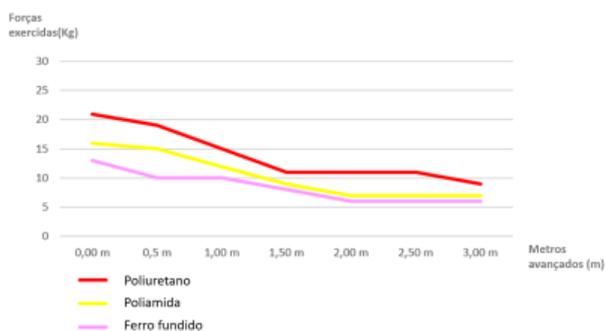


Figura 106: Medição das forças efetuadas ao empurrar/puxar os contentores 00123 contendo as peças n°1, dependentemente do tipo de rodas inseridas

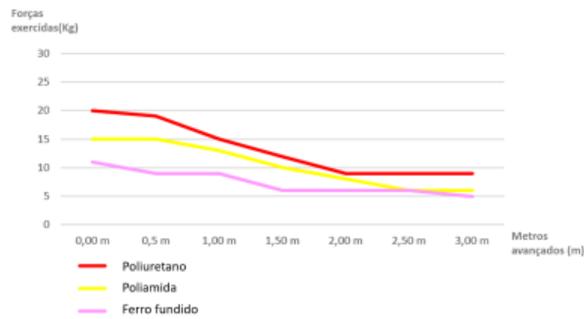


Figura 107: Gráfico de medição das forças efetuadas ao empurrar/puxar os contentores 0080 contendo as peças nº2, dependentemente do tipo de rodas inseridas

No entanto, após a implementação dos diferentes tipos de rodas, ao longo do estudo, constata-se que existem problemas no que diz respeito ao impacto do ambiente de trabalho. Ao realizar os movimentos com os contentores, incorporando tanto as rodas de tipo poliamida como de ferro fundido, existe um desgaste rápido e significativo do piso da fábrica, sendo este pavimento de tipo epóxi, um pavimento com revestimentos monolíticos rígidos com composição de polímero de dois componentes, sendo estes endurecedor e resina epóxi (Figura 108). Esses mesmos provocam desgastes do revestimento e da camada de pintura do piso. Este facto pode levar a empresa ter custos significativos ao longo do tempo, para a manutenção do piso de chão de fábrica para UAP2.

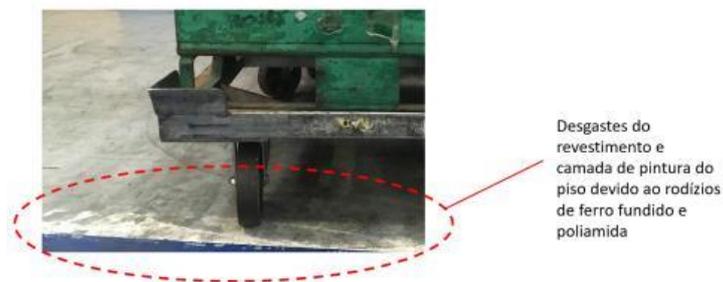


Figura 108: Impacto da implementação de rodas em ferro fundido e poliamida nas bases rolantes no piso do chão de fábrica.

5.4.2.1.3. Estudo, implementação e análise de alternativas de configurações nas bases rolantes

O estudo associado ao problema dos rodízios levou à necessidade de pensar em várias reconfigurações de bases rolantes. Desta forma foram desenhadas três outras alternativas de disposições de rodízios inseridas nas bases rolantes, para além da disposição atual. Observa-se na Figura 109, as quatro disposições possíveis para as bases rolantes:

a) Configuração atual: esta configuração com quatro rodas giratórias inseridas na base, é a configuração atual existente. Neste caso, os rodízios são inseridos nos ângulos 90 da base.

b) Configuração mais um rodízio de reforço: a configuração com quatro rodas giratórias, dispostas da mesma forma que na configuração a), e uma roda giratórias no meio, com as rodas da mesma altura.

c) Configuração mais um rodízio reforçado de 10 mm: a configuração e o posicionamento dos rodízios na base são a mesma que a configuração b). No entanto a roda giratória inserida no meio da base é reforçada com um suplemento de 10 mm.

d) Configuração em diamante: a configuração em “diamante”, é uma configuração com quatro rodas inseridas na base rolante, de uma forma em losango com duas rodas fixas e duas rodas giratórias, de um sentido.

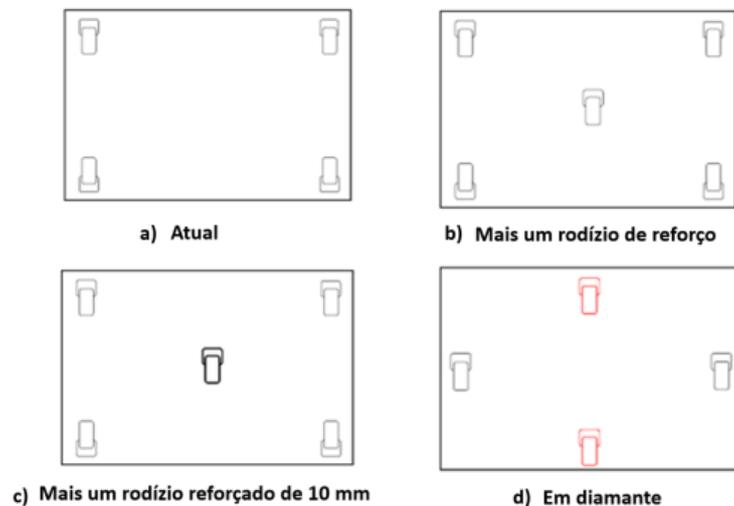


Figura 109: As quatro disposições dos rodízios: a) Atual; b) Mais um rodízio de reforço; c) Mais um rodízio reforçado de 10 mm; d) Em diamante

Estas alternativas de configurações foram testadas e analisadas de modo a encontrar a alternativa mais adequada relativamente à base rolante com configuração atual. Esse teste e análise passou pelo estudo dos impactos dessas implementações ao nível das forças exercidas ao empurrar/puxar, visando melhorar as condições de trabalho dos operários logísticos e de produção.

Atendendo ao tipo de rodas e rodízios selecionados na secção anteriores (5.4.1.1), analisou-se cada configuração de posicionamentos dos rodízios inseridos nas bases rolantes, a disposição do sentido das rodas, o movimento efetuado com os contentores, e o estudo das medições de forças ao empurrar/puxar os contentores com as diferentes peças (peças nº1 e peças nº2).

Por fim, elaborou-se um gráfico que permitiu analisar o impacto da posição desses rodízios nessas bases rolantes. Ao longo do estudo foram medidas as forças de arranque e em movimento ao empurrar/puxar os contentores numa distancia de três metros, onde essas mesmas são analisadas através de um gráfico,

após cada análise. Essas forças foram medidas através das duas peças e os dois contentores em estudo. Assim, os resultados para cada configuração são descritos de seguida.

Para a configuração atual pode constatar-se através da Figura 110 que as disposições das rodas estavam dispostas de forma casual antes de efetuar as medições de forças, para ambas bases rolantes, tanto com o contentor 00123 com as peças nº1 como para o contentor 0080 com as peças nº2.

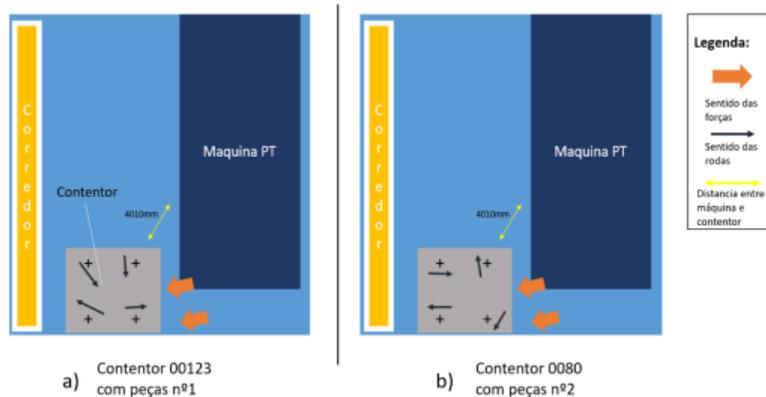


Figura 110: Disposição das rodas antes de efetuar as medições de forças dependentemente dos contentores e peças: a) contentor 00123 com peças nº1; contentor 0080 com peças nº2

O movimento efetuado observado foi um movimento em diagonal de forma a colocar os contentores no sentido das carruagens do comboio (Figura 111).

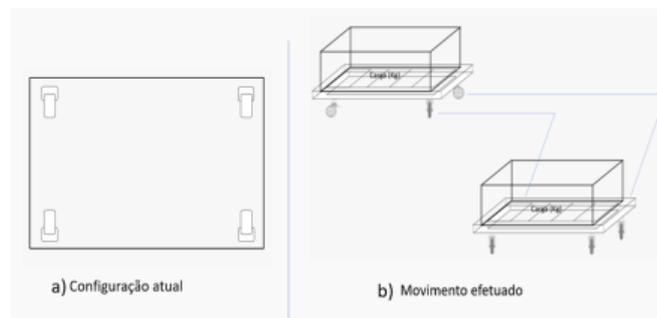


Figura 111: Descrição do movimento efetuado para o estudo com a configuração atual das bases rolantes: a) configuração atual; b) movimento efetuado

Conclui-se após a medição das forças, observadas através do gráfico da Figura 112, que através da configuração atual das bases rolantes existente, não é a configuração mais adequada para efetuar as subtarefas empurrar/puxar os contentores nas carruagens dos comboios logísticos. Como referido no Apêndice XII – Estudo associado ao problema dos rodízios, associado aos problemas dos rodízios, ao empurrar, a roda toma sempre a direção para onde esta virada.

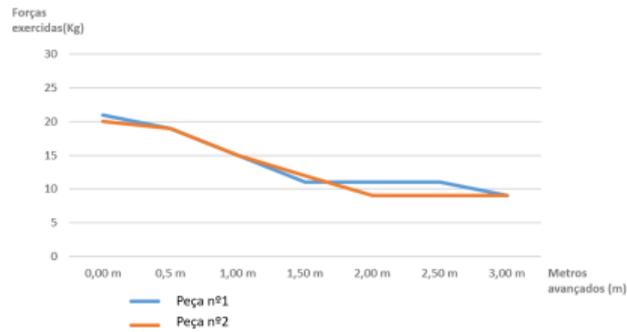


Figura 112: Gráfico das medições de forças para a configuração de bases rolantes atuais

Para a configuração com mais um rodízio de reforço, através da Figura 113 constata-se que as disposições das rodas estavam dispostas de forma casual antes de efetuar as medições de forças para ambos contentores.

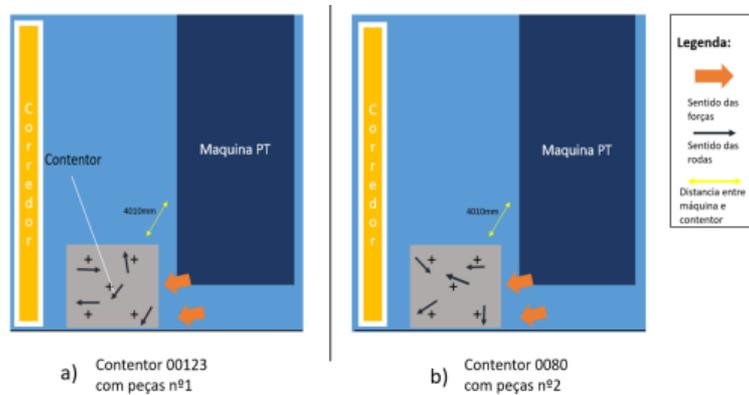


Figura 113: Disposição das rodas antes de efetuar as medições de forças dependentemente dos contentores e peças.

O movimento efetuado observado é o mesmo que na configuração precedente, ou seja um movimento em diagonal de forma a colocar os contentores no sentido das carruagens do comboio (Figura 114).

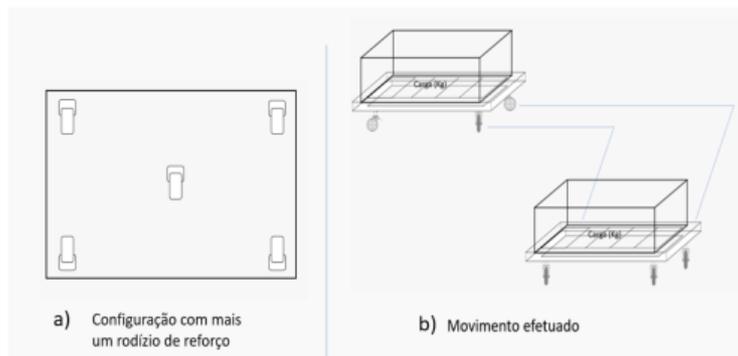


Figura 114: descrição o movimento efetuado para o estudo com a configuração atual das bases rolantes: a) configuração com mais um rodízio de reforço; b) movimento efetuado

A medição das forças de arranque e em movimento ao empurrar/puxar são analisadas através do gráfico da Figura 115.

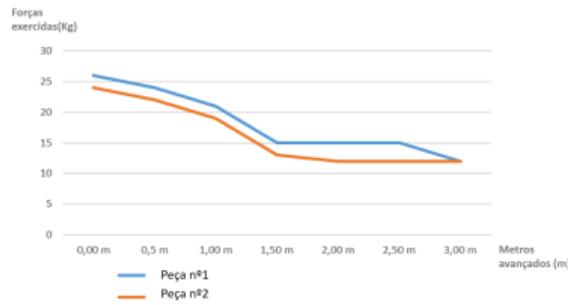


Figura 115: gráfico das medições de forças para a configuração de bases rolantes atuais

Para que essas rodas se virem tem que se exercer uma força de arranque superior a força exercida na configuração atual existente, para que as rodas passam a estar a 90 graus, entre o ponto inicial e o ponto final, para depois passarem essas rodas a 180 graus do sentido inicial. Logo, essa configuração aumenta os riscos ergonômicos já existentes.

Para a configuração com mais um rodízio de 10 milímetros, observa-se através da Figura 116 que as disposições das rodas estavam novamente dispostas de forma casual.

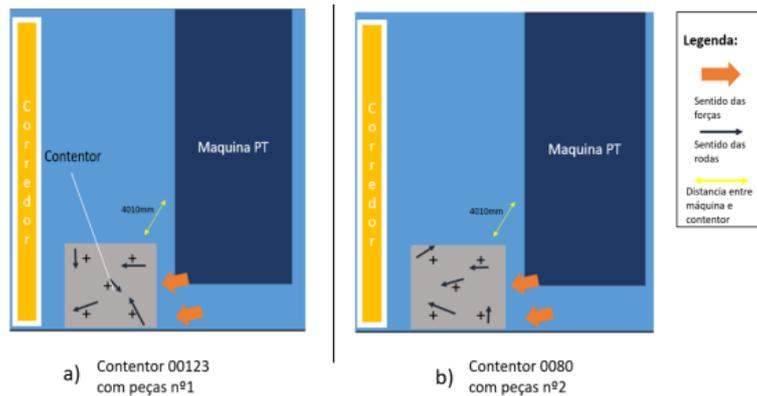


Figura 116: Disposição das rodas antes de efetuar as medições de forças dependentemente dos contentores e peças

Observa-se o movimento efetuado que é representado na Figura 116, onde esse mesmo, é em diagonal de forma a colocar os contentores no sentido das carruagens do comboio, como nas configurações anteriores.

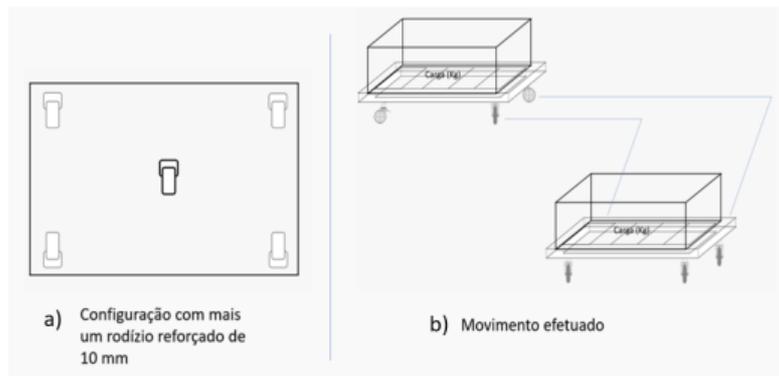


Figura 117: Descrição o movimento efetuado para o estudo com a configuração atual das bases rolantes: a) configuração com mais um rodízio reforçado de 10 mm

As forças foram medidas através das duas peças e os dois contentores em estudo encontram-se analisados através do gráfico da Figura 118.

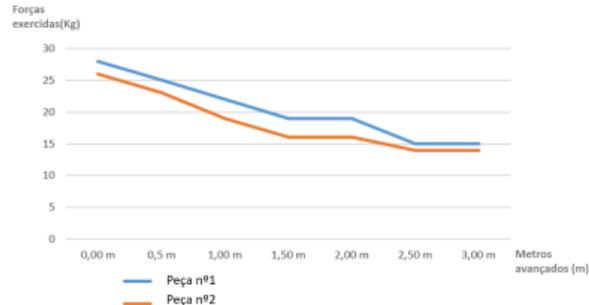


Figura 118: Gráfico das medições de forças para a configuração de bases rolantes atuais

Conclui-se que a configuração, mesmo com um reforço de 10 milímetros na roda colocada no meio, não é a configuração mais adequada, relativamente às bases rolantes atuais. Nesta configuração a base rolante nunca ficava apoiada com todas as rodas, e acontecia o mesmo problema que na configuração anterior, que por si só, proporciona um aumento das forças de arranque. Devido ao aumento das forças de arranque, aumentando assim os riscos ergonómicos, e a falta de melhoria associado ao problema dos rodízios comparando com a configuração utilizada atualmente, conclui-se que não se justificava ter mais uma roda nas bases rolantes.

Para a configuração em diamante, constata-se que as rodas estavam dispostas novamente de forma casual antes de efetuar as medições de forças (Figura 119) para ambos contentores.

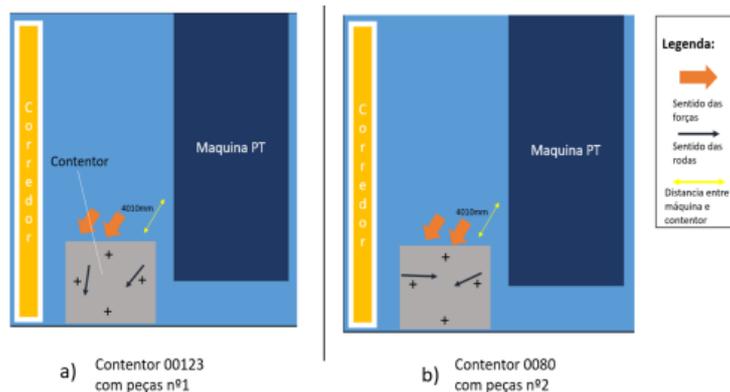


Figura 119: Disposição das rodas antes de efetuar as medições de forças dependentemente dos contentores e peças.

Neste caso, não foi possível realizar o movimento em diagonal habitual, devido à colocação das duas rodas fixas tornando-se difícil a colocação do contentor no sentido desejado (Figura 120).

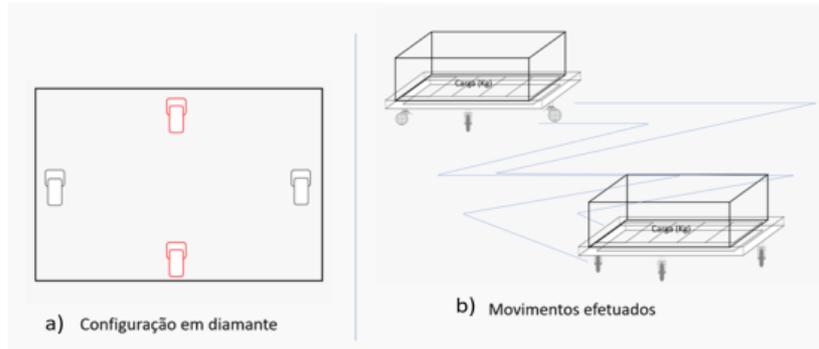


Figura 120: Descrição o movimento efetuado para o estudo com a configuração atual das bases rolantes

Foram medidas as forças de arranque e em movimento ao empurrar/puxar e são analisadas no grafico da Figura 120.

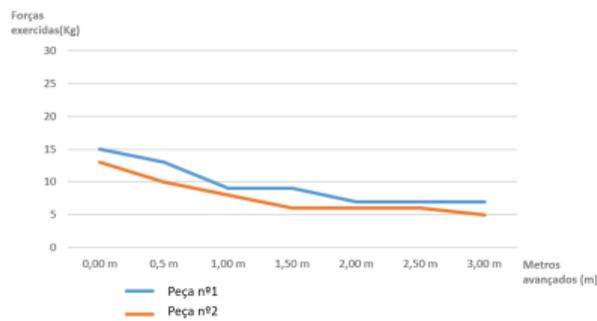


Figura 121: Gráfico das medições de forças para a configuração de bases rolantes em diamante

Conclui-se que a configuração em “diamante”, proporciona uma diminuição do risco ergonómico e menos atrito, apesar de não ser forças aceitáveis. No entanto, dificulta as tarefas do condutor do comboio, pois, torna-se difícil de posicionar no sentido das carruagens no bordo de linha, porque as rodas fixas não permitem de andar de um lado para o outro de forma desejada.

5.4.2.1.4. Altura das bases rolantes relativamente ao solo

Para além dos tipos de rodas mais adequadas e das várias configurações de bases rolantes com as várias disposições dos rodízios, existe também a necessidade de rever as alturas das bases rolantes. Atualmente a altura das bases rolantes é cerca de 250 milímetros, como referido na Figura 122, onde estão incorporados quaisquer tipo de contentor, seja de pequena ou grande altura (Figura 123).

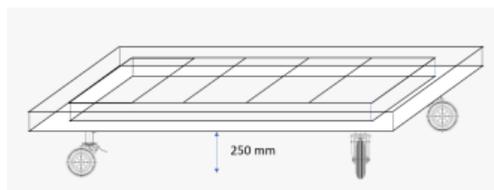


Figura 122: Desenho em 3D de uma base rolante na UAP2

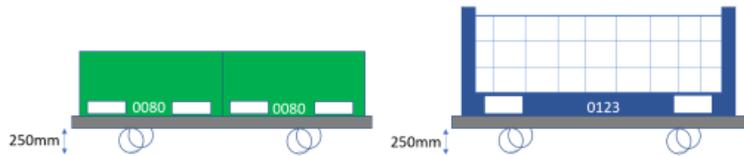


Figura 123: Bases rolantes com diferentes referências de contêntores (0080 e 0123)

Desta forma, através do estudo ergonômico da UAP2 e do comboio logístico PTN1, conclui-se através do estudo antropométrico das bancadas de trabalho dos operadores das máquinas (Apêndice XIII – Estudo antropométrico para as bancadas de trabalho), que a altura das bases rolantes devia-se adequar à altura das bancadas e dos contêntores, seja de grande altura, seja de pequena altura (Figura 124), de forma a limitar os esforços dos músculos tanto ao nível dos ombros como também ao nível das costas.

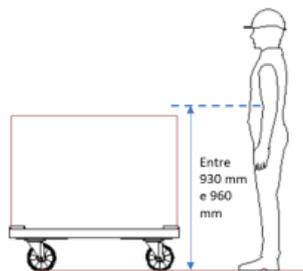


Figura 124: Altura adequada na inserção de um contêntor sobre uma base rolante

Desta forma, consideraram-se dois tipos de bases rolantes, apresentadas na Figura 125, uma base rolante para contêntores de grande altura (ex: contêntores 0123) e outra para contêntores de pequena altura (ex: contêntores 0080).

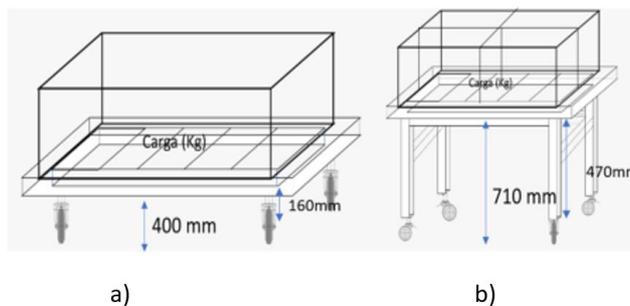


Figura 125: Altura e estruturas das novas bases rolantes: a) base rolante para contêntores de grandes alturas, b) base rolante para contêntores de pequenas alturas peças nº2, dependentemente do tipo de rodas inseridas

No entanto, as alterações das alturas dessas bases rolantes são feitas através dos rodízios atuais em poliuretano. Esta condição, leva a uma possível modificação das alturas caso os tipos de rodas sejam alterados em função do estudo de verificação do tipo de rodas adequadas, pelo facto de não possuir a mesma base, o mesmo diâmetro e a mesma altura do rodízio atual.

5.4.2.3. Veículo Motorizado para empurrar/puxar contentores

A partir da análise da secção anterior relativamente aos problemas ergonómicos, nas forças exercidas no puxar/empurrar os contentores cheios, referidos na secção 4.3.2.3.1 e no Apêndice XI – Estudo ergonómico : Empurrar/Puxar, tornou-se necessário encontrar uma solução a fim de diminuir de forma significativa o esforço associado às subtarefas do operário logístico.

Uma proposta foi a implementação de um trator motorizado com uma capacidade de carga útil que pode ultrapassar os 1000 kg e que permite facilitar a realização das tarefas de puxar/ empurrar os contentores dentro das carruagens. Deste modo, sugere-se uma possível solução que permitiria reduzir as forças significativas exercidas no arranque da subtarefa do puxar/empurrar. Essa melhoria poderia passar pela aquisição de um veículo motorizado Movexx T1000, produto fabricado pela empresa Movexx International B.V (Figura 126).



Figura 126: Veículo motorizado Movexx T1000 em várias perspetivas (Movexx, 2020)

O Movexx T1000 é um veículo (Trator) motorizado permitindo deslocar cargas com cerca de 1000 Kg. É um veículo motorizado que pode ser utilizado em diversos setores, nomeadamente na logística interna e externa de uma organização (Movexx, 2020). Pode também mover vários carrinhos, nomeadamente contentores alocados em bases rolantes. Deverá ser desenhado e efetuado uma carruagem específica para a inserção do veículo motorizado (Figura 127 e Figura 128).

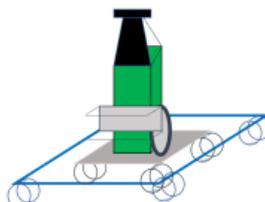


Figura 127: Possível carruagem e base rolante elaborada para o Movexx T1000

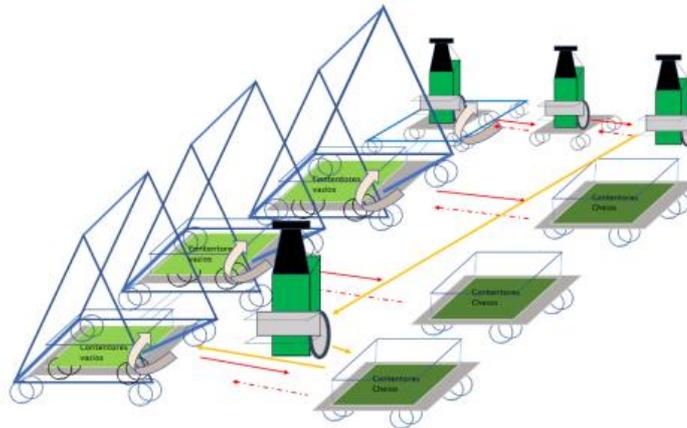


Figura 128: Incorporação do Movexx T1000 nas carruagens do comboio logístico PTN1 e a sua utilização

A empresa adquiriu um veículo motorizado, emprestado pelo fornecedor, ao longo de duas semanas, sendo o prazo de ensaio do veículo motorizado dado por este mesmo, que foi utilizado pelo condutor do comboio logístico PTN1 (Figura 129), e estudado ao longo desse tempo (Apêndice XVIII – Estudo com dinamómetro para o veículo motorizado (Movexx T1000)).



Figura 129: Utilização do veículo motorizado na UAP2

Os resultados mostraram o impacto da utilização desse veículo durante essas duas semanas para as tarefas do operário logístico, de modo a analisar o impacto dessa ação de melhoria (Tabela 13).

Tabela 13: Comparação das forças exercidas medias sem e com o veículo motorizado Movexx T1000

Metros Avançados com os contentores (m)	Médias das forças exercidas ao empurrar os contentores cheios sem o veículo motorizado por uma pessoa (Kgf)	Médias das forças exercidas ao empurrar os contentores cheios com o veículo motorizado por uma pessoa (Kgf)
0,00 m	28	7
0,50 m	25	7
1,00 m	20	7
1,50 m	16	6
2,00 m	13,5	6
2,50 m	13,5	5,5
3,00 m	13,5	5,5

Apesar das melhorias ergonómicas, constatou-se um aumento significativo das subtarefas do condutor do comboio logístico PTN1 (Figura 130).

Subtarefas do operário logístico antes da implementação do Movexx T1000:	Subtarefas do operário logístico depois da implementação do Movexx T1000:
1. Por contentores vazios nas carruagens com um empilhador	1. Por contentores vazios nas carruagens com um empilhador
2. Sair da zona Aguarda Controlo e iniciar a rota do comboio PTN1	2. Sai da zona Aguarda Controlo e inicia a rota do comboio PTN1
3. Recolher (empurrar/puxar) contentores cheios nas carruagens e por contentores vazios situados nas carruagens abeira das máquinas	3. Para o comboio e retira o veículo motorizado Movexx T1000
4. Voltar a Zona Aguarda Controlo e finalizar a rota do comboio PTN1	4. Recolher com o veículo Movexx T1000 os contentores cheios nas carruagens e por os contentores vazios situados nas carruagens abeira das máquinas
5. Retirar contentores cheios das carruagens com um empilhador	5. Levar o veículo Movexx T1000 de máquina em máquina
	6. Repor o veículo Movexx T1000 na carruagem elaborado para o mesmo
	7. Voltar a Zona Aguarda Controlo e finaliza a rota do comboio PTN1
	8. Retirar contentores cheios das carruagens com um empilhador

Figura 130: Subtarefas dos operários logísticos antes e depois da implementação do veículo motorizado

Esse aumento das subtarefas deveu-se ao facto do operário logístico colocar o veículo motorizado junto à máquina onde vai empurrar os contentores cheios para alocar nas carruagens do comboio, e avançar o trator do comboio após a colocação do veículo motorizado junto da máquina. Desta forma, passou a realizar dois trajetos em paralelo e aumentando um desperdício, os movimentos, ou seja, para além da rota que o condutor do comboio logístico efetuava, teve de alocar constantemente o veículo motorizado de máquina em máquina, para não repor esse mesmo, constantemente na sua carruagem específica, referido na Figura 127, aumentando assim o tempo de ciclo do comboio logístico PTN1, como se pode observar na Figura 131.

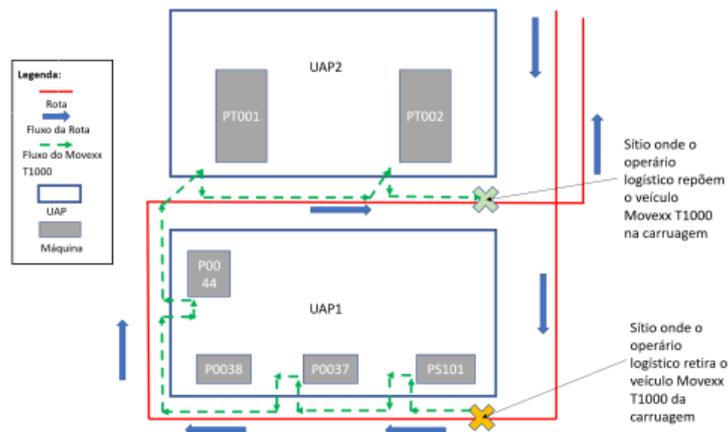


Figura 131: Fluxo do comboio logístico e do veículo motorizado durante a rota do comboio logístico PTN1

5.5. Projeto AGVN1 na UAP2

Nesta secção descrevem-se todas as ações e propostas de melhorias para a diminuição de tempo de abastecimento e eliminação das paragens das máquinas devido as trocas de referencias da UAP2, referidas nas secções 4.3.2.1 e 4.3.2.2. Estas acções foram planeadas no contexto do projeto *Automated Guided Vehicles para Nave 1 (AGVN1)*, na Gestamp Cerveira. No entanto, perante os objetivos da

organização, antes de implementar os AGV para toda a Nave 1, foi planeado, num primeiro tempo, esta implementação na UAP2.

5.5.1. Necessidade do projeto AGVN1

Com o projeto AGVN1 pretendeu-se melhorar as condições de trabalho dos operadores, incorporando a diminuição da ocorrência de lesões musculoesqueléticas. Deste modo, os AGVs ou MIRs poderiam substituir os operadores humanos na movimentação de cargas pesadas, deixando-os disponíveis para realizar tarefas mais complexas e menos repetitivas. Adicionalmente, asseguraria o transporte eficiente, seguro e mais acessível de cargas reduzindo os custos de mão-de-obra, o que significaria uma grande probabilidade de ter retornos rapidamente. Além disto, poderia melhorar ainda o fluxo físico de material no sentido de diminuir os movimentos, sendo uma alternativa clara no que diz respeito ao transporte e ao abastecimento atual, ou seja, uma possível alternativa ao comboio logístico PTN1.

Assim, os objetivos principais passaram pela redução das atividades que não acrescentavam valor (desperdícios), neste caso movimentos e transportes de materiais, através da implementação de uma alternativa inovadora, associado à indústria 4.0, melhorando o fluxo físico de material de um ponto vista geral da UAP2 e eliminando os riscos ergonómicos associado às tarefas do operário logístico do comboio PTN1.

Sendo um investimento elevado seria necessário ser pensado, analisado e justificado. E pensar nas alternativas para o AGV a implementar, nomeadamente, de ser standard (existente no mercado) ou por medida. Um AGV standard tem um custo de aquisição menor. Os AGV por medida são recomendados para cargas pesadas ou especiais. Por fim, é de realçar que o próprio projeto poderia ser expandido para a totalidade da Nave 1, logo implementar vários AGVs para todas as unidades autónomas de produção, e assim facilitar a circulação dos AGVs nos corredores. Esta análise é realizada nas secções seguintes.

5.5.2. Espaço físico para a introdução de AGVs

Antes de implementar os AGVs, torna-se essencial perceber o contexto do espaço físico para a implementação desses mesmos, através das medições efetuadas. A partir daí, constata-se que o corredor central tem uma largura de 4,05 metros. No corredor onde se encontram as prensas, a largura é cerca de 3 m (Figura 132). Deste modo os AGVs implementados terão que se enquadrar ao espaço físico atual da UAP2.



Figura 132: Medidas dos corredores atuais da Nave 1

Um ou vários AGVs deverão dirigir-se para as prensas PT001 e PT002, sabendo que a tarefa seria levar os contentores vazios próximo das máquinas e recolher os contentores cheios de peças produzidas para os alocar na zona aguarda controlo ou no armazém STDI (Figura 133).

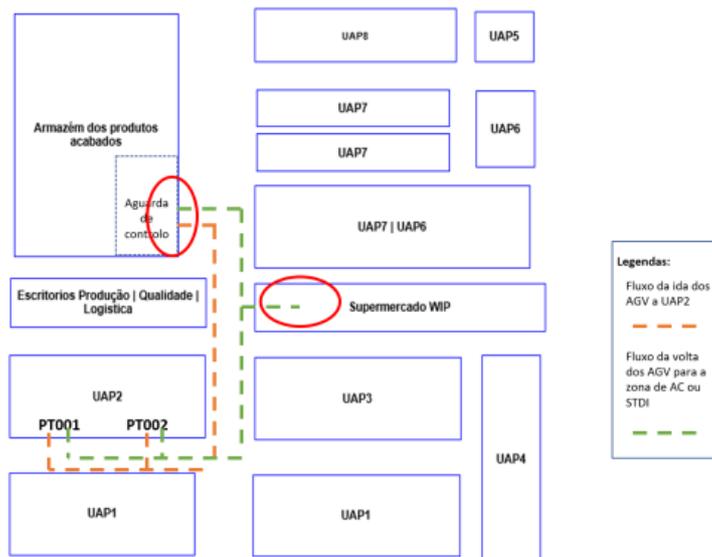


Figura 133: Fluxo efetuado pelos AGVs

Deste modo, foi necessário organizar o espaço físico na zona de alocação dos contentores cheios V00 na zona aguarda controlo e V20/V30 na zona dos buffers WIP específico (Figura 134).

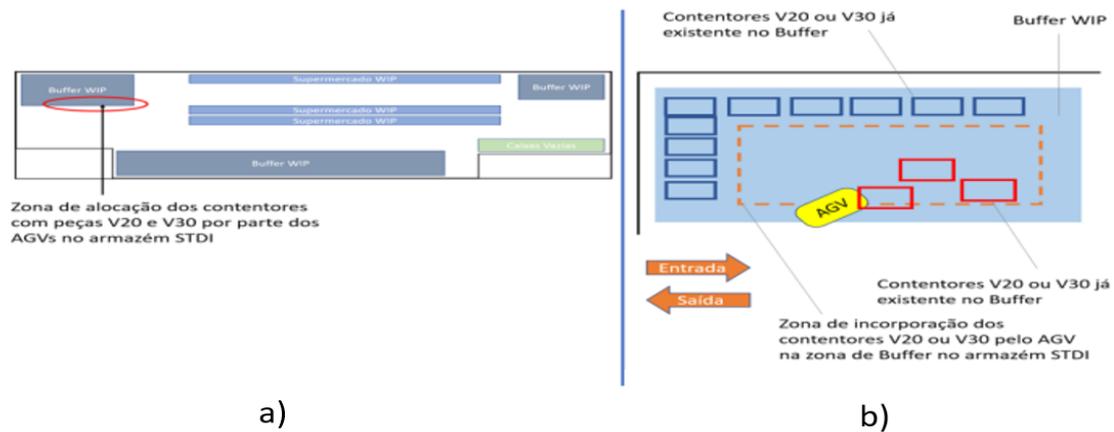


Figura 134: Zona de implementação das descargas dos contentores V20 e V30 dos AGV: a) Layout do armazém STDI; b) Layout do buffer WIP da zona de alocação dos contentores V20 ou V30

5.5.3. Estudo do AGV standard através da metodologia AHP

Esta secção apresenta o estudo realizado para escolher o AGV mais adequado atendendo ao espaço existente, consumo e eficiência energética e aos vários critérios estipulados para a aquisição de um AGV.

5.5.3.1. Características pretendidas AGV standard

Existe uma necessidade de descrever o AGV adequado perante o estudo, tendo em conta os vários critérios, nomeadamente no que diz respeito à facilidade de programação/software, sistema de navegação, da sua adaptação ao espaço físico existentes e as bases rolantes encontrados na UAP2, abeira das prensas PT001 e PT002, o nível de precisão necessário, a segurança do AGV, a preferência do tipo de AGV referido anteriormente, consumo energético, a capacidade de cargas transportadas e a probabilidade do alto custo de manutenção. As características de tipos de AGVs e critérios a considerar para o tipo de AGV a escolher para a empresa estão no Apêndice XIX – Características de tipos de AGVs e critérios de seleção, na Tabela 46.

Verificadas estas características, pretendeu-se estudar a possibilidade do desenvolvimento de um AGV sobre medida e seleccionar dos existentes um mais adequado.

Os AGVs mais adequados seriam AGVs que possuíam uma facilidade de programação e um software fácil de ser incorporado e percebido pelos utilizadores. O nível de precisão tinha de se adequar em função do tipo de carga que neste caso, seriam os contentores, com peso situado entre os 750 Kg e 1200 Kg, incorporados nos suportes rolantes.

O sistema de navegação preferencial pela empresa era o sistema por geolocalização, ou por laser, pelo facto de se adequar em função das características e as mudanças da organização ao longo do tempo, e ser mais adequado em função da viabilidade do investimento efetuado para o mesmo.

Relativamente ao transporte de cargas, o tipo de AGV preferido era o AGV para transportes de cargas significativas, que pode ser por si só, em plataforma ou remoqueador, que permite perceber de que forma o AGV poderá levar os contentores vazios e recolher os contentores cheios (Apêndice XIX – Características de tipos de AGVs e critérios de seleção - Figura 211 e Figura 212). No entanto, pretendia-se também ter um AGV adaptável a todos os tipos de suportes rolantes. Por isso, justificou-se que podiam existir dois tipos de AGV de transporte de cargas unitárias, associado ao projeto, os AGV remoqueadores ajustáveis ao tipo suporte e AGV de plataforma lift ou load.

A partir daí foram definidas as alternativas apresentadas na Figura 135 que foram estudadas para o projeto AGVN1. Neste caso foram selecionados 10 tipos de AGV standards potenciais que podem responder à meta global estipulada. As características de cada tipo de AGV selecionado como alternativas com as características básicas desejadas estão na Tabela 47 do Apêndice XIX – Características de tipos de AGVs e critérios de seleção Estes tipos permitiriam responder aos critérios referidos na descrição do AGV descrito na Tabela 46 no Apêndice XIX – Características de tipos de AGVs e critérios de seleção.



Figura 135: Tipo de AGV standard selecionados como alternativas adequadas para o estudo

Para além disso, é de realçar que os tipos de AGVs deveriam deslocar-se só quando os contentores estiverem efetivamente preenchidos de todas as peças. Desta forma, seria importante implementar um sistema que permite aos operários “avisar” o(s) AGV(s) para se deslocarem até as maquinas a fim de abastecê-las.

Para além disso, o AGV deveria incluir um sistema de leitura de códigos de etiquetas permitindo ao AGV distinguir qual o tipo de peça recolhido nas máquinas, de forma ao AGV saber se na volta, deverá ir ao armazém STDI ou à zona aguarda controlo. Desta forma, os próprios contentores deverão ter uma etiqueta específica com um código de barras, para o AGV identificar (Figura 136).

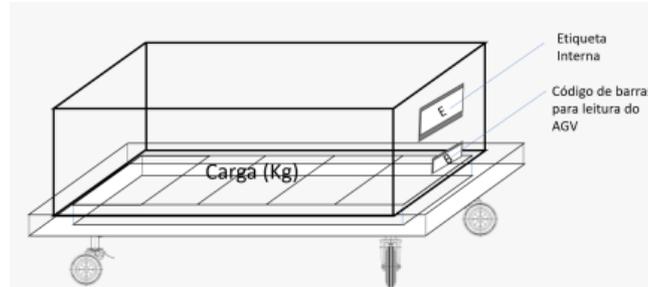


Figura 136: Localização da etiqueta de identificação do tipo de peças produzidas para o AGV

5.5.3.2. Estudo de alternativas usando a metodologia AHP

A fim de estudar o melhor AGV para o projeto, foi essencial encontrar uma metodologia adequada para o estudo. Deste modo, escolheu-se a metodologia *Analytic Hierarchy Process* (AHP), como sendo uma metodologia adequada para o projeto, no sentido de ser uma metodologia multicritério, utilizada e reconhecida no apoio à tomada de decisão referida na secção 2.1.5.7.

Desta forma, para a elaboração da metodologia AHP foram desenvolvidas duas tabelas específicas, nomeadamente uma tabela matriz que foi utilizada para os critérios e para a comparação da importância de cada critério entre eles (Tabela 14), e uma outra tabela que foi utilizada para a decisão final (Tabela 15).

Tabela 14: Matriz dos critérios ou de comparação dos critérios

Matriz dos critérios ou Matriz de comparação dos critérios								
	Opção 1 ou Critério 1	Opção 2 ou Critério 2	Opção 3 ou Critério 3	...	Opção n ou Critério j	Matriz Normalizada		Vetor Médio
Opção 1 ou Critério 1	1					Celula (op.1 e C1 op.1 e C1) / Soma coluna Op1 e C1		Média da Linha 1 Matriz Normalizada
Opção 2 ou Critério 2		1				Celula (op.2 e C2 op.1 e C1) / Soma coluna Op1 e C1		Média da Linha 2 Matriz Normalizada
Opção 3 ou Critério 3			1					
...								
Opção n ou Critério j					1			
Soma	Soma coluna Op. 1 e C1	Soma coluna Op. 2 e C2	Soma coluna Op. 3 e C3		Soma coluna Op. n e Cj			

Tabela 15: Matriz de decisão final

Matriz Final de decisão						
	Critério 1	Critério 2	Critério 3	...	Critério j	Total
Opção 1	(Célula Op.1 e C1)				(Célula Op. 1 e Cj)	(Célula Op. 1 e C1 da matriz final de decisão *Vetor medio da matriz comparação dos critérios (Critério 1) +...+(Célula Op.1 e Cj) da matriz final de decisão *Vetor medio da matriz comparação dos critérios (Critério j))
Opção 2						
Opção 3						
...						
Opção n						
Ponderação	Vetor medio da matriz comparação de critérios (Critério 1)	Vetor medio da matriz comparação de critérios (Critério 2)	Vetor medio da matriz comparação de critérios (Critério 3)		Vetor medio da matriz comparação de critérios (Critério j)	

Ambas as tabelas foram efetuadas numa folha Excel (Figura 137).

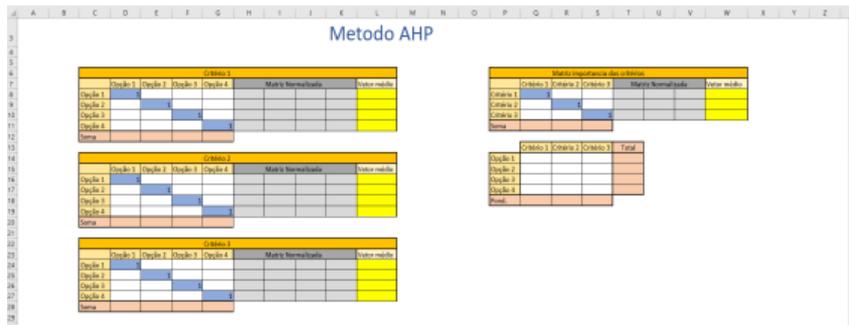


Figura 137: Aplicação da metodologia AHP

Após analisar as 10 alternativas dos tipos de AGV standard, foi também realizado um resumo de características (parâmetros) das alternativas de AGVs existentes no mercado que estão na Tabela 48 do Apêndice XIX – Características de tipos de AGVs e critérios de seleção de forma a utilizá-lo para a elaboração (segunda etapa da análise AHP) dentro das tabelas matriz dos critérios.

5.5.3.2.1. Modelação do problema

Para a modelação do problema foi essencial ter em conta a meta global ou objetivo principal do projeto, i.e., melhorar os processos da logística interna da UAP2 e as condições de trabalho dos operadores. Desta forma esperava-se também reduzir das atividades que não acrescentavam valor (desperdícios), melhorar o fluxo físico de material de um ponto vista geral da UAP2 e eliminar os riscos ergonómicos associados as tarefas do operário logístico do comboio PTN1. A Figura 138 diz respeito a estruturação do modelo hierárquico para o problema proposto.

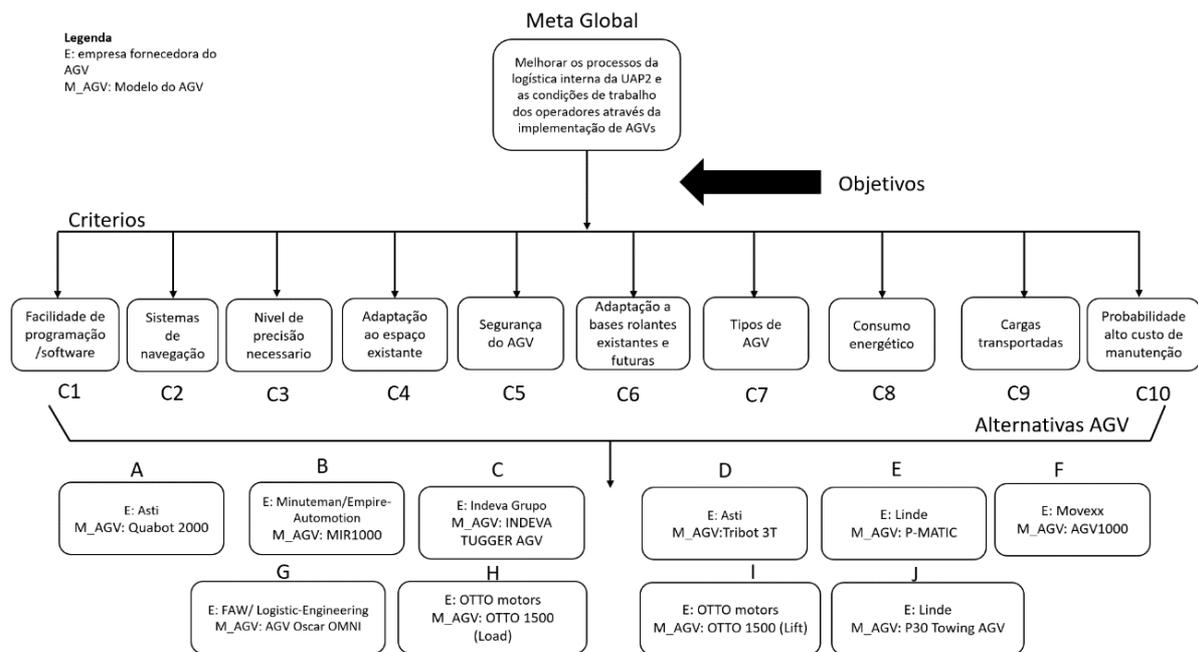


Figura 138: Modelo hierárquico de estruturação do problema

Através da definição da meta global, dos objetivos, dos critérios e das alternativas foi possível estruturar o problema de forma a orientar a aplicação do método AHP.

5.5.3.2.2. Elaboração

Nesta segunda etapa são construídas as matrizes de comparação das alternativas e critérios, através de uma folha Excel, sendo calculada a razão de consistência das matrizes, e a elaboração dos vetores médios. Estas matrizes encontram-se no Apêndice XX – Matrizes para a elaboração da Análise AHP. A partir daí avaliam-se as alternativas por meio de combinações binárias (de pares) para cada um dos critérios estabelecidos e são expressas as preferências atribuindo um valor numérico a cada comparação utilizando a escala de Saaty, como explicado na secção 2.1.5.7. Cada matriz permite comparar cada alternativa relativamente ao critério estudado, com as características de cada alternativa de AGV, apresentadas no Apêndice XX – Matrizes para a elaboração da Análise AHP.

Posteriormente, foram estabelecidas prioridades associadas aos critérios. Nesta etapa, procurou-se estabelecer a importância relativa de cada critério de decisão. Desta forma, foram realizadas as comparações binárias entre os critérios (Figura 139). A matriz normalizada definiu o Vetor de Ponderação de Critérios. A montagem da matriz de comparação foi feita com o auxílio da tabela de Saaty onde foi possível estabelecer a preferência de cada critério para cada um dos pares.

Matriz importância dos critérios																						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	Matriz Normalizada								Vetor médio			
C1	1	0,5	3	1	0,25	1	1	0,33333	0,5	0,5	0,05769	0,04082	0,08824	0,03125	0,0684	0,03125	0,03448	0,04878	0,05814	0,05814	0,051719015	
C2	2	1	4	4	0,33333	4	1	0,5	0,5	0,5	0,11538	0,08163	0,11765	0,125	0,09121	0,125	0,03448	0,07317	0,05814	0,05814	0,08798021	
C3	0,33333	0,25	1	1	0,14286	1	1	0,16667	0,2	0,2	0,01923	0,02041	0,02941	0,03125	0,03909	0,03125	0,03448	0,02439	0,02326	0,02326	0,027602328	
C4	1	0,25	1	1	0,14286	1	1	0,16667	0,2	0,2	0,05769	0,02041	0,02941	0,03125	0,03909	0,03125	0,03448	0,02439	0,02326	0,02326	0,031448481	
C5	4	3	7	7	1	7	7	2	2	2	0,23077	0,2449	0,20588	0,21875	0,27362	0,21875	0,24138	0,29268	0,23256	0,23256	0,239184369	
C6	1	0,25	1	1	0,14286	1	1	1	1	1	0,05769	0,02041	0,02941	0,03125	0,03909	0,03125	0,03448	0,02439	0,02326	0,02326	0,062248255	
C7	1	1	1	1	0,14286	1	1	0,16667	0,2	0,2	0,05769	0,08163	0,02941	0,03125	0,03909	0,03125	0,03448	0,02439	0,02326	0,02326	0,03757093	
C8	3	2	6	6	0,5	6	6	1	2	2	0,17308	0,16327	0,17647	0,1875	0,13681	0,1875	0,2069	0,14634	0,23256	0,23256	0,184297493	
C9	2	2	5	5	0,5	5	5	1	1	1	0,11538	0,16327	0,14706	0,15625	0,13681	0,15625	0,17241	0,14634	0,11628	0,11628	0,142632996	
C10	2	2	5	5	0,5	5	5	0,5	1	1	0,11538	0,16327	0,14706	0,15625	0,13681	0,15625	0,17241	0,14634	0,11628	0,11628	0,135315923	
Soma	17,3333	12,25	34	32	3,65476	32	29	6,83333	8,6	8,6												

Figura 139: Matriz de comparação de critérios (importância dos critérios)

5.5.3.2.3. Análise

De acordo com a tabela da matriz das prioridades médias e prioridades globais (Figura 140), a melhor alternativa é a “E”, que diz respeito ao AGV P-MATIC, referente a marca Linde. Deste facto, enquadra-se com a maioria dos equipamentos existentes dentro da organização, onde os comboios logísticos, empilhadores e outro tipo de material de movimentação de materiais, são efetuados por equipamentos da Linde. Deste modo, pode existir uma facilidade em termos de contrato tanto de compra como de alugamento de matérias.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	Total
AA	0,11924	0,12801	0,1243	0,03823	0,10514	0,03609	0,05321	0,02363	0,11665	0,06193	0,08083
AB	0,07771	0,11624	0,08768	0,23801	0,07922	0,31173	0,05321	0,101	0,04034	0,16396	0,11106
AC	0,03583	0,03552	0,04584	0,04924	0,04946	0,04502	0,18892	0,02363	0,06956	0,06193	0,05218
AD	0,27646	0,12801	0,30736	0,13947	0,22272	0,16159	0,19008	0,02363	0,18299	0,06193	0,14774
AE	0,08791	0,0986	0,1002	0,10987	0,11117	0,08544	0,12244	0,23213	0,18299	0,20008	0,1519
AF	0,04016	0,03453	0,04894	0,21116	0,05884	0,1919	0,13154	0,03005	0,04034	0,07145	0,06503
AG	0,0773	0,11036	0,08944	0,03823	0,09172	0,03609	0,05321	0,03967	0,04503	0,05479	0,06471
AH	0,09436	0,11624	0,10929	0,03823	0,08713	0,03609	0,05321	0,13777	0,06956	0,06193	0,0881
AI	0,10311	0,11624	0,11106	0,03823	0,08898	0,03609	0,05321	0,15637	0,06956	0,06193	0,09248
AJ	0,08791	0,11624	0,1002	0,09934	0,10561	0,05997	0,10098	0,23213	0,18299	0,20008	0,14941
Pond.	0,05172	0,08798	0,0276	0,03145	0,23918	0,06225	0,03757	0,1843	0,14263	0,13532	

Figura 140: Matriz das Prioridades médias e Prioridades Globais

Foi ainda necessário verificar se a parte complementar desses equipamentos, podem ser inseridos nos remoqueadores manuais existentes, podendo deste modo diminuir o custo de aquisição do equipamento e definir uma forma de encaixe das bases rolantes (Figura 141), a fim de encaixar de forma eficiente no AGV.

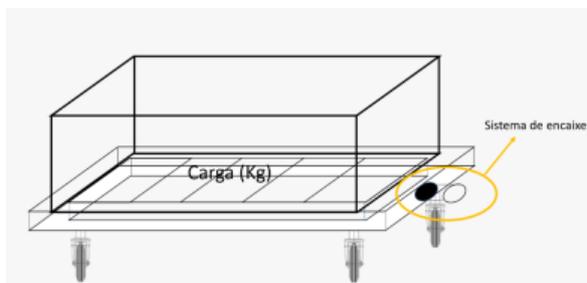


Figura 141: Local adequado para o sistema de encaixe das bases rolantes ao AGV

5.5.3.2.4. Planeamento

A quarta fase implicou fazer o planeamento da introdução dos AGV tendo em conta a sua viabilidade física, económica e ecológica. Este planeamento passou por um estudo de simulação 3D, a fim de perceber quais são os possíveis desempenhos de um ou dois AGVs dentro da unidade autónoma de produção que está apresentado na secção seguinte (5.5.4), um estudo da viabilidade económica analisando os custos e comparando esses mesmo com a situação atual associada ao comboio logístico e empilhadores (5.5.7.1), e uma análise ao nível ecológico associado ao consumo energético e as emissões de CO2 anuais na implementação de um ou dois AGVs (5.5.7.2)

5.5.3.2.5. Implementação

Após definir a melhor alternativa e após efetuar o planeamento, a próxima etapa é a implementação. No entanto, a implementação depende de todas as etapas anteriores referidas no planeamento, concluídas após os resultados obtidos e dos resultados da simulação 3D apresentado na secção seguinte (5.5.4) e da viabilidade económica e ecológica (5.5.7).

5.5.4. Simulação 3D através do SIMIO

Selecionadas as alternativas adequadas dos tipos de AGV, pretendeu-se ainda simular as rotas realizadas por um ou dois AGVs dentro da organização. Para essa simulação usou-se o software SIMIO por ser conhecido do investigador deste projeto e porque permite que os modelos sejam animados com relativa facilidade e rapidez. Desta forma, pretendeu-se realizar uma análise de viabilidade funcional da implementação de um ou dois AGVs.

Por um lado, nesta implementação considerou-se o processo de começar a rota do comboio PTN1, começando na zona aguarda controlo, ir até a UAP2 com os contentores vazios onde se encontram as máquinas PT001 e PT002, e voltar com os contentores cheios (de peças finais ou em via de fabrico) (Figura 142).



Figura 142: Fluxo do comboio logístico PTN1

Por outro lado, considerou-se as rotas do(s) AGV(s), começando na zona aguarda controlo, indo até a UAP2 com os contentores vazios onde se encontram as máquinas PT001 e PT002, e voltando com os contentores cheios (de peças finais ou em via de fabrico), na zona aguarda controlo ou armazém WIP (Figura 143). Neste caso o processo dos AGVs possui somente duas máquinas abastecidas pelo(s)

AGV(s), ao contrário do comboio logístico PTN1 que possui seis máquinas (passando por uma parte da UAP1).

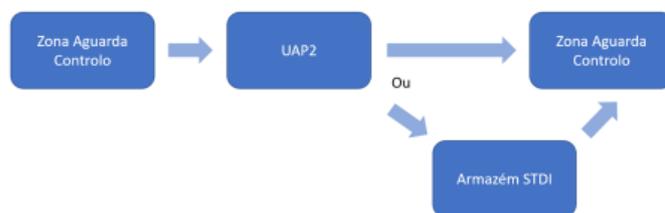


Figura 143: Fluxo dos AGVs

Através da simulação 3D associada ao projeto AGVN1 (Apêndice XXI – Simulação 3D da inserção dos AGVs na UAP2), observou-se a redução do tempo de abastecimento das máquinas PT001 e PT002. Através das Tabela 16 e Tabela 17, observa-se que a introdução de um AGV permite reduzir em cerca de 3% e de 6% o tempo de abastecimento da máquina PT001 e PT002 respetivamente.

Tabela 16: Redução do tempo de abastecimento com um AGV

	Tempo de abastecimento com o comboio logístico PTN1 (minutos)	Tempo de abastecimento com um AGV (minutos)	Redução do tempo de abastecimento (%)
PT001	32	31	3%
PT002	32	30	6%

Tabela 17: Redução do tempo de abastecimento com dois AGV

	Tempo de abastecimento com o comboio logístico PTN1 (minutos)	Tempo de abastecimento com os dois AGVs (minutos)	Redução do tempo de abastecimento (%)
PT001	32	16	50%
PT002	32	15	53%

Com dois AGVs esta redução é de cerca de 50% e 53% o tempo de abastecimento das máquinas PT001 e PT002, respetivamente. Desta forma, constatou-se uma redução significativa do tempo de abastecimento das máquinas da UAP2 ao inserir dois AGV, respondendo aos objetivos estabelecidos pelo VSM do futuro na secção 4.3.1.3, do capítulo 4 (Figura 167 e Figura 167 - Apêndice VI – VSM da família de produtos realizados – do futuro).

Relativamente ao tempo de rota associado à implementação de um AGV houve um aumento de cerca de 11% (Tabela 18), e uma redução em 39% do tempo de rota efetuada ao incorporar dois AGVs (Tabela 19).

Tabela 18: Aumento do tempo de rota efetuada em média por um AGV

Tempo de rota efetuada em média pelo comboio logístico PTN1 (minutos)	Tempo de rota efetuada em média por um AGV (minutos)	Variação (%)
28	31	11

Tabela 19: Diminuição do tempo de rota efetuada em média por dois AGV

Tempo de rota efetuada em média pelo comboio logístico PTN1 (minutos)	Tempo de rota efetuada em média pelos dois AGVs (minutos)	Variação (%)
28	17	39

Desta forma, conclui-se que o número adequado de AGVs a serem incluídos são dois, de modo a diminuir de forma significativa os tempos de abastecimentos apenas das máquinas da UAP2.

5.5.5. Estudo da implementação de um AGV sobre medida

Existia também uma outra alternativa que se relacionava com a introdução de um ou dois AGV(s) feito(s) sobre medida. Através do estudo anterior, observamos que de facto, o AGV remoqueador é o mais adequado para o problema. No entanto, foi referido anteriormente que o AGV P-MATIC, pode não se encaixar com todas as bases rolantes que podem ser feitas no futuro e não possui um sistema de bateria inteligente nem o sistema de carregamento mais adequado, apesar da sua eficiência energética, sabendo que existem outros sistemas de carregamento mais adequados. Deste modo, o AGV sobre medida responde aos critérios da forma mais adequada que são descritos a seguir. Este AGV é representado na Figura 144.

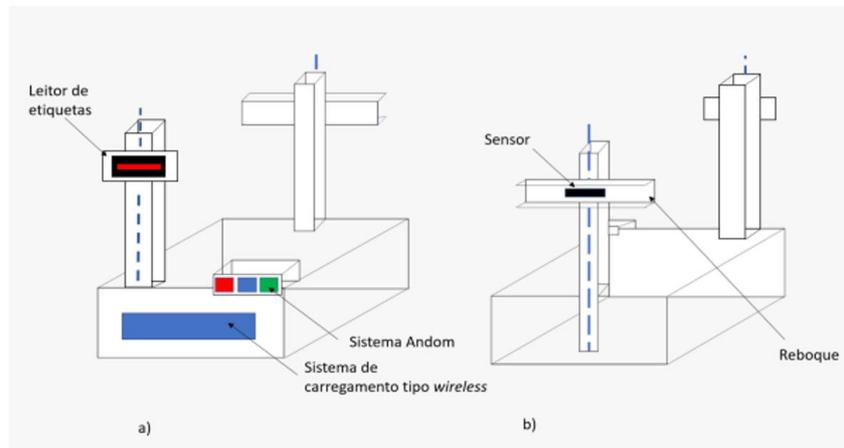


Figura 144: AGV pensado e desenhado sobre medida, a) parte frente; b) parte atrás

O AGV com as dimensões referidas na Figura 145 tem por objetivo mover as bases rolantes encontradas na UAP2, de forma autónoma, cujos contentores inseridos sobre os mesmos podem exceder uma carga de uma tonelada. Estipula-se um AGV cuja carga útil seja de, pelo menos, 3000 Kg.

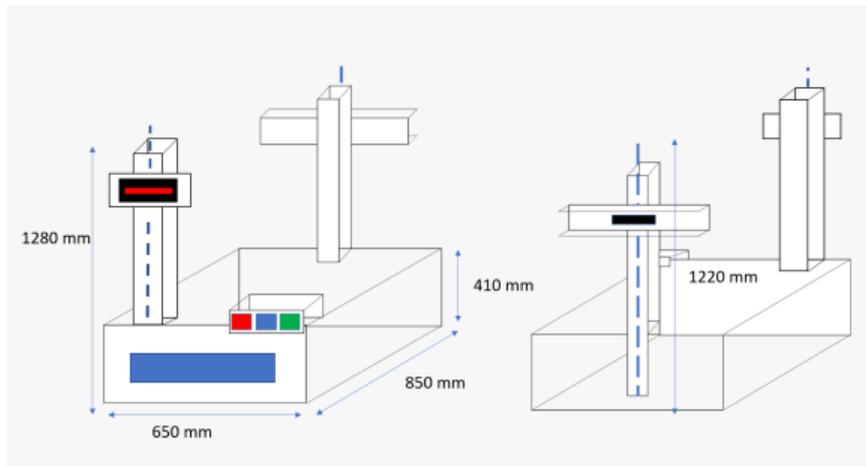


Figura 145: Dimensões do AGV sobre medida

Este AGV é automaticamente guiado, com um sistema de navegação de geolocalização, capaz de seguir uma rota ótica completamente autónoma. O AGV tem uma pequena largura para trabalhar em corredores estreitos, daí a possibilidade de inserir dois AGV dentro de um corredor com as dimensões atuais da UAP2. Esse poderia adaptar-se facilmente às condições atuais do local, o que permitiria a possibilidade de implementar o AGV nas outras UAP da Nave 1. Para além disso, o AGV deveria ter uma velocidade de, pelo menos, 5 m/s.

O AGV também deveria possuir um sistema de reboque que se adaptaria a qualquer altura de bases rolantes. Deste modo, sejam as bases rolantes redesenhadas derivado aos problemas ergonómicos encontrados, sejam as bases rolantes já existentes na UAP2, poderiam ser rebocados por este AGV. Poderia ter também um sistema da adaptação, que permitisse o elemento de reboque subir e descer conforme a altura da base rolante, através de sensores incorporados na parte atrás do AGV. Incorporado a este sistema, poderia ser inserido um leitor de códigos de barra, para as etiquetas de distinção de peças V00, V20 e V30 (Figura 146).

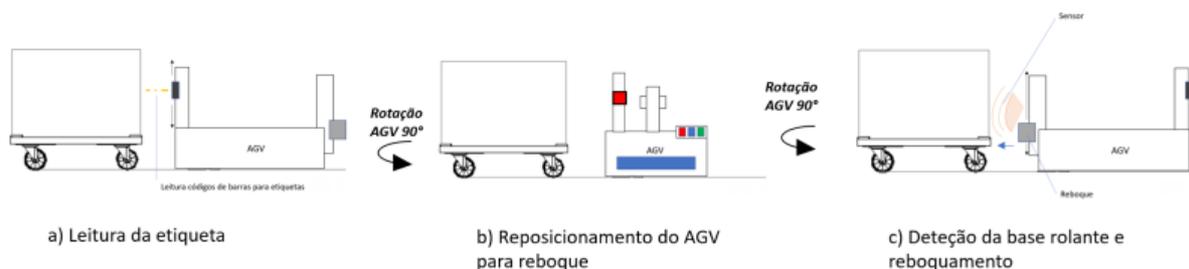


Figura 146: Representação do sistema de reboque do AGV sobre medida

No que diz respeito ao tipo de carregamento, este deveria ser automático. O conceito por trás desta ideia consistia no AGV realizar as funções para que estava programado até que determinada percentagem da sua bateria se esgotasse. Quando isto acontece, o AGV seria encaminhado para uma estação de

carregamento, onde permaneceria até que os níveis energéticos da bateria fossem apropriados (Freitas, 2015).

Em relação à bateria dos AGV, seria de Li-on, bateria que demonstra eficiência ao nível do consumo energético. No entanto, o sistema mais adequado seria um modelo carregamento de bateria por indução magnética, ou seja, através de carregamentos sem fios, do tipo Qi ou powermat. O objetivo seria ter um AGV com um sistema de carregamento tipo *wireless*, baseado no princípio da indução magnética. Esse tipo de carregamento funciona através da criação de um pequeno campo eletromagnético, o qual é originado por uma bobine no carregador e é recebido por outra bobine compatível. Essa energia eletromagnética é convertida em energia da bateria dentro do AGV a ser carregado.

Deste modo, o AGV sobre medida referido nesta secção preencheria todos os requisitos e critérios de seleção referidos nas secções anteriores.

5.5.6. Análise SWOT- AGV standard versus AGV sobre medida

A análise SWOT é efetuada de forma a perceber as forças (*Strengths*), as fraquezas (*Weaknesses*), as oportunidades (*Opportunities*) e as ameaças (*Threats*), para a inserção de AGV standard ou AGV sobre medida. Na Tabela 20 encontra-se a análise SWOT relativamente ao AGV standard e na Tabela 21, encontra-se a análise SWOT relativamente ao AGV feito sobre medida.

Tabela 20: Análise SWOT do AGV standard

Forças	Fraquezas
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vários tipos de AGVs existentes no mercado; ▪ Segurança dos processos, das cargas e das pessoas; ▪ Melhoria das condições de trabalho dos operadores e diminuição da ocorrência de LMERT; ▪ Redução dos custos operacionais; ▪ Podem operar em ambientes difíceis ou impossíveis de suportar por seres humanos; ▪ Solução de automação fácil de implementar; ▪ Custos menores que os AGVs sobre medida. ▪ Redução dos movimentos de pessoas e de materiais 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Podem não serem muito flexíveis em se adaptar em vários processos; ▪ Podem não responder de forma totalmente eficiente aos problemas de logística interna.
Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Implementação da automação ao nível na logística interna dentro da organização; ▪ Acréscimo de produtividade para os operários de produção e alocação em tarefas logísticas mais ergonómicas para os operários logísticos; ▪ Sustentabilidade e evolução tecnológica; ▪ Visão 4.0. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Falta de confiança dos colaboradores na implementação dos AGVs; ▪ Resistência a mudança por parte dos colaboradores.

Tabela 21: Análise SWOT do AGV sobre medida

Forças	Fraquezas
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Adaptabilidade total aos processos; ▪ Segurança dos processos, das cargas e das pessoas; ▪ Melhoria das condições de trabalho dos operadores e diminuição da ocorrência de LMERT; ▪ Redução dos custos operacionais; ▪ Podem operar em ambientes difíceis ou impossíveis de suportar por seres humanos; ▪ Solução de automação fácil de implementar; ▪ Redução dos movimentos de pessoas e de materiais; ▪ Garantia de adequação a todos os critérios definidos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Preço de aquisição do equipamento superior ao preço de um AGV standard
Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Implementação da automação sobre medida ao nível na logística interna dentro da organização; ▪ Acréscimo de produtividade para os operários de produção e alocação em tarefas logísticas mais ergonómicas para os operários logísticos; ▪ Sustentabilidade e evolução tecnológica; ▪ Visão 4.0. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Falta de confiança dos colaboradores na implementação dos AGVs; ▪ Resistência a mudança por parte dos colaboradores.

5.5.7. Viabilidade económica e ecológica do projeto AGVN1

Nesta secção aborda-se a viabilidade económica e ecológica do projeto AGVN1, relativamente aos custos associados à utilização do comboio PTN1 e empilhador com a implementação de dois AGV, e o impacto ao nível ecológico de ambos.

5.5.7.1. Viabilidade económica

Todos os investimentos realizados por uma empresa visam um fim específico, mais concretamente, gerar benefícios futuros. Nesse sentido, a análise das poupanças tem por objetivo auxiliar a tomada de decisões em relação aos investimentos disponíveis e avaliar se estes são capazes de apresentar uma redução dos custos associados.

Desta forma, calculam-se os custos associados às operações do empilhador e do comboio logístico PTN1 e a implementação dos AGVs, para comparar os mesmos. Relativamente aos custos associados ao empilhador e ao comboio logístico, existem atualmente um funcionário por turno, três no total, a operar um empilhador desempenhando as funções de transporte de contentores vazios e extração dos contentores cheios das peças descritas na secção 4.3.1.1 (V00, V20 e V30), caso esses mesmos fossem de pesos excessivos. Além disso, deviam alocar os contentores vazios nas carruagens do comboio e retirar os contentores no final da rota efetuado pelo comboio, como referido na secção 4.3.2.2.

Existia também um trator de reboque elétrico utilizado para o comboio logístico. O custo de cada um destes funcionários e dos alugueres são estimados no valor total aproximado dos custos anuais do comboio logístico PTN1/empilhador (a empresa não disponibilizou dados sobre o aluguer das máquinas e sobre os custos da MOD). Os custos com avarias não são suportados pela empresa, no entanto incorporam-se os custos associados ao consumo energético, que diz respeito a 537 € mensais para o empilhador e 235 € mensais para o trator de reboque elétrico do comboio logístico, tal como referido na secção 5.5.3 e apresentado no Apêndice XXII (custos energéticos) O custo das manutenções das carruagens é aproximadamente de 3000 €. O cálculo dos custos para os custos anuais atuais com o comboio logístico PTN1 / empilhador encontra-se na Tabela 22.

Tabela 22: Custos anuais atuais com o comboio logístico PTN1 / empilhador

Elemento	Custos anuais
Equipamento comboio logístico e empilhador	-
MOD	-
Custos energéticos do comboio logístico e empilhadores	12355€
Manutenção das carruagens	3000€
Totais dos Custos anuais atuais com o comboio logístico PTN1 e empilhador	≈ 77000 €

Os custos associados à implementação de dois AGVs standard, dizem respeito aos custos derivado da aquisição dos dois ativos (tangíveis) para a empresa. Neste caso teve-se em conta o investimento médio associado a aquisição de dois AGV cada um com um preço medio de mercado relativo a um AGV

remoqueador que é cerca de 25000 €, sendo os custos associados à manutenção é cerca de 2000 € anuais cada e os custos energéticos estimados em cerca de 498,96 € mensais (calculado no Apêndice XXII – Cálculo dos custos energéticos). Desta forma, os custos anuais da implementação de dois AGV standard foram de 65975€ tal como apresentado na Tabela 23.

Tabela 23: Custos anuais atuais da implementação de dois AGV standard

Elemento	Custos anuais
Dois AGVs	50000€
MOD	0
Custos energetcos	11975€
Manutenção dos AGVs	4000€
Totais dos Custos anuais atuais com o comboio logístico PTN1 e empilhador	65975€

É de realçar que o projeto AGV está associado ao pró-movimento da indústria 4.0. Deste modo a Gestamp Cerveira, sendo uma organização associada ao setor automóvel, poderia beneficiar da iniciativa Indústria 4.0 (i40), integrada na Estratégia Nacional para a Digitalização da Economia, cujo Ministério da Economia e da Transição Digital pretende gerar condições favoráveis ao desenvolvimento da indústria e serviços nacionais em relação ao novo paradigma da Economia Digital, através de um conjunto de medidas. Estas medidas fazem parte de uma uma estratégia para acelerar a adoção da indústria 4.0 pelo tecido empresarial português, promover os fornecedores tecnológicos portugueses como *players* da industria 4.0 e tornar Portugal um pólo atrativo para o investimento em relação a industria 4.0 (IAPMEI, 2020). Nos próximos dois anos serão mobilizados investimentos públicos e privados de 600 milhões de euros para alargar amplamente a digitalização da Economia e permitir às empresas a transição, de forma inclusiva e com base em emprego qualificado (República Portuguesa, 2019).

5.5.7.2. Viabilidade ecológica

Para além dos custos, foi necessário analisar os consumos energéticos de ambos os casos. Desta forma foi analisado o impacto da incorporação de um ou dois AGV(s) tanto ao nível de consumo energético (kWh) anuais (Apêndice XXII), como também o impacto nas emissões de CO2 (Kg) anuais, dependendo do número de AGV adequados, calculados pela microssimulação 3D.

Com a implementação dos AGVs na UAP2 também se pretendia realizar as mesmas tarefas que o condutor do comboio logístico da PTN1, mas de uma forma mais eficiente, com menos saturações de tarefas e consumindo menos energia. O consumo energético, é a energia utilizada ou consumida perante uma atividade definida. A eficiência energética é a otimização que se realiza no consumo de energia.

Assim, consiste em usar a energia de modo eficiente para se obter um determinado resultado. A eficiência energética (ou utilização racional de energia) procura melhorar o uso das fontes de energia e pressupõe a implementação de medidas para combater o desperdício de energia, ao longo do processo de transformação.

Assim, foi crucial escolher um AGV adaptado ao objetivo e as necessidades da organização. Não bastava ser eficiente, mas também que tivesse o tamanho e desempenho ajustado para as tarefas a desempenhar (ADENE - Agência para a Energia, 2011).

Num primeiro tempo, foi calculado o consumo energético através das medidas encontradas nos manuais de cada tipo de AGV. Desta forma, priorizaram-se os AGVs com baterias Li-Ion pelo facto de serem mais eficientes do ponto vista de consumo energético.

As medidas encontradas nestes manuais foram a corrente elétrica por horas (Ah) e a diferença de potencial (V). Após obter essas duas medidas, pode-se calcular a potência elétrica, ou seja, a quantidade de trabalho realizado em determinado período de tempo em horas, expresso em Watt (W ou kW). Desta forma o consumo elétrico por hora pode ser calculado usando a seguinte forma (Gürbilek, 2013):

$$\text{Consumo energetico (E)} = kW * \Delta t$$

Onde:

kW: potência energética do equipamento

Δt : Variação de tempo ou ciclo de tempo, que neste caso é 1h

Os cálculos energéticos encontram-se no Apêndice XXII.

5.5.8. Proposta de Standard Work para UAP2 após implementação de AGV

Após a possível implementação dos dois AGVs na UAP2, torna-se essencial realizar um Standard Work. A elaboração de um *Standard Work* é feita para os trabalhadores, de modo que a sua compreensão seja fácil e com um vocabulário simples, permitindo a sua interpretação fácil e isenta de dúvidas. A elaboração de um *standard* permite perceber como é que as diferentes rotinas do posto de trabalho das prensas *transfersão* elaboradas por parte dos operários de produção das máquinas PT001 e PT002. Desta forma, foi elaborado um *standard* das rotinas do operário de produção de forma simples e clara. Essas rotinas foram descritas num fluxograma por tópicos, onde se referem os pontos essenciais para a execução das tarefas para o posto de trabalho das prensas. Após a realização de um fluxograma, este poderá ser inserido no painel e posteriormente colocado no posto de trabalho, para ser visível para os operários, por exemplo, em cima da bancada de trabalho (Figura 147).



Figura 147: Colocação do fluxograma no posto de trabalho

Após elaboração do fluxograma (Figura 232), situado no Apêndice XXIII – Standard Work após implementação das melhorias, foi também elaborada uma instrução de trabalho para os operários das prensas. Essa instrução obedecia a três pontos chaves:

- **Objetivos:** esse ponto permite explicar de forma clara quais são os objetivos dos operários perante as suas tarefas e o impacto das suas tarefas no seio da empresa.
- **Campo de aplicação:** esse ponto permite explicar aos operários quais são os campos de tarefas, tanto nos postos de trabalho como por outros campos situados na UAP2. Desta forma o operário terá uma visão geral dos seus campos de atuação dentro da UAP2.
- **Instruções:** esse ponto explica de uma forma detalhada o fluxograma elaborado e situado no posto de trabalho (Apêndice XXIII).

De modo a garantir um processo de digitalização dos documentos elaborados no futuro, essa instrução deveria ser inserida num painel digital (Figura 235 do Apêndice XXIII – Standard Work após implementação das melhorias) e que foi proposto secção 5.3. da melhoria do fluxo de informação, a fim de facilitar a consulta da instrução e reduzir assim a irregularidade associada às tarefas dos operários.

6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados associados às propostas de melhorias implementadas e apresentadas previsões dos resultados das propostas de melhoria que ainda não puderam ser implementadas.

6.1. Resultados das propostas implementadas

Nas secções seguintes são apresentados os resultados das propostas de melhorias que foram implementadas na organização, nomeadamente, melhoria do tipo de roda da reconfiguração das bases rolantes, os resultados da implementação do veículo motorizado com as suas consequências, os resultados esperados através do projeto AGVN1 realizado e por fim, as reduções dos custos e dos consumos energéticos associado a possível implementação de dois AGVs na UAP2.

6.1.1. Melhorias das condições de trabalho para os operários

Nesta secção são apresentados os resultados das melhorias implementadas associadas às condições de trabalho para os operários das prensas *transfer* e logísticos, nomeadamente, os diferentes tipos de rodas inseridas nas bases rolantes, as diferentes configurações de bases rolantes e a implementação do veículo motorizado.

6.1.1.1. Redução do esforço pela diminuição das forças de arranque

Através das medições presentes nos gráficos (Figura 106 e Figura 107) da secção 5.4.2.1.2, constatou-se que existiam diferenças significativas de forças de arranque exercidas que dependiam das rodas inseridas. A Tabela 24 apresenta a comparação de forças exercidas, em percentagem, após colocar os diferentes tipos de rodas nas bases rolantes, referidas na secção 5.4.2.1.2, comparando as rodas do tipo poliamida e ferro fundido relativamente às rodas de tipo poliuretano. Constatamos uma redução significativa das forças de arranque ao implementar as diferentes tipos de rodas nas bases rolantes, no entanto, como referido na secção 5.4.2.1.2, na Figura 108, não é possível implementar essas rodas pelo facto dessas mesmas proporcionarem danos na revestimento do solo da fábrica e aumentando os custos de manutenção da fábrica.

Tabela 24: Comparação em percentagem das forças de arranque dependendo do tipo de rodas

	% de diminuição de forças de arranque com base rolante de rodas de tipo poliamida	% de diminuição de forças de arranque com base rolante de rodas de tipo ferro fundido
contentores 00123	24%	38%
contentores 0080	25%	45%

A Tabela 25 apresenta os resultados das forças de arranque exercidas dependendo da configuração de bases rolantes alternativas, referido na secção 5.4.2.1.3, relativamente à configuração atual.

Tabela 25: Resultados das forças de arranque entre a configuração de bases rolantes e as outras configurações

	Resultado das forças de arranque comparando a base configuração atual (a) com contentores 00123 com peças nº1	Resultado das forças de arranque comparando a base configuração atual (a) com contentores 0080 com peças nº2
Configuração com mais um rodizio de reforço (b)	↑ 23%	↑ 20%
Configuração com mais um rodizio reforçado de 10 milímetros (c)	↑ 33%	↑ 30%
Configuração em diamante (d)	↓ 28%	↓ 35%

Através das análises efetuadas para cada configuração de bases rolantes (Tabela 25), conclui-se que nenhuma das configurações era adequada de forma a diminuir o risco ergonómico e diminuir o atrito. A configuração em diamante permite reduzir o esforço de arranque, no entanto não permite melhorar os movimentos efetuados na alocação dos contentores nas carruagens dos comboios logísticos, levando a um possível aumento de tempo de ciclo da rota efetuada pelo operário logístico. Desta forma, a melhor configuração ainda continua a ser a configuração já existente (configuração atual), pelo facto de as forças serem menores. Comparando as configurações com a alocação de mais rodizio, sejam da mesma medida, sejam com um rodizio reforçado de 10 milímetros, e pelo facto de ser relativamente mais fácil de manobrar e colocar no sentido pretendido.

6.1.1.2. Redução do esforço usando o veículo motorizado

Com a implementação do veículo motorizado Movexx T1000, referido na secção 5.4.2.3, foi possível analisar o impacto ao nível ergonómico das tarefas realizadas por parte do operário logístico do comboio PTN1.

Através da análise realizada nessa secção (Tabela 13). e do estudo efetuado referido no Apêndice XVIII – Estudo com dinamómetro para o veículo motorizado (Movexx T1000) pode-se constatar a diminuição significativa dos esforços de arranque e em movimento.

No entanto, não foi possível utilizar o Movexx T1000 quando o peso do contentor ultrapassava os 1000 kg. Constatou-se uma diminuição de 75% das forças de arranque médias ao utilizar o veículo motorizado Movexx T1000, o que levou a uma diminuição significativa do risco ergonómico, passando de forças exercidas ao empurrar/puxar inaceitáveis a forças aceitáveis (Figura 148).

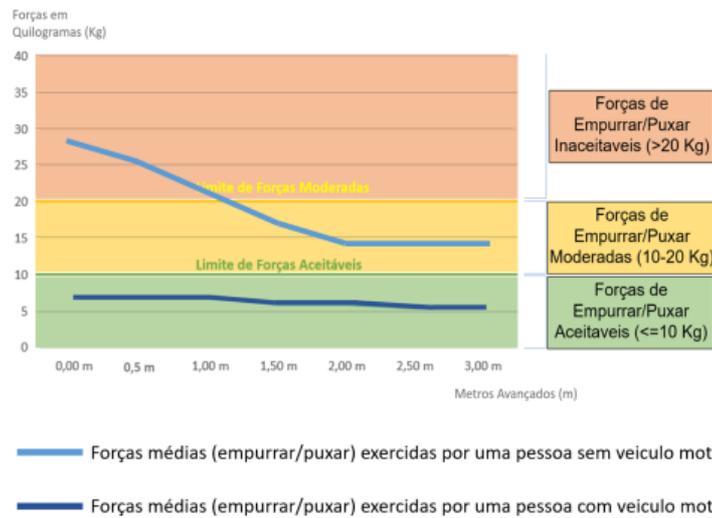


Figura 148: Forças médias exercidas pelo condutor do comboio PTN1 com o veículo motorizado.

6.1.1.3. Resultado do impacto da implementação do veículo motorizado

Após o problema observado na secção anterior, foram medidos os tempos médios da realização da rota PTN1 por cada turno, com as mesmas tarefas habituais do condutor do operario logistico, mas com a incorporação do veículo motorizado Movexx T1000 (Figura 149). Constatou-se um aumento médio de sete minutos (cerca 37 minutos) comparando com a realização das rotas sem o veículo motorizado.

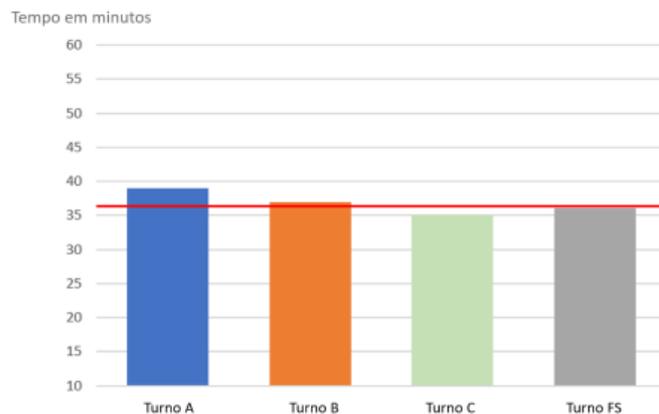


Figura 149: Tempos médios de realizações de rotas do comboio PTN1 em cada turno, com o veículo motorizado em duas semanas

Através da análise anterior dos tempos de médios da realização da rota PTN1, verificou-se um aumento de 23% do tempo de realização da rota. Esse aumento teve um impacto significativo no nível de saturação, índice calculado em percentagem, que permite relacionar o aumento da realização da rota com a incapacidade do operário logístico em chegar a tempo para recolher os contentores cheios situados junto da máquina. Analisando a Figura 150 e Figura 63, constatou-se um aumento proporcional relativamente ao aumento do tempo de ciclo médio derivado à implementação do veículo motorizado

Movexx T1000, ou seja, um aumento de cerca de 23% do nível de saturação do comboio logístico PTN1 (Tabela 26).

RECOLHA DE PT							
Total de Plataformas recolhidas / hora	Ciclo del tren	MAXtransportadores	Numero de voltas / hora	Total de bases / volta	Numero de comboios calculado	Numero de comboios proposto	Saturação
25,00	37	6	1,621621622	15,42	2,57	1	256,94%

Valores calculados
 Valores introduzidos manualmente

Figura 150: Cálculo do nível de saturação do comboio logístico PTN1, após a implementação do comboio PTN1

Tabela 26: Comparação do nível de saturação do comboio PTN1 antes e após a implementação do veículo motorizado

Nível de saturação antes da implementação do veículo motorizado	Nível de saturação após da implementação do veículo motorizado	Aumento (%)
208,33%	256,95%	23%

Através das secções anteriores, conclui-se que a implementação do veículo motorizado Movexx T1000 levava a uma melhoria significativa ao nível ergonómico para os operários logísticos.

No entanto existiam várias desvantagens associadas à sua implementação, levando a um aumento do tempo de operação, onde o operário logístico tem que parar o comboio, tirar o veículo, encaixar e puxar/empurrar as embalagens, para depois no final voltar a arrumar o Movexx T1000.

A solução mais adequada seria a implementação desses veículos automatizados junto às máquinas das prensas. No entanto, essa alternativa iria aumentar o investimento (3000 mil euros para cada veículo motorizado) e também não conseguiria movimentar todas as embalagens existentes, dado que algumas delas excediam os 1000 Kg, o que não justificaria a sua aquisição. Desta forma o nível de saturação não seria diminuído.

A partir daí conclui-se que apesar do Movexx T1000 ser uma possível melhoria para a realização das tarefas do operário logística do comboio PTN1, não respondia a todos os critérios pretendidos para responder ao objetivo da investigação, o que não justifica o seu investimento. Após a sua implementação, estipulou-se uma outra alternativa, cujo investimento é significativamente maior, mas que permite responder possivelmente de forma eficiente aos objetivos do estudo. Esta alternativa é a implementação de *Automated Guided Vehicles (AGV)* na UAP2, que se referra ao projeto AGVN1.

6.1.2. Resultado do estudo do projeto AGVN1

Após realizar as etapas do método AHP, referidas na secção 5.5.3.2, realizado a simulação 3D referido na secção 5.5.4 elaborado um possível AGV sobre medida referido na secção 5.5.5, e uma análise SWOT para comparar a possibilidade de adquirir um AGV standard ou sobre medida referido na secção 5.5.6, conclui-se que após esse conjunto de estudos, pretende-se a melhorar o fluxo físico de materiais dentro da UAP2, melhorando a cadeia interna da organização, reduzir os desperdícios associado ao transporte de materiais e as distancias, as paragens e as esperas das máquinas e a sobrecarga de trabalho, reduzindo os esforços associadas as tarefas realizadas na UAP2, reduzindo em parte os problemas referido na secção 4.3.2.

Desta forma, comprovou-se através da simulação 3D, cujo estudo realizado se encontra no Apêndice XXI – Simulação 3D da inserção dos AGVs na UAP2, uma redução em cerca de 50% do tempo de abastecimento de uma forma geral das maquinas da UAP2, ao inserir dois AGVs, mehorando o fluxo físico dos materiais, esperando uma redução dos principais desperdícios e melhorando as condições de trabalho dos operarios da produção e da logística na UAP2.

6.1.4. Redução de custos e consumo energéticos

Com a incorporação de dois AGVs, através dos cálculos dos consumos e dos custos associados à utilização do empilhador e trator de reboque elétrico, constatou-se que a aquisição de dois AGVs (Tabela 27), permitiria uma redução dos custos totais em cerca de 14%, ou seja, uma poupança de 11025€, sendo uma redução de 3% do consumo energético anual, proporcionando uma diminuição de 3% dos custos energéticos anuais.

Tabela 27: Tabela de viabilidade económica e ecológica da incorporação de dois AGVs

	Empilhador e Trator de reboque elétrico P30 com bateria Chumbo-Ácido	Dois AGV P-MATIC com bateria li-ION	Valor da redução	Reduções (%)
Consumo energético por ano (kWh)	34319	33264	1055	3%
Custos energéticos associados anuais (euros)	12355	11975	380	3%
Emissões de CO2 anuais (kg)	14264	5988	8276	58%
Custos associados MOD anuais (euros)	-	0	-	100%
Custos de implementação (euros)	77000	1º ano: 65975	11025	14%
		2º ano: 45975	31025	40%

Observou-se também uma possibilidade de reduzir em 58% as emissões de CO2 anuais, dados fornecidos pelo departamento de ambiente (Figura 151). A incorporação de dois AGVs permitiria omitir

os custos associados a mão-de-obra direta (MOD). No entanto, este valor diz respeito ao primeiro ano da incorporação dos AGVs. De acordo com algumas estimativas, pretendeu-se obter uma poupança acrescida por ano, através da implementação dos AGVs, e neste caso uma poupança de 31025€ (menos 20000€ em relação ao primeiro ano), sendo uma poupança estimada em cerca de 40% após o primeiro ano.

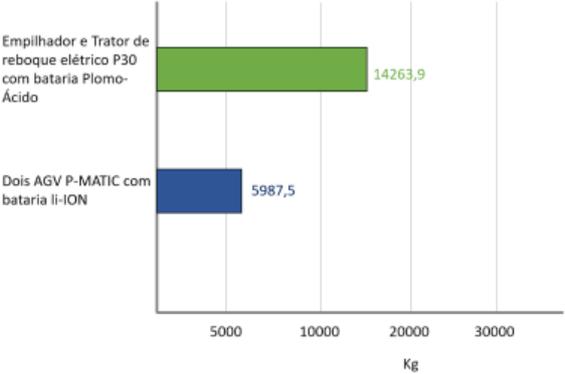


Figura 151: Comparação de emissões de CO₂ por ano entre o trator de reboque utilizado para o comboio logístico e o AGV standard P-MATIC

6.2. Resultados esperados das propostas não implementadas

A empresa não avançou com algumas das propostas de melhoria por considerar que seria melhor implementá-las posteriormente. Apesar disso, são apresentados de seguida os resultados esperados inerentes à implementação dessas propostas, nomeadamente, a reconfiguração do layout (secção 5.1), a incorporação de um molde automático e grua de ponte (secção 5.2), e o ecrã digital (secção 5.3).

6.2.1. Melhoria dos fluxos, redução de movimentos e distâncias

O projeto da reconfiguração do layout não está a ser desenvolvido, no entanto, através do estudo efetuado no capítulo anterior, na secção 5.1, esperava-se melhorar os fluxos de materiais, reduzir os movimentos e as distâncias percorridas, e assim, permitir que a cadeia de valor interna fosse a mais rentável possível.

Ao implementar um molde automático e a grua de ponte, esperava-se reduzir o tempo de *Setups* que teria impacto nas deslocações dos operadores no que respeito ao abastecimento de formatos, e diminuir riscos de acidentes de trabalho.

6.2.2. Redução do tempo de entrega de informações das peças e redução do consumo do papel

Através do painel digital, pretendia-se diminuir o tempo de entrega de informação das peças em produção em serie, retirando um processo feito de forma arcaica com a incorporação de cartões *Kanban* em papel no painel de planificação da produção da UAP2 atual.

Existia ainda a possibilidade de incorporar outras informações relevantes para os trabalhadores da UAP2, ao longo do tempo e dependendo das necessidades, no painel digital.

No que diz respeito a redução do consumo do papel, pretende-se digitalizar alguns processos e a reduzir os custos. A proposta do painel digital na UAP2, referido na secção anterior, refere-se claramente a redução de recursos, poupando na utilização de folhas de papel em cerca 47 euros por ano, no que diz respeito à realização de cartões *Kabans* e melhorar assim, a prática de um processo de planificação, com a possibilidade, no futuro, incorporar várias informações num suporte digital.

Esse processo de digitalização é referido, também no documento de assinatura de presença nas formações por parte dos colaboradores, onde é utilizado uma tablete digital, que por si terá outra utilização, para outros documentos, diminuindo a quantidade de folhas utilizadas, para alguns processos administrativos (Apêndice XVII – Organização do plano de formação contínua- Figura 209). Na Tabela

28, apresentam-se os resultados qualitativos das propostas de melhorias à digitalização de processos e redução de recursos.

Tabela 28: Resultados esperados da digitalização de processos e redução de recursos

Propostas de melhoria	Resultados esperados
Painel digital na UAP2	Incorporar várias informações num suporte digital; Poupança na utilização e consumo de folhas de papel para a realização de cartões <i>Kabans</i> ; possibilidade de incorporar outras informações para os chefes de linha e operários para além das três propostas (Planificação da produção, Standard Work, GL).
Tableta digital para assinaturas de presença nas formações	Diminuição significativa do consumo de papel.

6.2.3. Melhorias ergonómicas e aumento de produtividade

As propostas apresentadas na secção 5.4. foram aprovadas pela organização, que iriam ser colocadas em prática num futuro próximo. Esperava-se que com estas propostas de melhorias, existisse uma redução significativa dos riscos ergonómicos, aumentando o bem-estar dos colaboradores, que seria avaliada após a implementação destes mesmos. Na Tabela 29, refere-se as propostas de melhorias ergonómicas não implementadas com os resultados esperados pretendidos.

Tabela 29: Resultados esperados das melhorias ergonómicas e aumento da produtividade

Propostas de melhoria	Resultados esperados
Redesenho das bancadas	Adaptação dos postos de trabalho ao homem permite diminuir a exposição dos colaboradores a riscos ergonómicos e, por sua vez, diminuir sobre esforços e lesões musculoesqueléticas. Aumenta a produtividade e facilita a integração dos colaboradores em qualquer posto.
<i>Standard Work</i>	Permitir que todos os operadores conheçam e possam fazer os movimentos das peças\embalagens segundo o mesmo método de trabalho
Gestão visual para pegas das peças	Permitir que todos os operadores conheçam e possam fazer os movimentos das peças segundo o mesmo método de trabalho
Braços automáticos	Diminuição de lesões musculoesqueléticas; Diminuição de acidentes de trabalho por sobreforços; Rentabilização do tempo.
Exoesqueleto	Diminuição de lesões músculo-esqueléticas; Diminuição de acidentes de trabalho por sobre esforços na zona do ombro e das costas; Rentabilização do tempo; diminuição do absentismo derivado a doenças ou acidentes.
Formação continua	Melhoria das competências técnicas dos colaboradores favorecendo a igualdade de oportunidades; permite melhorar a autonomia para solucionar problemas; permite uma melhor integração nos sistemas de gestão da empresa, aumentando e melhorando o desempenho individual e, por sua vez, o da empresa.
Rotatividade de postos de trabalho	Prevenir/minimizar as lesões musculoesqueléticas derivadas do trabalho repetitivo; prevenir/minimizar as doenças do foro psicológico derivadas do trabalho repetitivo. Aumento de competências técnicas e conhecimento dos colaboradores.
Ginástica Laboral	Prevenir/minimizar doenças associadas às posturas inadequadas e movimentos repetitivos; Diminuição do stress, ansiedade e depressão; Diminuição de absentismo associado a faltas por doenças músculo-esqueléticas; Aumento de produtividade.

7. CONCLUSÃO

Neste capítulo são apresentadas as considerações finais do projeto de dissertação realizado na Gestamp Cerveira, Lda. Apresentam-se também algumas propostas de trabalhos futuros.

7.1. Considerações finais

Este projeto pretendia melhorar os processos ao nível genérico da unidade autónoma de produção 2 (UAP2), da logística interna e ao nível ergonómico, respondendo de uma forma global aos objetivos referidos no projeto. Desta forma, visava a melhorar o fluxo físico de materiais associado a UAP2, melhorando a cadeia de valor interno da empresa, eliminar os desperdícios identificados e implementar melhorias ergonómicas para os colaboradores da UAP2, fosse de produção ou de logística, de forma a reduzir a sobrecarga de trabalho e diminuir os riscos ergonómicos derivado das tarefas efetuadas. Para além disso, outras propostas de melhorias foram surgindo após análise dos processos associados a UAP2.

A implementação do comboio logístico PTN1 tinha uma ligação com uma tentativa de melhoria por parte da empresa, onde se pretendia melhorar o fluxo de material e diminuir o tempo de abastecimento das máquinas da uma parte da UAP1 e das máquinas da UAP2, anteriormente feito só pelos empilhadores de uma forma pouco *standard* que provocava esperas/paragens das máquinas de forma significativa.

A consequência dessa implementação levou a uma sobrecarga de trabalho para os operadores logísticos, pelo número de tarefas que tinham de efetuar e a um aumento dos riscos de LMERT associado às tarefas de empurrar/puxar contentores com cargas significativas em cerca de 500 a 1200 kg, podendo provocar lesões ao nível lombar.

Derivado aos problemas constatados, os objetivos iniciais pretendidos não foram totalmente alcançados, pois além dos riscos ergonómicos associados, ao fluxo físico de materiais e as esperas/paragens das máquinas não foram melhorados. Para além dos problemas ao nível ergonómico do operário logístico do comboio PTN1, foram constatados, após análises efetuadas, os principais problemas derivados das tarefas por parte dos operários da produção da UAP2, trabalhando nas prensas *transfer*, nomeadamente, problemas ergonómicos, associados principalmente à falta de *standard work*, falta de gestão visual, de equipamentos de suporte a realização de tarefas físicas elevadas, e outras medidas como a formação contínua, rotatividade dos postos de trabalho e ginástica laboral.

Com base nos problemas identificados foi elaborado um conjunto de propostas de melhoria recorrendo à técnica 5W2H. No entanto, nem todas as propostas foram implementadas pois, algumas ficaram em fase de projeto e outras em avaliação pela administração da empresa.

De modo a melhorar as condições de trabalho para ambos operadores (produção e logística), várias propostas de melhorias ergonómicas foram apresentadas e discutidas que poderiam levar a uma diminuição significativa dos riscos ergonómicos, principalmente por parte do operário logístico para as tarefas de empurrar/puxar os contentores nas carruagens do comboio logístico.

No entanto, nenhuma proposta permitiria melhorar o desempenho do operário logístico de forma a diminuir as esperas/paragens das máquinas derivado ao tempo de abastecimento e trocas de referências de embalagens. Desta forma, preparou-se uma proposta de melhoria para logística interna (projeto AGVN1) que passou pela avaliação de implementação de Automated Guided Vehicle (AGV) ou Mobile Industrial Robots (MIR) dentro da organização. Para isso realizou-se um estudo e análise de possíveis alternativas tecnológicas recentes, associado ao contexto da indústria 4.0 para o transporte e manipulação de cargas. Este estudo incluiu uma análise de avaliação de alternativas de vários tipos de AGVs standard existentes pelo método AHP. Esta avaliação foi ainda suportada pela análise de viabilidade física da implementação e o número adequado de AGVs ou MIRs para a responder aos objetivos, através de uma simulação 3D realizado no software SIMIO. Complementarmente, realizou-se uma análise de viabilidade económica e ecológica, a fim de verificar as possíveis poupanças tanto a nível financeiro como ecológicas na implementação de AGVs ou MIRs.

Concluindo os resultados do projeto AGVN1, constatou-se que a decisão adequada seria a implementação de dois AGVs remoqueador, uma para cada máquina da UAP2, diminuindo o tempo de abastecimento em cerca de 50% para ambas as máquinas. Isto traria poupanças de cerca de 11025€ no ano da implementação (1º ano) representando cerca de 14% de poupança durante um ano, e poupando cerca de 31025€ (2ºano) representando cerca de 40% de poupança após implementação, contribuindo para uma melhoria tanto ao nível da logística interna como também ao nível ambiental, reduzindo os custos de consumo energético em cerca de 3% e as emissões de CO2 em cerca de 58%.

Ao longo do desenvolvimento da dissertação, a principal dificuldade enfrentada foi a resistência à mudança, pelo facto do projeto possuir mudanças de paradigma significativos. No entanto, existiu sempre a cooperação por parte de todos os trabalhadores da empresa para a realização do projeto e,

mesmo perante as dificuldades encontradas, foram explicados os possíveis benefícios das mudanças propostas ao longo da dissertação.

Por fim, conclui-se que o sucesso de uma empresa não passa por uma linearidade de ações, mas sim por uma constante preocupação e adaptação das várias alterações possíveis, seja em termos de recursos tecnológicos, seja em termos de recursos humanos presentes no seio de uma organização. Hoje em dia, a constante evolução tanto ao nível tecnológico nos mercados atuais, da globalização, da competitividade e dos modelos de negócios têm impacto na capacidade produtiva, na diferenciação dos produtos, na inovação e nos vários outros fatores essenciais para as atividades de uma empresa, que proporcione por si só, uma grande importância a melhoria contínua.

7.2. Trabalho futuro

Num primeiro tempo, ao nível de trabalhos futuros existem as melhorias previamente identificadas, mas cuja implementação não foi possível ser realizada, uma vez que a exigiam mais tempo para a sua conclusão. Desta forma, as melhorias propostas no plano de ações que não venham a ser implementadas imediatamente após a conclusão do projeto devem ser implementadas posteriormente de forma a promover a melhoria contínua da UAP em estudo.

Além disto, considera-se muito importante a implementação dos 6S, pelo facto de complementar as propostas de melhoria efetuadas no que diz respeito à melhoria das condições de trabalho para os operários das prensas *transfer*, no sentido de para além englobar as cinco atividades principais relativas aos 5S, utilizadas para promover um local de trabalho arrumado, organizado e apto para desempenhar as tarefas de forma eficiente e eficaz, o ultimo “S” diz respeito à segurança e a eficiência operacional das tarefas realizadas por parte dos operários da produção, que devem ser aplicadas na UAP2.

Deve ainda ser considerado no futuro, a implementação do *standard work* para as rotas dos comboios APROS, rota 3 e 4, de forma a normalizar as tarefas dos operadores logísticos desses comboios e implementar a utilização de exoesqueletos para a realização das tarefas. Para além disso, dadas as mudanças no *layout* da organização, e o aumento da procura, e o aumento da produção, a incorporação de dois outros comboios logísticos, cujas tarefas serão idênticas às dos comboios da rota 3 e 4 (projeto comboio rota 5 e rota 6) torna-se necessária.

Por fim, através do estudo do projeto AGVN1, caso a empresa implemente os AGVs referidos e obtenha resultados iguais ou parecidos aos resultados da simulação 3D do projeto, deve-se efetuar um estudo

para a incorporação de outros AGVs na Nave 1, dependendo da realidade dos problemas, das características das máquinas e do espaço físico das outras UAP da Nave 1.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdulmouti, H. (2015). The role of Kaizen (continuous improvement) in improving companies' performance: A case study. *2015 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (IEOM)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/IEOM.2015.7093768>
- Abergo (2000), O que é ergonomia. Consultado em 16/02/2020. Disponível em http://www.abergo.org.br/INTERNAS.PHP?PG=O_QUE_E_ERGONOMIA
- Abreu, M. F., Alves, A. C., & Moreira, F. (2017). Lean-Green models for eco-efficient and sustainable production. *Energy*, 137, 846–853. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.04.016>
- ADENE - Agência para a Energia. (2011). Guia Da Eficiência Energética. *Guia Da Eficiência Energética*.
- Agência Europeia para a Segurança e a Saúde no Trabalho (2007). *Lesões músculoesqueléticas de origem profissional*. Regresso ao trabalho. Bilbao.
- AICEP. (2016). Indústria automóvel e componentes. *Portugalglobal*, 66.
- Albano, M. (2015). Implementação de Supermercados na Produção na Empresa Schnellecke. Dissertação mestrado. Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Alves, A., Ferreira, A. C., Costa Maia, L., P. Leão, C., & Carneiro, P. (2019). A symbiotic relationship between Lean Production and Ergonomics: insights from Industrial Engineering final year projects. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 10(4), 243–256. <https://doi.org/10.24867/IJIE-2019-4-244>
- Alves, A. C., Sousa, R. M., & Dinis-Carvalho, J. (2016). Redesign of the production system: A hard decision-making process. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 2016-Janua*, 1128–1132. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2015.7385824>
- Alves, A. C., Sousa, R. M., Dinis-Carvalho, J., & Moreira, F. (2015). Production systems redesign in a lean context: A matter of sustainability. *FME Transactions*, 43(4), 344–352. <https://doi.org/10.5937/fmet1504344A>
- AnyLogic (2020). AnyLogic: Simulation Modeling Software Tools. Retrieved from <https://www.anylogic.com/>.
- Araújo, A. S. B. De. (2011). *Implementação de um Sistema Pull e outras técnicas de produção Lean numa linha de montagem de componentes electrónicos*. (February). Retrieved from http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/16449/1/tese_ArianaAraujo_2011.pdf
- Arezes, P. M., Dinis-Carvalho, J., & Alves, A. C. (2015). Workplace ergonomics in lean production environments: A literature review. *Work*, 52(1), 57–70. <https://doi.org/10.3233/WOR-141941>
- ASTI a) (2020). *Quadbot*. Plataforma. Agvs, Platform.
- ASTI b) (2020). *Tribot*. Plataforma. Agvs, Platform.
- Arezes, P. M., Dinis-Carvalho, J., & Alves, A. C. (2015). Workplace ergonomics in lean production environments: A literature review. *Work*, 52(1), 57–70. <https://doi.org/10.3233/WOR-141941>
- Barroso, M., Carneiro, P., and Braga, A. C. (2006). Assessment of the risk of Musculoskeletal disorders on Dentist' activities, in the proceedings of the 16th Congress of the Internacional Ergonomics Association (IEA). Meeting Diversity in Ergonomics, Maastricht. The Netherlands. p. 6.
- Barroso, P.M., & Costa, L.G. (2010). Antropometria. Guimarães: Dep. Produção e Sistemas Esc. de Engenharia Universidade do Minho.
- Benteler (2017). Relatório financeiro anual.
- Bergmiller, G., & McCright, P. (2009). Parallel Models for Lean and Green Operations. *Industrial Engineering Research Conference*, 1138–1143.
- Bernard, B. (1997). Musculoskeletal disorders and workplace factors: A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back. US Department of Health and Human Services (DHHS). Publication No. 97-141.
- Bhansin, S. (2015). *Lean Management Beyond Manufacturing: A Holistic Approach*. Springer.
- Bittencourt, V., Alves, A. C., & Leão, C. P. (2019). Lean Thinking contributions for Industry 4.0: a Systematic Literature Review. *9th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management and Control*, (2018).
- Braz, M. (2015). Gestão de Projetos: as Práticas de uma Empresa de Software. Dissertação Mestrado. Universidade de Coimbra.

- Brito, L. (2011). *Organização da produção através da aplicação de ferramentas Lean Manufacturing numa empresa de produção de pneus. Dissertação Mestrado. Universidade do Minho.*
- Brito, M. F., Ramos, A. L., Carneiro, P., & Gonçalves, M. A. (2019). A continuous improvement assessment tool, considering lean, safety and ergonomics. *International Journal of Lean Six Sigma*. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-12-2017-0144>
- Brito, M., Ramos, A. L., Carneiro, P., & Gonçalves, M. A. (2017). Combining SMED methodology and ergonomics for reduction of setup in a turning production area. *Procedia Manufacturing*, 13(1), 1112–1119. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.172>
- Cardoso, J. (2019). *A influência da utilização de um exoesqueleto passivo nos fatores de riscos de lesões musculoesqueléticas durante tarefas industriais. Dissertação Mestrado. Universidade do Minho.*
- Chinosi, M., & Trombetta, A. (2012). BPMN: An introduction to the standard. *Computer standard and Interfaces*, 34(1), 124–134. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2011.06.002>
- CLN group (2017). Relatório financeiro anual.
- Coimbra, E. (2008). “Os sete Principios Kaizen”. Suplemento do Jornal Vida Económica. Kaizen Institute. No 11.
- Coimbra, E. (2009). Total Flow Management: achieving excellence with Kaizen and Lean Supply Chains. Kaizen Institute.
- Dias, L., Oliveira, J., Perreira, G., & Vieira, A. (2016). Discrete Simulation Software Ranking – A top list of the worldwide most popular and used Tools. In Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference.
- Diez-olivan, A., Ser, J. Del, Galar, D., & Sierra, B. (2018). Data Fusion and Machine Learning for Industrial Prognosis: Trends and Perspectives towards Industry 4.0. Information Fusion. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2018.10.005>.
- Eira, R., Maia, L. C., Alves, A. C., & Leão, C. L. (2015). Ergonomic intervention in a Portuguese Textile Company to achieve Lean principles. In P. Arezes, J. Baptista, M. Barroso, P. Carneiro, P. Cordeiro, N. Costa, R. Melo, A. Miguel, & G. Perestrelo (Eds.), *SHO2015: International Symposium on Occupational Safety and Hygiene* (pp. 100–102).
- Ergo/IBV (2020). Ergo/IBV. Consultado em 16/01/2020. Consultado em: <http://www.ergoibv.com/ergoibv/>
- Faw/Logistics Engeneering (2020). AGV Oscar OMNI.
- Ferreira, A. S., & Merino, eugenio andrés dias. (2017). *Métodos utilizados na Ergonomia Organizacional : revisão de literatura Methods used in Organizational ergonomics : Literature Review*. 58–78.
- FlexSim (2020). FlexSim. Consultado em 12/7/2020, disponível em www.flexsim.com
- Fonseca, P. (2008). *A importância da formação profissional contínua nas empresas portuguesas. Dissertação Mestrado. Universidade Técnica de Lisboa.*
- Freitas, F. (2015). Implementação de AGV's – Um estudo de caso industrial. Dissertação mestrado. Universidade Nova de Lisboa.
- Gasiani, A. (2016). A Aplicação da Amostragem de Trabalho no setor de costura de uma Indústria Têxtil. ConBRepro.
- Gaspar, V. (2016). Análise de Tempos e Métodos numa Linha de Produção de autocarros. Dissertação Mestrado. Universidade de Coimbra.
- Gestamp (2018). Relatório ambiental anual.
- Gürbilek, N. (2013). Física. 3ª Unidade. Journal of Chemical Information and Modeling. Vol. 53. p. 1689-1699.
- Hines, P., Found, P., Griffiths, G., & Harrison, R. (2010). *Staying Lean: Thriving, Not just Surviving*. New York: Productivity Press.
- IAPMEI (2020). Indústria 4.0. consultado em 19/04/2020. Disponível em: <https://www.iapmei.pt/Paginas/Industria-4-0.aspx>
- IEA (2019). International Ergonomics Association. Consultado em 28/12/2019, disponível em <https://iea.cc/WHATS/>
- Iida, I. (2005). Ergonomia: projeto e produção. Edição nº2. São Paulo: EdigarBlücher.
- Imai, M. (1986). Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success. In Irwin/McGraw-Hill. Retrieved from pt.kaizen.com
- Indeva (2020). *Indeva @ agv.*

- Karlsson, C., Åhlström, P. (1996). "Assessing changes towards Lean Production". *International Journal of Operation & Production Management*. Vol. 12. p. 24-41.
- Khoshnevis, B. (1994). *Discrete Systems Simulation*. McGraw-Hill.
- Kromer, K., Grandjean, E. (2005). *Manual de Ergonomia: Adaptando o Trabalho ao Homem*. Bookman.
- Liker, J. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. 1ª Edição. New York: McGraw-Hill.
- Linde P30 (2016). *Smart robotics solutions the linde-P30 range*. Linde Material Handling.
- Linde P-MATIC (2016). *Smart robotics solutions the linde-MATIC range*. Linde Material Handling.
- Lotz, C.A., Agnew, M. J., Godwin, A. Stevenson, J. M. (2009). The effect of an on-body personal lift assist device (PLAD) on fatigue during a repetitive lifting task. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. Vol. 19. p.331-340. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2007.08.006>
- Lu, T.-W., & Chang, C.-F. (2012). Biomechanics of human movement and its clinical applications. *The Kaohsiung Journal of medical sciences*, 28(2 Suppl), S13-25.
- Maarof, M. G., & Mahmud, F. (2016). A Review of Contributing Factors and Challenges in Implementing Kaizen in Small and Medium Enterprises. *Procedia Economics and Finance*, 35(October 2015), 522–531. [https://doi.org/10.1016/s2212-5671\(16\)00065-4](https://doi.org/10.1016/s2212-5671(16)00065-4)
- Magna (2017). Relatório financeiro anual.
- 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). <https://doi.org/10.1115/IMECE2012-89048>
- Maia, L., Alves, A. C., & Leão, C. (2013). Sustainable Work Environment with Lean Production in Textile and Clothing Industry. *International Journal of Engineering and Management (IJEM)*, 4(3), 183–190.
- Maia, L. C., Alves, A. C., & Leão, C. P. (2019). People and Ergonomics in a Lean Methodology: a case study. In G. P. Arezes, P., Baptista, J.S., Barroso, M.P., Carneiro, P., Cordeiro, P., Costa, N., Melo, R., Miguel, A.S., Perestrelo (Ed.), *Occupational Safety and Hygiene - SHO2019*.
- Maia Abreu, C. E., Rodrigues Barbosa Gonzaga, D., Dos Santos, F. J., Ferreira de Oliveira, J., De Moraes Oliveira, K. D., Moraes Figueiredo, L., ... Dos Santos Gonçalves, G. A. (2018). Indústria 4.0: Como as Empresas Estão Utilizando a Simulação para se Preparar para o Futuro. *Revista de Ciências Exatas e Tecnologia*, 12(12), 49. <https://doi.org/10.17921/1890-1793.2017v12n12p49-53>
- Martins, C., Sousa, D., Barros, M. (2009). O uso do método de análise hierárquica (AHP) na tomada de decisão gerenciais – Um estudo de caso. *XLI SBPO 2009 – Pesquisa Operacional na Gestão do Conhecimento*. p. 1778 – 1788.
- Matos, G. (2016). *Aplicação de pensamento Lean: Caso de Estudo*. Dissertação Mestrado. Universidade Nova de Lisboa.
- Mattos, D. L. de, Teixeira, L. A. F., Merino, E. A. D., & Silva Júnior, O. F. P. da. (2016). Quick Kaizen de ergonomia: Um estudo de caso em uma indústria do segmento automobilístico. *Journal of Lean Systems*, 1(3), 69–78. Retrieved from <http://www.nexos.ufsc.br/index.php/lean/article/view/1233>
- Mecanarte a) (2020). *Informação técnica*. Consultado em 14/03/2020. Disponível em <http://www.mecanarte.pt/infotecnica.php>
- Mecanarte b) (2020). *Rodízios*. Consultado em 14/03/2020. Disponível em http://www.mecanarte.pt/p_rodizios.php
- Mecanarte c) (2020). *17º Catálogo*. Consultado em 14/03/2020. Disponível em http://www.mecanarte.pt/downloads/catalogo_MECANARTE_17.pdf
- Mecanarte d) (2020). *Rodas*. Consultado em 14/03/2020. Disponível em http://www.mecanarte.pt/p_rodas.php
- Mecanarte e) (2020). *Nossa História*. Consultado em 14/03/2020. Disponível em <http://www.mecanarte.pt/empresa.php>
- Mello, C. (2011). *Gestão da qualidade*. Edição Pearson.

- Melo, T., Alves, A.C., Lopes, I., & Colim, A. (2020). Reducing 3M by Improved Layouts and Ergonomic Intervention in a Lean Journey in a Cork Company. In A. P. et al. (eds) (Ed.), *Occupational and Environmental Safety and Health II. Studies in Systems, Decision and Control* (pp. 537–545). https://doi.org/10.1007/978-3-030-41486-3_58
- MIR (2020). *MiR 1000: User guide*.
- Miranda, P. (2015). *Análise e melhorias das tarefas de um MilkRun de uma empresa do ramo automóvel de forma a prevenir lesões músculo-esqueléticas*. Dissertação Mestrado. Universidade do Minho.
- Monden, Y. (1998). *Toyota Production System: An integrated Approach to Just-In-Time*. Georgia, Engineering & Management Press.
- Monteiro, T. (2014). *Otimização de Mizusumachi*. Dissertação mestrado. Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Movexx (2018). *Movexx T1500*.
- Movexx (2020). *T1000*. Consultado em 17/03/2020. Disponível em: <https://movexx.com/product/t1000/>
- O'Brien, R. (1998). An overview of the methodological approach of action Research. *University of Toronto*, 1–15. Retrieved from <http://www.web.ca/~robrien/papers/arfina.html>
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press. <https://doi.org/10.1108/eb054703>.
- Oliveira, B., Alves, A. C., Carneiro, P., & Ferreira, A. C. (2018). Lean production and ergonomics: a synergy to improve productivity and working conditions. *International Journal of Occupational and Environmental Safety*, 2(2), 1–11. https://doi.org/10.24840/2184-0954_002.002_0001
- Ortiz, C.A. (2006). *Kaizen Assembly: Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line*. New York: CRC Press.
- OTTO Motors (2020). *User guide*.
- Panneman, T. (2020). The Toyota 3M model: Muda, Mura, Muri. Consultado em 24/4/2020. disponível em <http://www.panview.nl/en/lean-production-toyota-3m-model/toyota-3mmodel-muda-mura-muri>
- Pinto, J. (2008). *Lean Thinking: Introdução ao pensamento magro*. Comunidade Lean Thinking.
- Pinto, J. (2009). *Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras*. 1ª Edição. Lidel, Edições Técnicas.
- ProModel (2020). ProModel. Consultado em 12/7/2020, disponível em www.promodel.com
- República Portuguesa (2019). Primeiro ministro e Ministro adjunto da Economia na apresentação na nova fase do i40. Historico XXI Governo. Consultado em 19/04/2020. disponível em: <https://www.portugal.gov.pt/pt/gc21/comunicacao/comunicado?i=primeiro-ministro-e-ministro-adjunto-e-da-economia-na-apresentacao-na-nova-fase-do-i40>
- Richard T. Lubben (1998). *Just-In-Time – Uma estratégia avançada de produção*. 2ª Edição. Editora McGraw-Hill.
- Rosa, F.R. (2016). *V congresso científico da produção da universidade do Vale do Sapucaí 2016: gestão, competência e responsabilidade do profissional da produção*. Pouso-Alegre MG.
- Rotherberg, S., Pil, F.K. & Maxwell, J. (2009). Lean, green, and the quest for superior environmental performance. *Production and Operations Management* 10 (3), 228-243. <https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.2001.tb00372.x>
- Rother, M., Shook, J. (1999). *Learning to see – Value Stream Mapping to add value and eliminate muda*. The Lean Enterprise Institute.
- Russel, S. J., Winnemuller, L., Camp, J. E., & Johnson, P. W. (2007). Comparing the results of five lifting analysis tools. *Applied Ergonomics*. Vol. 38, 91-97.
- Sá, J. (2019). *Aplicação de SMED e outras Ferramentas Lean Production numa Empresa de Produção de componentes para a Aeronáutica*. Dissertação Mestrado. Universidade do Minho.
- Saaty, T.L. (2000) *Decision making for leaders*. Pitts burg, USA: WS. Publications.
- Santos, E. (2013). *Logística baseada em AGVs*. Dissertação mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Sarmiento, L. (2012). *Implementação de um Comboio Logístico para Melhoria da Eficiência do Abastecimento de Componentes*. Dissertação Mestrado. Universidade do Minho.
- Schmidt, A. (1995). *Processo de apoio a tomada de decisão abordagens: AHP e MACBETH*. Dissertação mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina.

- Shannon, R. (1998). Introduction to the Art and Science of Simulation. In Proceedings of the 1998 Winter Simulation conference. p.7-14
- Shingo, S. (1989). *A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering. Revised edition.* Productivity press
- Silva, C., Agostino, I. & De Sousa, S. (2017). A utilização do método PDCA para melhoria dos processos: Um estudo de caso no carregamento de Navios. *Espacios*. Vol.38. p.9.
- Silveira, L. & Salustiano, E. (2012). *A importância da ergonomia nos estudos de tempos e movimentos.* P&D em Engenharia de Produção, Itajubá. Vol. 10. p. 71-80.
- Simões, R. (2015). *Análise e Avaliação de Tarefas de Movimentação Manual de Cargas.* Dissertação mestrado. Universidade Nova de Lisboa.
- Slack, N., Chambers, S., & Johnson, R. (2010). *Operations Management.* Ed. Prentice Hall.
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). *Toyota Production System and Kanban System Materialization of Just-In-Time and Respect-for-Human System.* The International Journal of Production Research, 15(6).
- Tapping, D. (2003). *The Lean Pocket Guide: Tools for the Elimination of Waste! Running LEAN.*
- Tente a) (2020). *Empresa.* Consultado em 14/03/2020. Disponível em <https://www.tente.com/pt-pt>
- Tente b) (2020). *Rodas e rodízios.* Consultado em 14/03/2020. Disponível em <https://www.tente.com/pt-pt/termos-tecnicos/rodas-e-rodizios>
- Tomelin, M., & Colmenero, J.C. (2010). *Método para definição de layout em sistemas job-shop baseado em dados históricos.* Produção.
- Vicente, S., Alves, A. C., Carvalho, S., & Costa, N. (2016). Improving Safety and Health in a Lean Logistic project: a case study in an automotive electronic components company. *SHO2015: International Symposium on Occupational Safety and Hygiene*, 8–10.
- Vidal, M. (2000). *Introdução à Ergonomia.* Monografia. CESRG/GENTE/COPPE/UFRJ.
- Vieira, A., Dias, L., Perreira, G. & Oliveira, J. (2014). Comparasion of Simio and Arena simulation tools. 12th Annual Industrial Conference, ISC 2014.
- Williamson, G.H., & Canen, A.G. (1996). *Facility layout overview: towards competitive advantage.* Facilities.
- Wilson, L. (2010). *How to Implement Lean Manufacturing.* 1^ª Edition. McGraw-Hill Companies.
- Womack, J., and Jones, D. (1996). *Lean Thinking – Banish waste and create wealth in your corporation.* Simons & Schuster.
- Womack, J., and Jones, D., and Roos, D. (1990). *The machine that changed the World: The story of Lean Production,* New York, Rawson Associates.
- Yusoff, S. M., Arezes, P., & Costa, N. (2013). The Integration of Lean Manufacturing and Ergonomics Approach in Workplace Design. *Occupational Safety and Hygiene - Sho2013*, 579–581.

APÊNDICES

APÊNDICE I – BPMN DO FUNCIONAMENTO DOS ARMAZÉNS

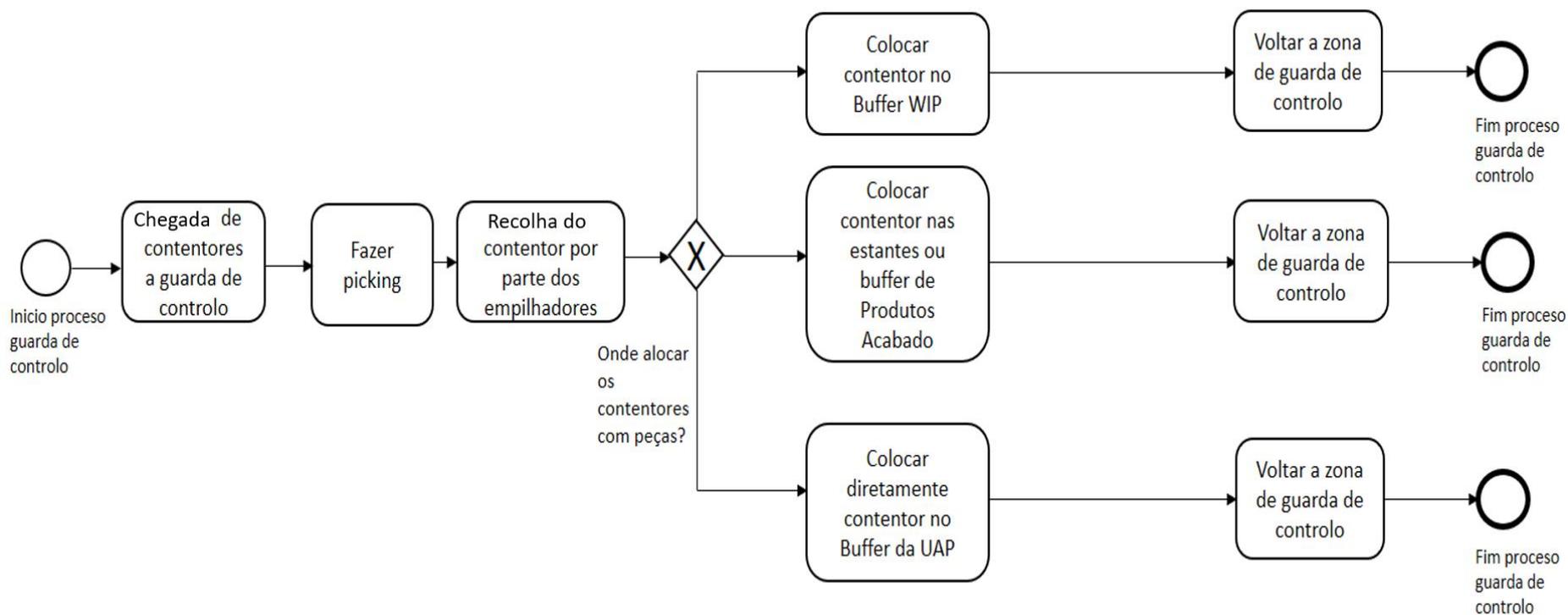


Figura 152: BPMN do processo dentro da zona aguarda controlo

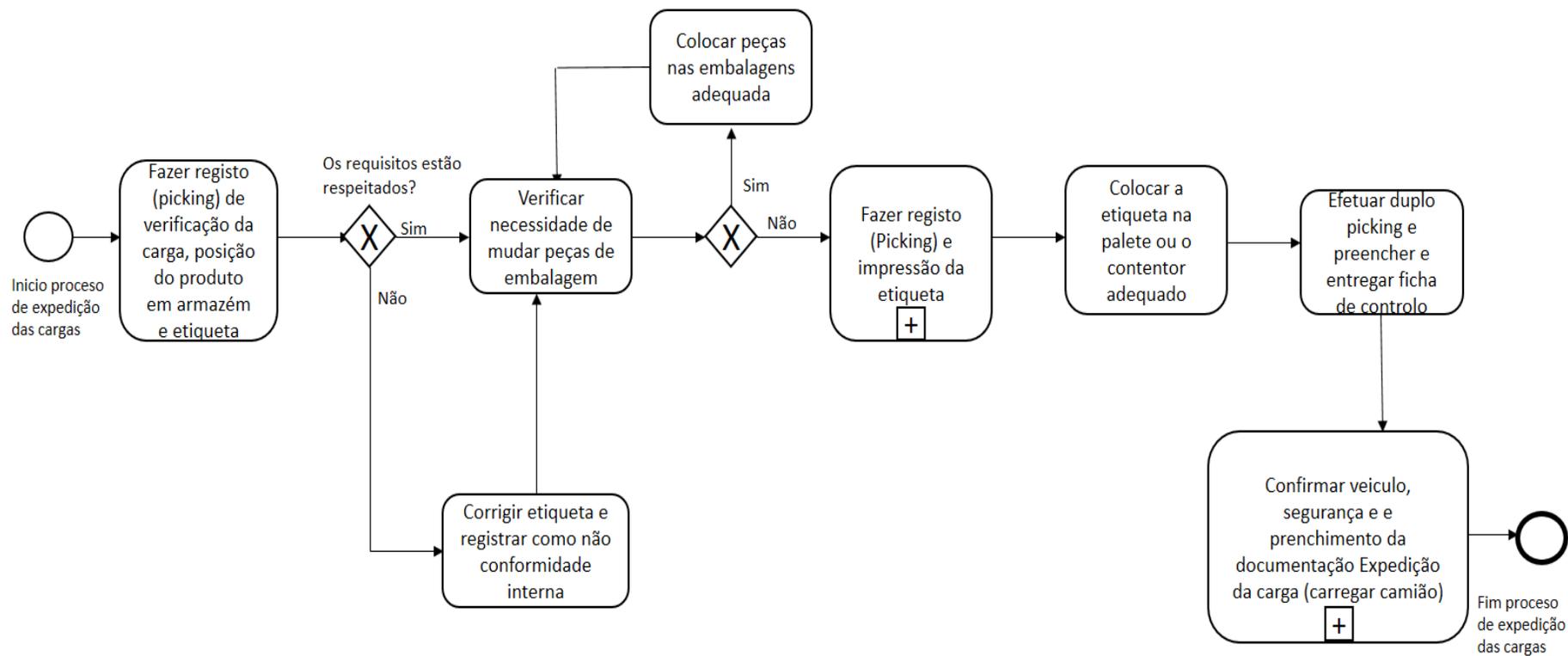
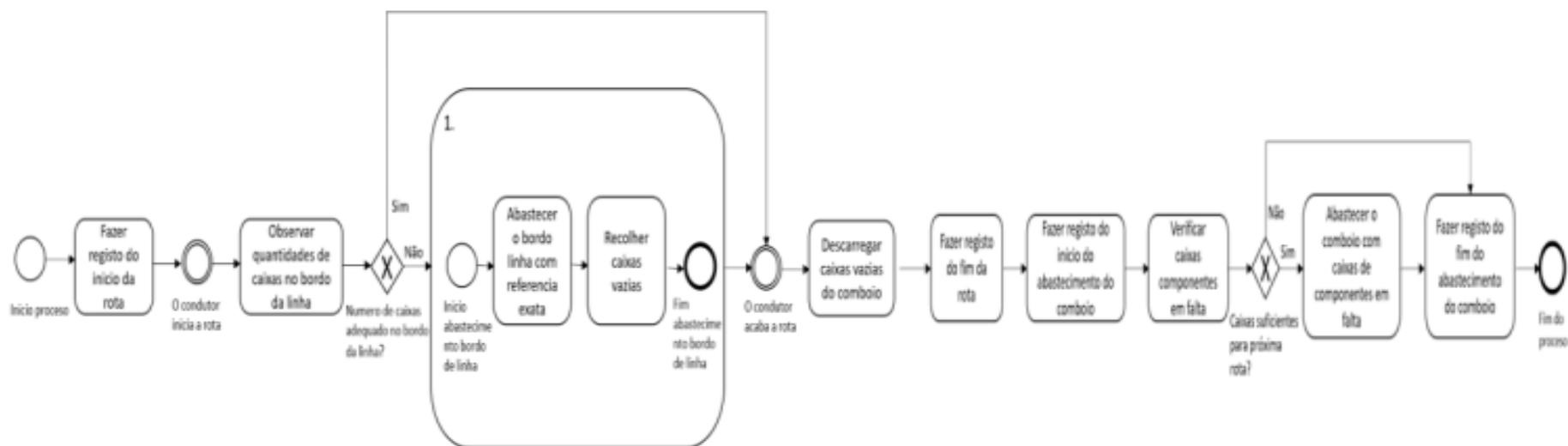


Figura 153: BPMN genérico do processo de expedição



1. Abastecimento das máquinas da Nave 1 ou Nave 2

Figura 154: BPMN do processo genérico do condutor do comboio das rotas APROS- rota 3 – rota 4

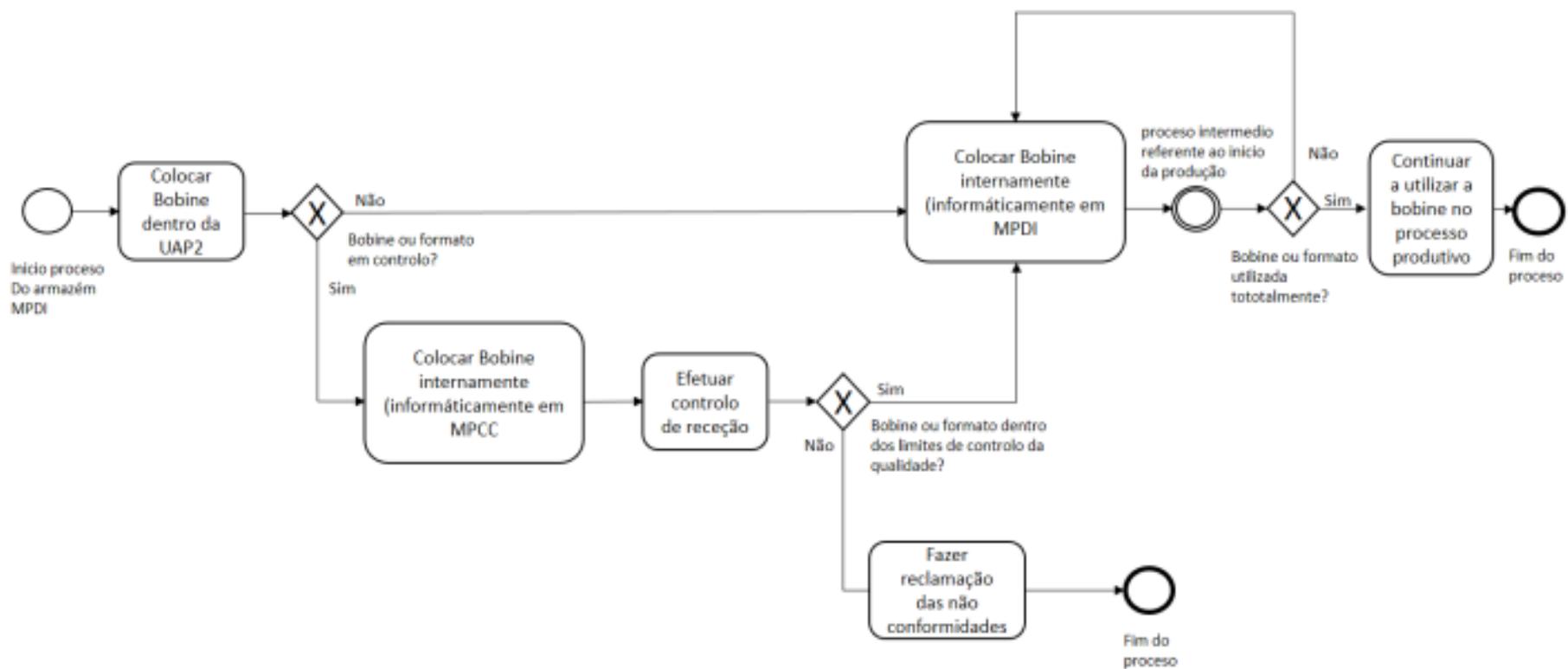


Figura 155: BPMN genérico do processo do armazém MPDI

APÊNDICE II – ORGANIZAÇÃO E PROBLEMA GENÉRICO DAS CARRUAGENS DOS COMBOIOS LOGÍSTICOS ROTA 3 E ROTA 4

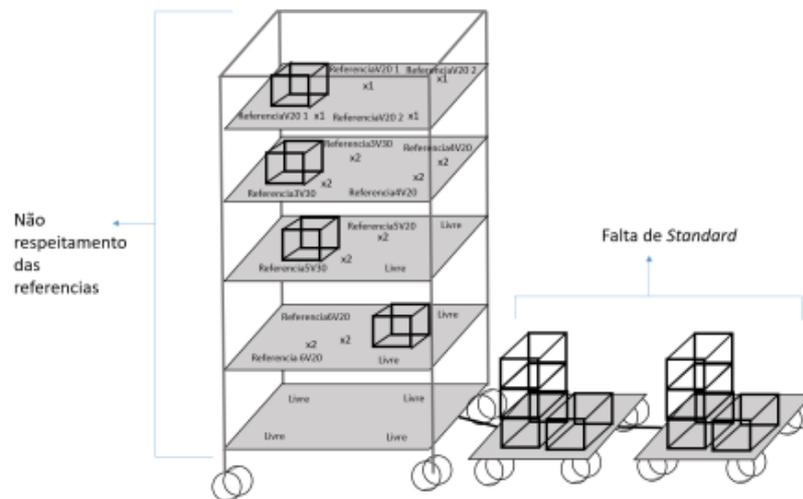


Figura 156: Organização e problemas genéricos das carruagens do comboio logístico Rota 3

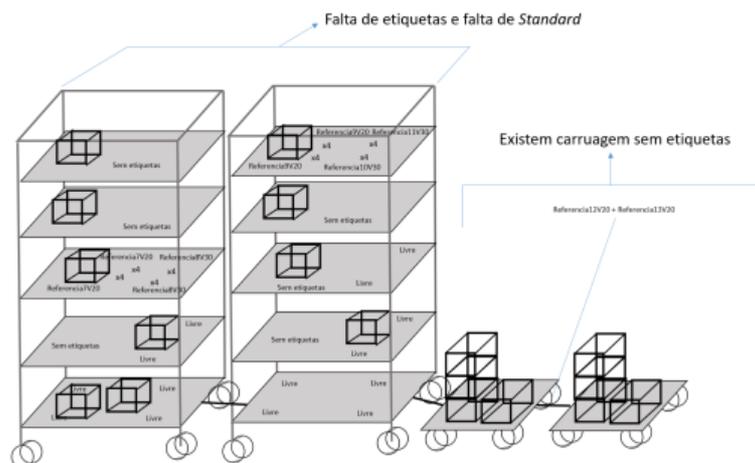


Figura 157: Organização e problemas genéricos das carruagens do comboio logístico Rota 4

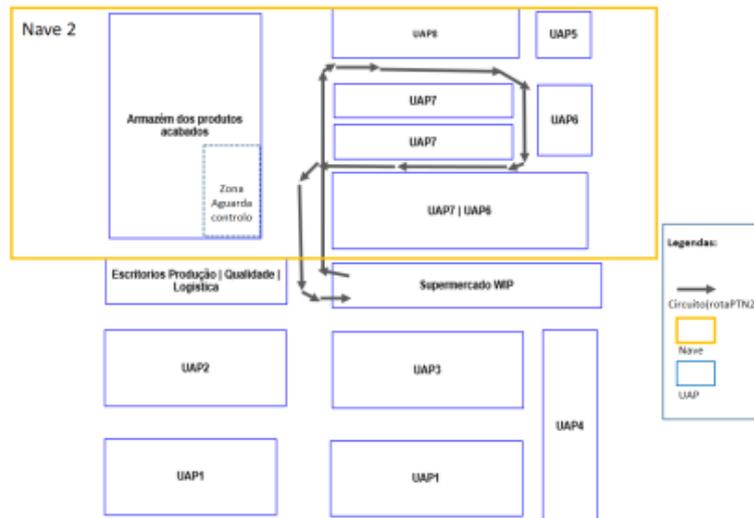
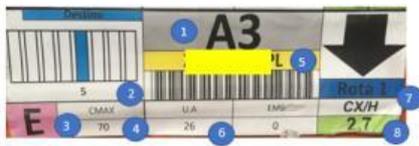


Figura 161: Rota efetuado pelo comboio logístico Rota PTN2

Nesta rota PTN2 (Figura 161), o comboio tem que efetuar a rota com carruagens diferentes, abastecendo máquinas diferentes. No entanto o trajeto a efetuar é o mesmo.

APÊNDICE IV – OUTRAS ETIQUETAS UTILIZADAS NO PROCESSO GENÉRICO

Tabela 30: Outras etiquetas

Armazém	Etiqueta	Organização da etiqueta
armazém STDI	Etiqueta de ponto de reposicionamento 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Referência das peças 2. Ponto de reposição 3. Módulo 4. Localização da paleta no supermercado 5. Código de barras para pistolas de leitura digital
armazém STDI	Etiqueta das caixas APROS 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Referência das peças de componentes pequena (neste comprado a outra entidade) 2. Quantidade de peças por caixa 3. Código fornecedor 4. Número da etiqueta 5. Número de lote
armazém STDI	Cartões <i>Kanbans</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Referência das peças 2. Quantidade de peças por caixas 3. Local encontrado 4. Mão 5. Localização da paleta no supermercado 6. Quantidade de caixas consumidas por hora
armazém STDI	Etiqueta de localização dos componentes nas estantes 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Localização da peça 2. Referência da peça 3. Mão 4. Caixas máximas 5. Consumo máximo 6. Unidade aprovisionamento 7. Rota 8. Consumo caixas por hora
Armazém de expedição	<p>Etiqueta de expedição</p>  <p>a) Etiqueta "mãe" b) Etiqueta "filha"</p> <p>Após as cargas serem postas na zona de expedição, antes dessa mesma serem colocadas no camião para serem enviadas para o cliente final, os operários da logística fazem fotocópias de etiquetas para cada palete ou cada contentor, neste caso, se for uma paleta, uma etiqueta "mãe" é imprimida para referir as característica como a quantidade de peças contida dentro da paleta, e outra "filha", que refere a etiqueta como o numero total de</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Código da peça para cliente 2. Referência da peça do cliente 3. Número da etiqueta 4. Caraterística da carga 5. Quantidade de peças na carga 6. Nome do projeto e da peça 7. Referencia interna da peça 8. Número de lote

caixas contida dentro da palete e o numero total de peças contida dentro da palete.



APÊNDICE V – VSM DA FAMÍLIA DE PRODUTOS REALIZADOS – ESTADO ATUAL

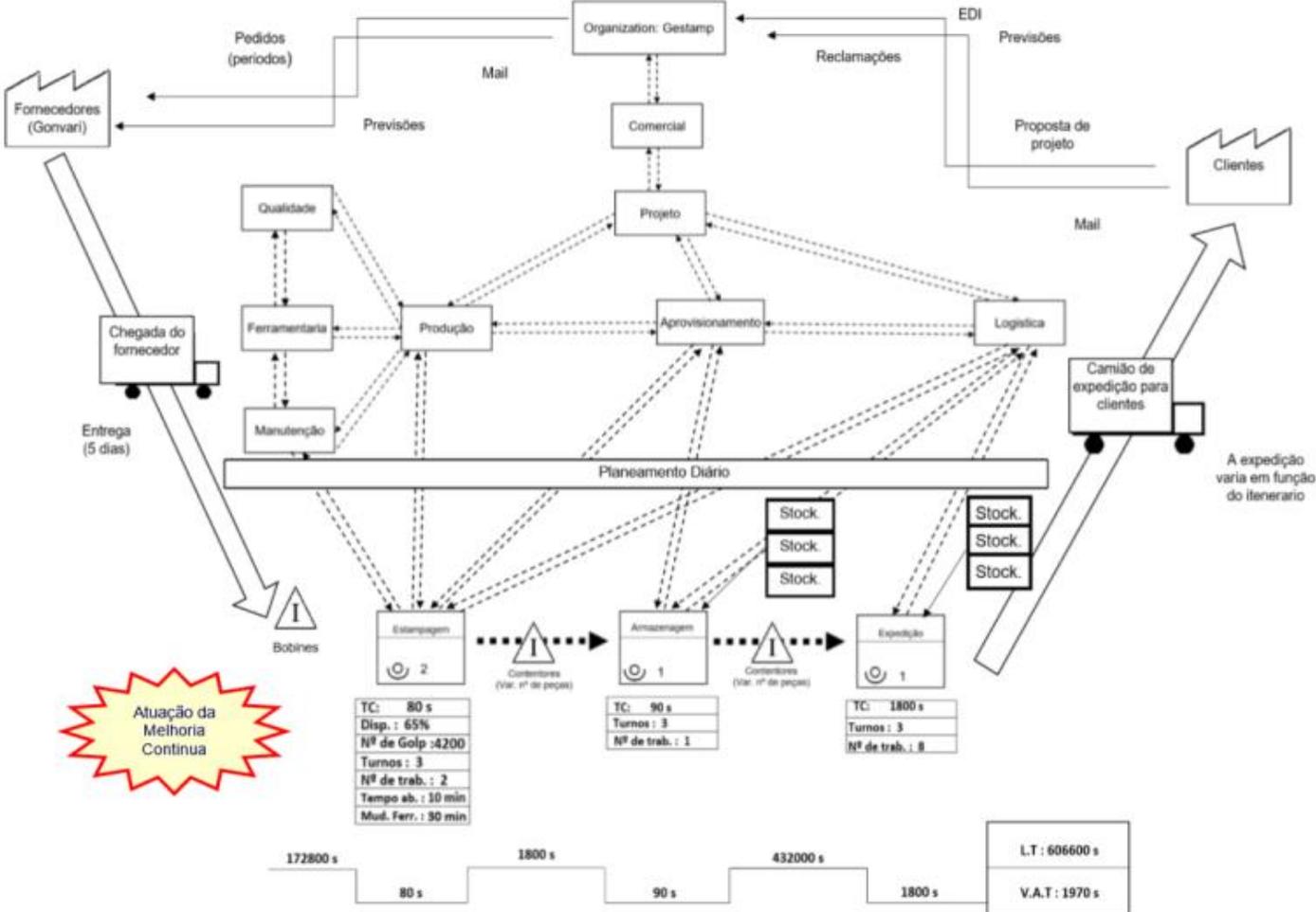


Figura 162: Value Stream Mapping genérico do estado atual da UAP2, no caso de serem peças finais

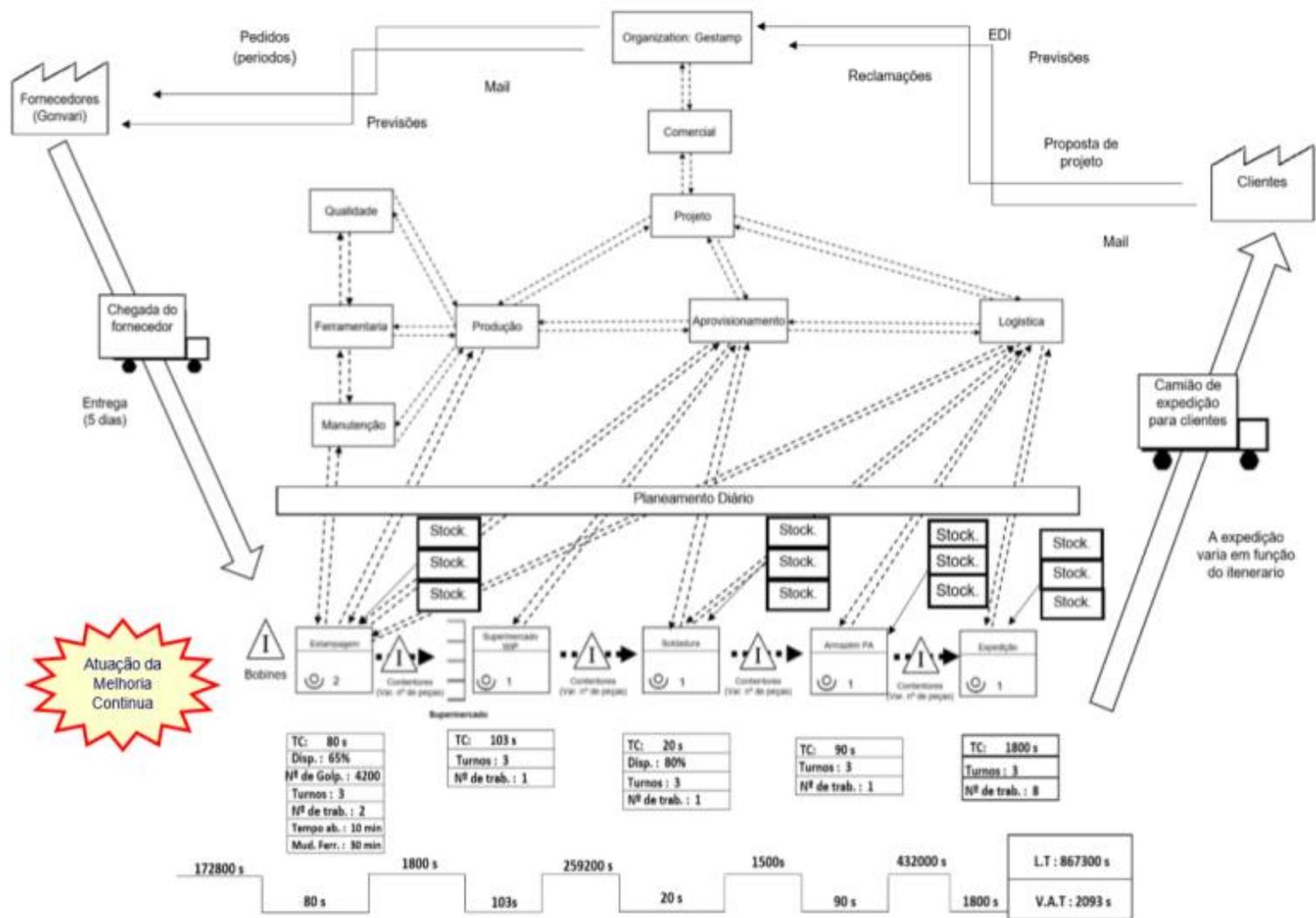


Figura 163: Value Stream Mapping genérico do estado atual da UAP2, no caso de serem peças em via de fabrico (WIP)

APÊNDICE VI – VSM DA FAMÍLIA DE PRODUTOS REALIZADOS – DO FUTURO

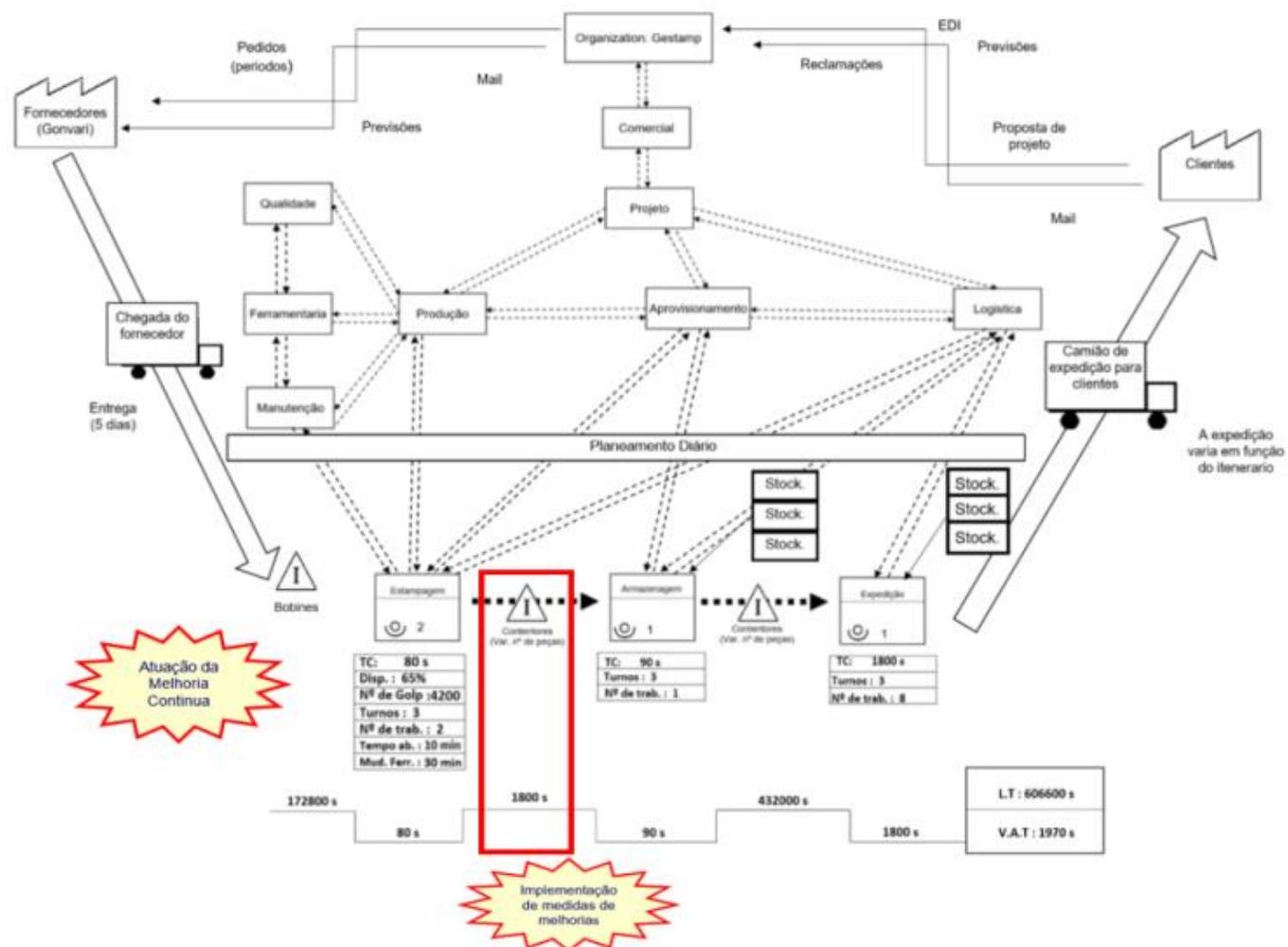


Figura 164: Value Stream Mapping genérico do estado atual da UAP2, no caso de serem peças de produtos acabados com o ponto de atuação associado ao comboio PTN1

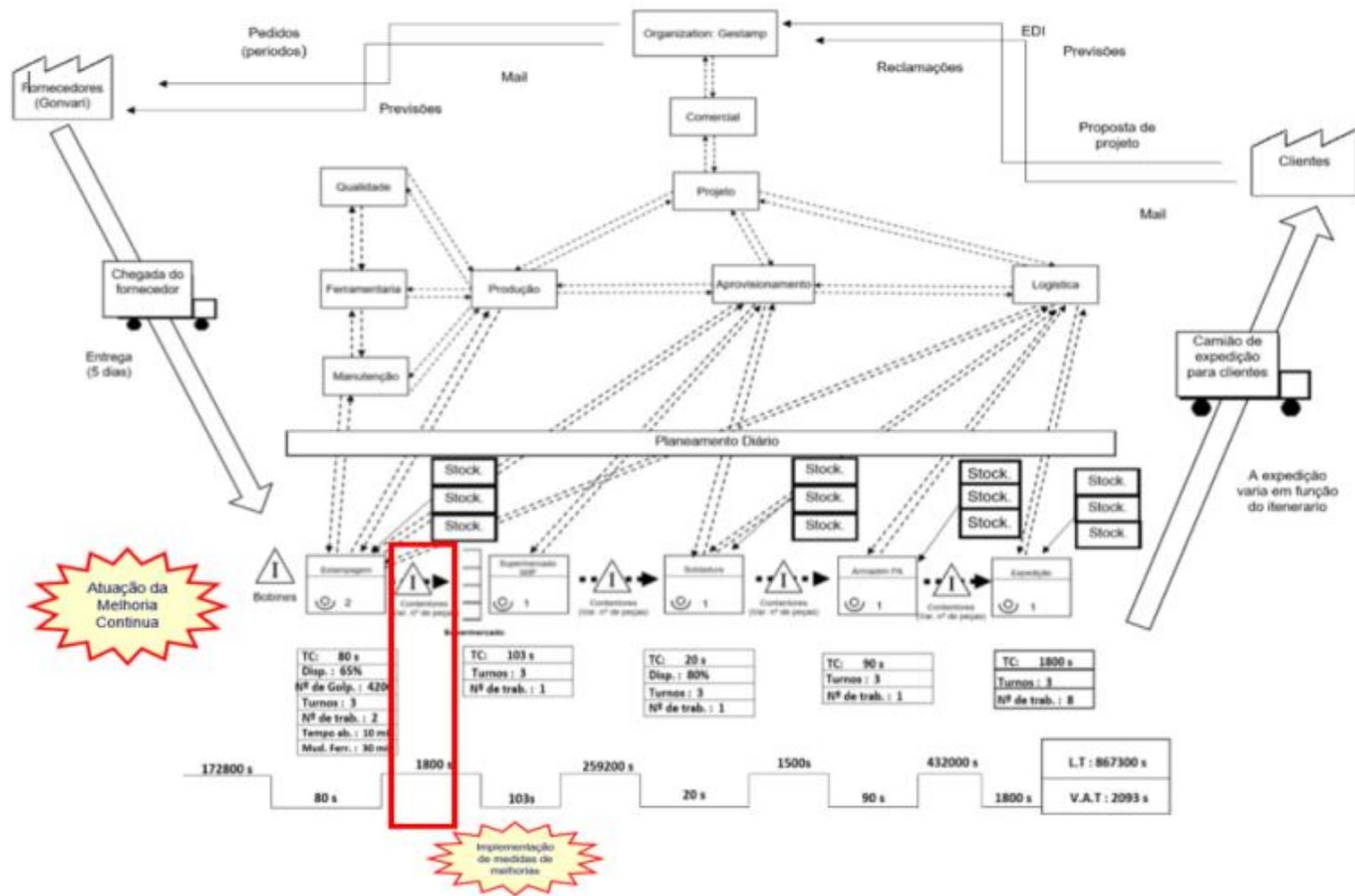


Figura 165: *Value Stream Mapping* genérico do estado atual da UAP2, no caso de serem peças de produtos em via de fabrico, com o ponto de atuação associado ao comboio PTN1

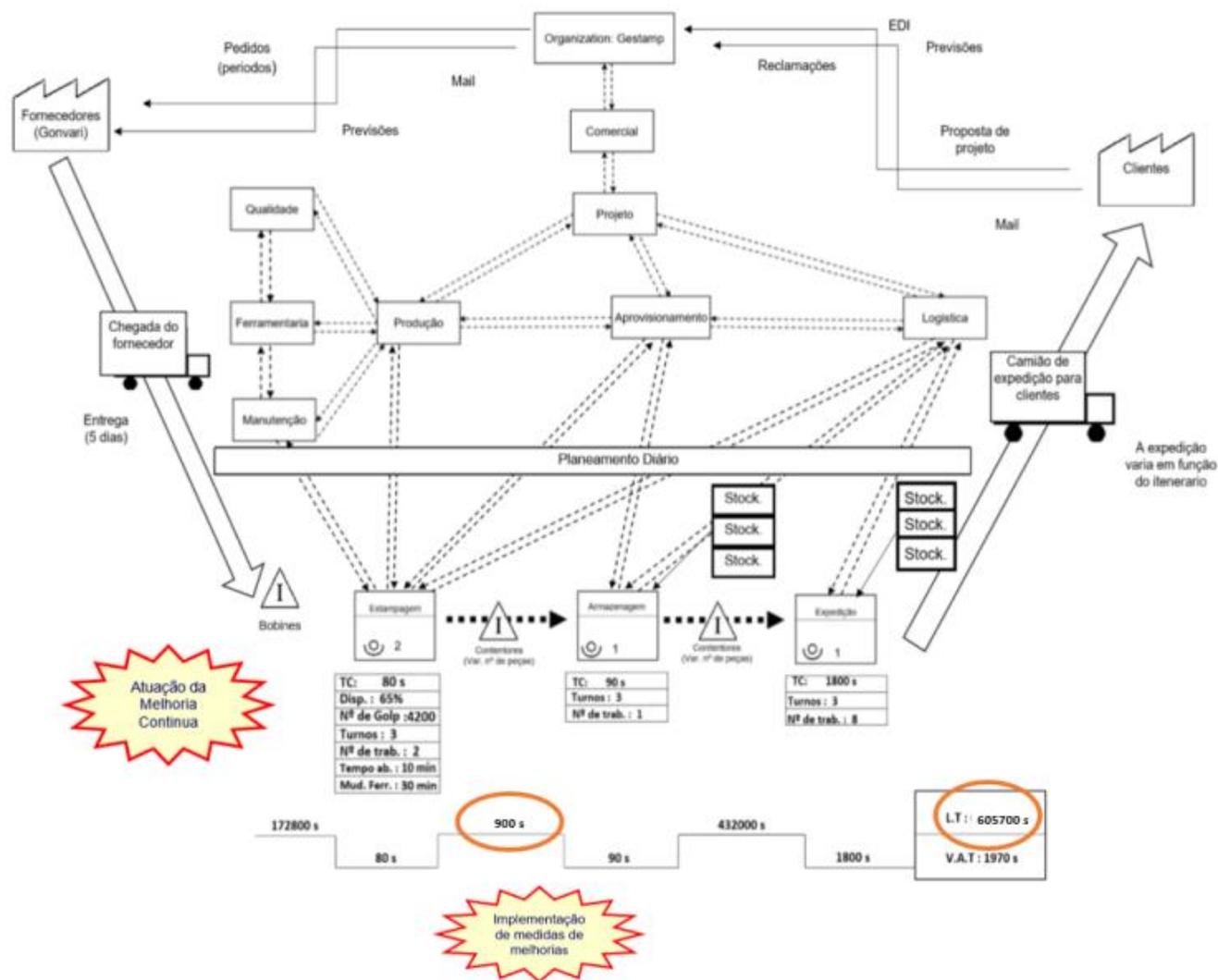


Figura 166: Value Stream Mapping genérico do futuro da UAP2, no caso de serem peças de produtos acabados

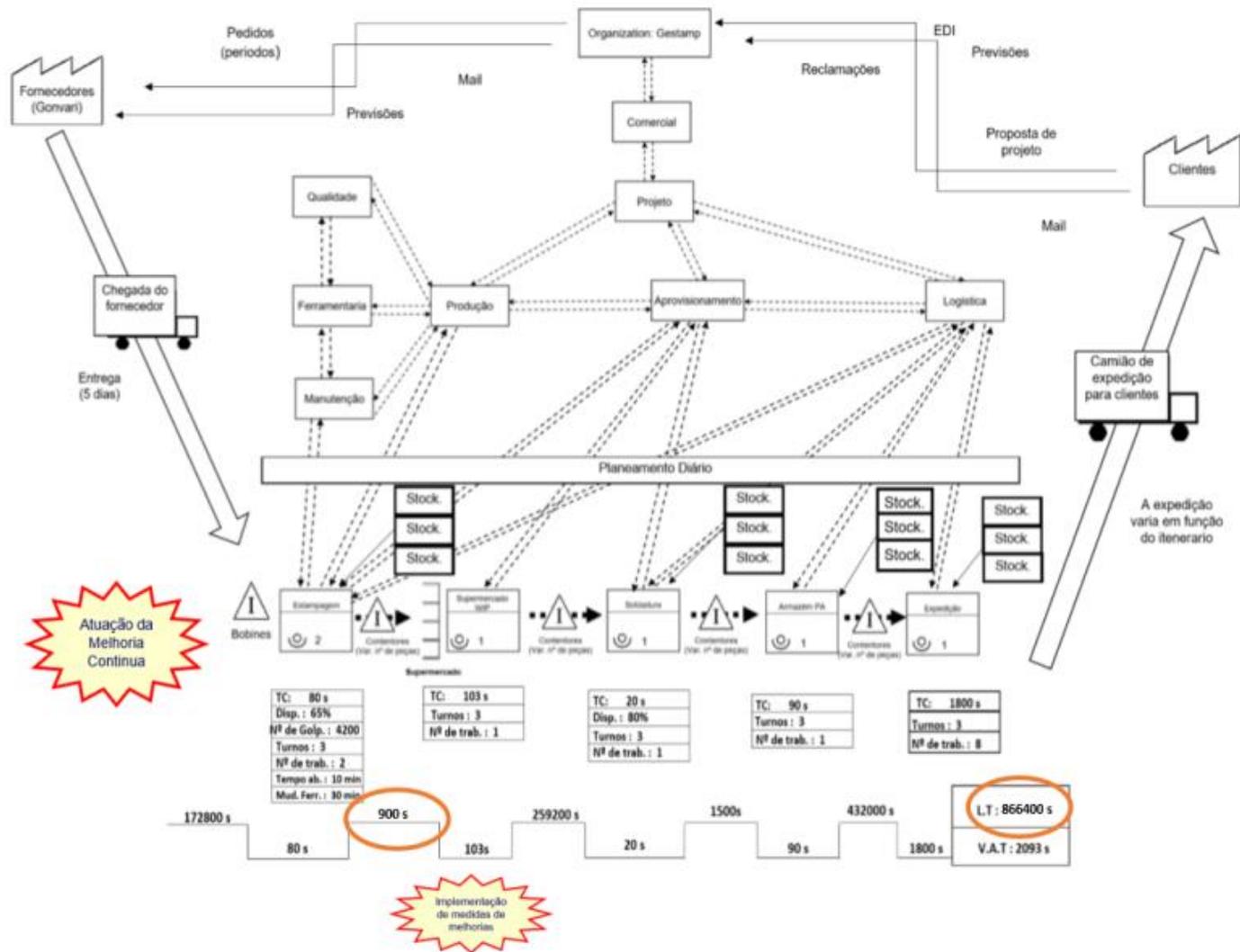


Figura 167: Value Stream Mapping genérico do futuro da UAP2, no caso de serem peças de produtos em via de fabrico (WIP)

APÊNDICE VII – CÁLCULO DO NUMERO DE OBSERVAÇÕES PARA ESTUDO DO TRABALHO

Ao fim de vários vídeos realizados, foi necessário entender se o número de observações realizados era, efetivamente, o número adequado para o estudo. Assim, de acordo com as observações já realizadas, o número de observações e o número de vezes que se tem que observar os operadores em função do número de trabalhadores e usando uma folha de excel que possui o algoritmo do cálculo, o que se constatou-se é que eram necessárias 58 observações (Figura 168).

ESTUDO DE TEMPOS - CÁLCULO DO NÚMERO DE OBSERVAÇÕES

Os tempos são menores que 2 minutos? SIM NÃO

Registre os tempos nas células brancas

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0:00:50	0:00:34	0:00:50	0:00:34	0:00:50	0:00:34	0:00:50	0:00:34	0:00:50	0:00:34
h:mm:ss									

El número de observaciones sugerido es:

58

Para un nivel de confianza del 95%

Ingresar tiempos observados

Figura 168: Análise multi momentos (estudos de tempo) para as tarefas dos operários das prensas no software pré-definido da empresa

No entanto, tendo em conta que se está perante quatro operadores, sendo dois na máquina PT001 e outros dois na máquina PT002, o número de vezes que se tem que observar os operadores são:

$$\text{Número de vezes de observações dos operadores} = \frac{n}{\text{numero de trabalhadores}}$$

Logo:

$$\text{Número de vezes}_{\text{observações dos operadores}} = 58/4$$

$$\text{Número de vezes}_{\text{observações dos operadores}} = 15 \text{ observações}$$

Logo, o número de vezes em que se tem que observar as tarefas é de 15 vezes, no que diz respeito ao estudo ergonómico em relação aos operadores das máquinas das prensas.

No que diz respeito ao estudo ergonómico em relação comboio logístico, de acordo com os mesmos cálculos, como só há um operador por turno a efetuar as tarefas, daí que o número de observações a efetuar são duas (Figura 169).

ESTUDO DE TEMPOS - CÁLCULO DO NÚMERO DE OBSERVAÇÕES

Os tempos são menores que 2 minutos? SIM NÃO

Registre os tempos nas células brancas

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0:00:52	0:00:48	0:00:52	0:00:48	0:00:52	0:00:48	0:00:52	0:00:48	0:00:52	0:00:48
h:mm:ss									

El número de observaciones sugerido es:

2

Para un nivel de confianza del 95%

Ingresar tiempos observados

Figura 169: Análise multi momentos (estudos de tempo) para as tarefas dos operários do milk-Run no software pré-definido da empresa

Após o método de estudos de tempos, foram realizados 15 vídeos relacionado com o estudo ergonómico relacionado com os operários das prensas e dois vídeos relacionados com o estudo do comboio PTN1 associado a UAP2. Para além dos vídeos foram recolhidos informações para a avaliação ergonómica desde das referencias das peças produzidas, o numero de peças produzidas, o peso da peça, as medidas dos contentores em estudo, o peso inicial antes da colocação das peças e final do contentor após a colocações das peças, a altura do suporte onde esta inserido o contentor e dados sobre a produção dessas peças relativamente a maquina onde é produzida (Figura 170).

Producto/ Peças	PT maquina	Características e dados sobre produção e dados dos contentores				Fotos Contentores
ES 	PT001	Nº de peças por golpe	1+1	Peso contentores	Inicial/ 75 kg	
		Nº de peças produzidas	609 pç/h		Final/ 840 Kg	
		Velocidade real	10,15 golpe/h	Comprimentos	1370 mm	
		Peso das peças	2,53 kg	Largura	765 mm	
		Quantidade de peças/contentores	300 pç	Altura	545 mm	
		Contentores inseridas	V-210	Altura da palete inc.	250 mm	

Figura 170: Exemplo de dados recolhidos para a avaliação ergonómica

Proporção de tempo efetuando as tarefas do puxar/ empurrar por parte do operário logístico baseado em estudos de tempos

Afim de confirmar a percentagem de tempo de recolha e troca de contentores, tarefas que tem impacto nas condições físicas do operário logístico, através dos tempos de ciclos recolhidos, constata-se que em media, o operário logístico, em três minutos (180 segundos) de tempo de video, demora em media 25 segundos em empurrar/puxar o contentor nas carruagens quando esta sujeito a realizar essa tarefa quando os contentores são de grande dimensões, e por outro lado, demora em media 11 segundos, a realizar essa tarefa quando esta sujeito a realiza-las com contentores de pequena dimensão.

A partir daí, foi calculado a proporção de tempo, associada a essas tarefas, durante um turno de oito horas. Num primeiro tempo, baseiam-se os cálculos em função de um critério, ou seja, realizar um cálculo em relação a peças pequenas e um outro cálculo em relação a peças de media/grande dimensão. Foi decidido de realizar esses cálculos através das peças analisadas nos vídeos, ao seja, a peça que diz

respeito a uma peça de pequena dimensão, e a peça que diz respeito a uma peça de grande dimensão. Após realizar esses dois cálculos, calcula-se a media dessas percentagens e encontramos o tempo medio em que o operário logístico empurra e puxa os contentores dentro das carruagens do comboio, em oito horas.

Os cálculos são:

1. Peça pequenas

Dados:

- Referencia: peça n°1
- Quantidade de peças produzidas por horas: (130*4) peças (pelo facto de ser 4 contentores 0080)
- Peças produzidas por hora (produção real): 927 pç/h

Cálculo:

1. Tempo de preenchimento do contentor = $520/927 = 0,56$ h
2. $0,56\text{h} = 32,6$ minutos
3. % de tempo que o condutor puxa e empurra contentor em uma hora = $32,6 / 60 = 56\%$
4. % de tempo que o condutor puxa e empurra contentor em oito hora = $268,8 / 480 = 56\%$

2. Peça grande

Dados:

- Referencia: peça n°2
- Quantidade de peças produzidas por horas: 170 peças (contentor 00123)
- Peças produzidas por hora (produção real): 830,07 pç/h

Cálculo:

1. Tempo de preenchimento dos contentores = $170/830,07 = 0,21$ h
 2. $0,21\text{h} = 13$ minutos
 3. % de tempo que o condutor puxa e empurra contentor em uma hora = $13 / 60 = 22\%$
 4. % de tempo que o condutor puxa e empurra contentor em oito hora = $104 / 480 = 22\%$
3. Media das % de tempo em que o condutor puxa e empurra os contentores dentro das carruagens

Media das % de tempo em que o condutor puxa e empurra os contentores dentro das carruagens = $(0,56 + 0,22) / 2$

Media das % de tempo em que o condutor puxa e empurra os contentores dentro das carruagens = 39%

Através do estudo efetuado, observe-se que em 8h, o operador logístico esteve cerca de 39% do seu tempo a empurrar e puxar os contentores dentro das carruagens do comboio PTN1.

A partir dessas duas análises, constata-se que em média, a proporção de tempo efetuando as tarefas do puxar/ empurrar por parte do operário logístico é destacado entre 35% a 40% do seu tempo.

APÊNDICE VIII – REGISTOS DE DADOS: POSTOS DE ESTAMPAGEM- AVALIAÇÃO ERGONÓMICA

Posto/ Peças	PT máquina	Características e dados sobre produção e dados dos componentes						Foto Componente	
		Nº de peças por golpe	Nº de peças produzidas	Velocidade real	Peso das peças	Quantidade de peças/componentes	Componentes inseridas		
E 1/597	PT000	Nº de peças produzidas	609 pc/h	Comprimentos	1370 mm	Comprimentos	Final	75 kg	
		Velocidade real	10,15 golp/h	Comprimentos	1370 mm	Comprimentos	Final	340 Kg	
		Peso das peças	2,53 kg	Comprimentos	1370 mm	Comprimentos	Final	340 Kg	
		Quantidade de peças/componentes	300 pc	Comprimentos	1370 mm	Comprimentos	Final	340 Kg	
		Componentes inseridas	4/210	Comprimentos	1370 mm	Comprimentos	Final	340 Kg	
		Altura do pallets inc.	250 mm	Comprimentos	1370 mm	Comprimentos	Final	340 Kg	
E4 1/13	PT000	Nº de peças produzidas	946 pc/h	Comprimentos	1180 mm	Comprimentos	Final	129 kg	
		Velocidade real	15,7 golp/h	Comprimentos	1180 mm	Comprimentos	Final	946 Kg	
		Peso das peças	0,524 kg	Comprimentos	1180 mm	Comprimentos	Final	946 Kg	
		Quantidade de peças/componentes	2200 pc	Comprimentos	1180 mm	Comprimentos	Final	946 Kg	
		Componentes inseridas	00023	Comprimentos	1180 mm	Comprimentos	Final	946 Kg	
		Altura do pallets inc.	250 mm	Comprimentos	1180 mm	Comprimentos	Final	946 Kg	
E4 1/12	PT000	Nº de peças produzidas	946 pc/h	Comprimentos	723 mm	Comprimentos	Final	14 kg	
		Velocidade real	15,7 golp/h	Comprimentos	723 mm	Comprimentos	Final	104,20kg	
		Peso das peças	0,524 kg	Comprimentos	723 mm	Comprimentos	Final	104,20kg	
		Quantidade de peças/componentes	2200 pc	Comprimentos	723 mm	Comprimentos	Final	104,20kg	
		Componentes inseridas	00000	Comprimentos	723 mm	Comprimentos	Final	104,20kg	
		Altura do pallets inc.	250 mm	Comprimentos	723 mm	Comprimentos	Final	104,20kg	
E2 0	PT000	Nº de peças produzidas	830,07 pc/h	Comprimentos	719 mm	Comprimentos	Final	129 kg	
		Velocidade real	13,8345 golp/h	Comprimentos	719 mm	Comprimentos	Final	404,5 Kg	
		Peso das peças	2,15 kg	Comprimentos	719 mm	Comprimentos	Final	404,5 Kg	
		Quantidade de peças/componentes	170 pc	Comprimentos	719 mm	Comprimentos	Final	404,5 Kg	
		Componentes inseridas	00025	Comprimentos	719 mm	Comprimentos	Final	404,5 Kg	
		Altura do pallets inc.	250 mm	Comprimentos	719 mm	Comprimentos	Final	404,5 Kg	
E0 0	PT000	Nº de peças produzidas	830,07 pc/h	Comprimentos	1180 mm	Comprimentos	Final	143 kg	
		Velocidade real	13,8345 golp/h	Comprimentos	1180 mm	Comprimentos	Final	376,3 Kg	
		Peso das peças	2,15 kg	Comprimentos	1180 mm	Comprimentos	Final	376,3 Kg	
		Quantidade de peças/componentes	170 pc	Comprimentos	1180 mm	Comprimentos	Final	376,3 Kg	
		Componentes inseridas	00014	Comprimentos	1180 mm	Comprimentos	Final	376,3 Kg	
		Altura do pallets inc.	250 mm	Comprimentos	1180 mm	Comprimentos	Final	376,3 Kg	
E2 1	PT000	Nº de peças produzidas	1256 pc/h	Comprimentos	1180 mm	Comprimentos	Final	107 kg	
		Velocidade real	20,03 golp/h	Comprimentos	1180 mm	Comprimentos	Final	408,250 Kg	
		Peso das peças	1,3 kg	Comprimentos	1180 mm	Comprimentos	Final	408,250 Kg	
		Quantidade de peças/componentes	240 pc	Comprimentos	1180 mm	Comprimentos	Final	408,250 Kg	
		Componentes inseridas	00023	Comprimentos	1180 mm	Comprimentos	Final	408,250 Kg	
		Altura do pallets inc.	250 mm	Comprimentos	1180 mm	Comprimentos	Final	408,250 Kg	
E1 1	PT000	Nº de peças produzidas	1248 pc/h	Comprimentos	1180 mm	Comprimentos	Final	120 kg	
		Velocidade real	20,76 golp/h	Comprimentos	1180 mm	Comprimentos	Final	494,5 Kg	
		Peso das peças	2,44 kg	Comprimentos	1180 mm	Comprimentos	Final	494,5 Kg	
		Quantidade de peças/componentes	150 pc	Comprimentos	1180 mm	Comprimentos	Final	494,5 Kg	
		Componentes inseridas	00003	Comprimentos	1180 mm	Comprimentos	Final	494,5 Kg	
		Altura do pallets inc.	250 mm	Comprimentos	1180 mm	Comprimentos	Final	494,5 Kg	
E1 1/60	PT000	Nº de peças produzidas	920 pc/h	Comprimentos	1110 mm	Comprimentos	Final	20kg	
		Velocidade real	15,33583 golp/h	Comprimentos	1110 mm	Comprimentos	Final	286,250 Kg	
		Peso das peças	0,94 kg	Comprimentos	1110 mm	Comprimentos	Final	286,250 Kg	
		Quantidade de peças/componentes	270 pc	Comprimentos	1110 mm	Comprimentos	Final	286,250 Kg	
		Componentes inseridas	3F	Comprimentos	1110 mm	Comprimentos	Final	286,250 Kg	
		Altura do pallets inc.	250 mm	Comprimentos	1110 mm	Comprimentos	Final	286,250 Kg	
E2 1	PT000	Nº de peças produzidas	920 pc/h	Comprimentos	1110 mm	Comprimentos	Final	20kg	
		Velocidade real	15,33583 golp/h	Comprimentos	1110 mm	Comprimentos	Final	286,250 Kg	
		Peso das peças	0,94 kg	Comprimentos	1110 mm	Comprimentos	Final	286,250 Kg	
		Quantidade de peças/componentes	270 pc	Comprimentos	1110 mm	Comprimentos	Final	286,250 Kg	
		Componentes inseridas	3F	Comprimentos	1110 mm	Comprimentos	Final	286,250 Kg	
		Altura do pallets inc.	250 mm	Comprimentos	1110 mm	Comprimentos	Final	286,250 Kg	
E2 1/506	PT000	Nº de peças produzidas	927 pc/h	Comprimentos	1180 mm	Comprimentos	Final	36 kg	
		Velocidade real	15,45 golp/h	Comprimentos	1180 mm	Comprimentos	Final	230,220 Kg	
		Peso das peças	0,744 kg	Comprimentos	1180 mm	Comprimentos	Final	230,220 Kg	
		Quantidade de peças/componentes	130 pc	Comprimentos	1180 mm	Comprimentos	Final	230,220 Kg	
		Componentes inseridas	00080	Comprimentos	1180 mm	Comprimentos	Final	230,220 Kg	
		Altura do pallets inc.	250 mm	Comprimentos	1180 mm	Comprimentos	Final	230,220 Kg	
E2 1/0/506	PT000	Nº de peças produzidas	853,74 pc/h	Comprimentos	1110 mm	Comprimentos	Final	12 kg	
		Velocidade real	14,23 golp/h	Comprimentos	1110 mm	Comprimentos	Final	305,040 Kg	
		Peso das peças	0,86 kg	Comprimentos	1110 mm	Comprimentos	Final	305,040 Kg	
		Quantidade de peças/componentes	260 pc	Comprimentos	1110 mm	Comprimentos	Final	305,040 Kg	
		Componentes inseridas	4C	Comprimentos	1110 mm	Comprimentos	Final	305,040 Kg	
		Altura do pallets inc.	250 mm	Comprimentos	1110 mm	Comprimentos	Final	305,040 Kg	
E3 1/55	PT000	Nº de peças produzidas	822,55 pc/h	Comprimentos	728 mm	Comprimentos	Final	35 kg	
		Velocidade real	13,715 golp/h	Comprimentos	728 mm	Comprimentos	Final	320 Kg	
		Peso das peças	0,713 kg	Comprimentos	728 mm	Comprimentos	Final	320 Kg	
		Quantidade de peças/componentes	400 pc	Comprimentos	728 mm	Comprimentos	Final	320 Kg	
		Componentes inseridas	00080	Comprimentos	728 mm	Comprimentos	Final	320 Kg	
		Altura do pallets inc.	250 mm	Comprimentos	728 mm	Comprimentos	Final	320 Kg	
E1 1/12	PT000	Nº de peças produzidas	612,11 pc/h	Comprimentos	1140 mm	Comprimentos	Final	71 kg	
		Velocidade real	15,53829 golp/h	Comprimentos	1140 mm	Comprimentos	Final	446 Kg	
		Peso das peças	3,3 kg	Comprimentos	1140 mm	Comprimentos	Final	446 Kg	
		Quantidade de peças/componentes	540 pc	Comprimentos	1140 mm	Comprimentos	Final	446 Kg	
		Componentes inseridas	00081	Comprimentos	1140 mm	Comprimentos	Final	446 Kg	
		Altura do pallets inc.	250 mm	Comprimentos	1140 mm	Comprimentos	Final	446 Kg	
E0 1	PT000	Nº de peças produzidas	1278 pc/h	Comprimentos	1000 mm	Comprimentos	Final	60,2 kg	
		Velocidade real	21,3 golp/h	Comprimentos	1000 mm	Comprimentos	Final	270,240 Kg	
		Peso das peças	1,84 kg	Comprimentos	1000 mm	Comprimentos	Final	270,240 Kg	
		Quantidade de peças/componentes	80 pc	Comprimentos	1000 mm	Comprimentos	Final	270,240 Kg	
		Componentes inseridas	01292	Comprimentos	1000 mm	Comprimentos	Final	270,240 Kg	
		Altura do pallets inc.	250 mm	Comprimentos	1000 mm	Comprimentos	Final	270,240 Kg	
E2 1	PT000	Nº de peças produzidas	920 pc/h	Comprimentos	1110 mm	Comprimentos	Final	20kg	
		Velocidade real	15,33583 golp/h	Comprimentos	1110 mm	Comprimentos	Final	286,250 Kg	
		Peso das peças	0,94 kg	Comprimentos	1110 mm	Comprimentos	Final	286,250 Kg	
		Quantidade de peças/componentes	270 pc	Comprimentos	1110 mm	Comprimentos	Final	286,250 Kg	
		Componentes inseridas	3F	Comprimentos	1110 mm	Comprimentos	Final	286,250 Kg	
		Altura do pallets inc.	250 mm	Comprimentos	1110 mm	Comprimentos	Final	286,250 Kg	

Figura 171: Registos dos dados após recolha de informação na UAP2

Nota: devido à confidencialidade dos dados, a imagem está propositadamente desfocada.

APÊNDICE IX – ESTUDO ERGONÓMICO: ANÁLISE E AVALIAÇÃO ERGONÓMICA (MMC E POSTURAS)

Análise ergonómica: realização da Análise Sue Rodgers

A fim de detetar os riscos ergonómicos nas posições forçadas e nas tarefas repetitivas, utilizou-se o método Sue Rodgers, referido na secção 2.3.5.1. Com esta análise pretendeu-se estudar e ponderar numa escala de 1 a 3, o esforço, a duração e a frequência requeridas por cada parte do corpo numa realização de uma tarefa. A partir destes parâmetros é feita uma predição da fadiga muscular. Para a deteção da existência de risco ergonómico na manipulação manual de cargas (MMC) o critério de deteção é estimado quando são sempre manipuladas cargas superiores a 3Kg, neste caso existe risco ergonómico, tendo, portanto, de ser avaliado.

Num primeiro tempo foram efetuadas medições de esforço, duração e frequência. Em relação a determinação do nível de esforço, foram avaliados como ligeiros (1), Moderados (2) ou Fortes (3) de acordo com a classificação do método de Sue Rodgers. A duração é o tempo que um músculo permanece ativo de um modo contínuo. A duração é avaliada numa escala de 1, 2 ou 3 para cada grupo de músculos. A duração do esforço é medida apenas para o nível de esforço que está a ser avaliado e apenas num ciclo de trabalho. Considere-se as classes de duração do esforço mencionadas na Tabela 31, para cada grupo de músculos.

O ciclo de trabalho corresponde ao conjunto de movimentos efetuados pelo operador contemplando a alimentação da máquina, acionamento da mesma e extração da peça final ou de um conjunto de peças. Neste caso, os tempos de ciclos foram definidos em três categorias de acordo com a duração para um nível de esforço específico depois da realização e visualização dos vídeos.

Tabela 31: Medição da duração de esforço

Classificação	Duração para um nível de esforço específico (por segundos)
1	< 6 segundos
2	Entre 6 segundos e 20 segundos
3	> 20 segundos

A frequência mede-se para o grupo de músculos apresentado no modelo e para um nível de intensidade de esforço específico. Considera-se três classes para a frequência do esforço de cada grupo de músculos, em função do número de esforços realizados por minuto. Na Tabela 32 observa-se as classificações relacionado a duração do esforço.

Tabela 32: Medição de esforço por escala temporal

Classificação	Esforço por minutos
---------------	---------------------

1	< 1 minuto
2	Entre 1 minuto e 5 minutos
3	> 5 e até 15 minutos

A partir dos dados recolhidos sobre o esforço, a duração e a frequência requeridas por cada parte do corpo para a realização das tarefas que foram inseridos num documento Excel, pré-definido por parte da empresa. Foram ainda inseridos a classificação das observações de cada parte do corpo, tendo em conta:

- Tempo de Ciclo (segundos)
- N.º peças /hora
- N.º Ciclos por min. (peça/min)
- N.º peças minuto (peç/min)
- Tempo ciclo estimado (segundos)
- Peso máx. Manipulado

Através deste documento pode-se observar as prioridades de estudo através das partes do corpo mais afetada pelas tarefas (Figura 172).

PARTE DO CORPO	Duração (s)	Frequência (es/min)	N. de esforços por ciclo	NIVEL DE ESFORÇO 1=LIGERO 2=MODERADO 3=DURO	DURAÇÃO DO ESFORÇO 1 =< 6 seg 2 = 6-20 3 => 20 seg	ESFORÇO MINUTOS 1 =< 1/ min 2 = 1-5/ min 3 = >5/ min	PRIORIDADE	AVALIAÇÃO NO IBV
PESCOÇO	34	0,00	11	2	2	2	Amarelo	NA
OMBROS	34	0,00	12,25	3	2	2	Vermelho	PF
COSTAS	34	0,00	4,142	3	2	2	Vermelho	PF
BRAÇOS/ COTOVELOS	34	0,00	12,25	2	2	2	Amarelo	NA
PULSOS/ MÃOS/DEDOES	34	0,00	12,25	2	2	2	Amarelo	NA
PERNAS/ TORNOZELOS		0,00						NA

Figura 172: Exemplo da análise Sue Rodgers na folha de Excel pré-definida pela empresa

Se a cor da célula for verde para uma das partes do corpo, então não existe qualquer risco ergonómico através da tarefa. Se uma das células for de cor amarelo, quer dizer que o risco ergonómico é moderado e será necessário uma avaliação de risco ergonómico na manipulação manual de cargas (MMC) e das posturas inadequadas através do software ErgoIBV. Se uma das células for de cor vermelho, existe um risco ergonómico muito elevado e uma avaliação ergonómica imediato no software ErgoIBV.

Avaliação Ergonómica: MMC e posturas inadequadas

Para a avaliação ergonómica, é efetuada utilizando uma aplicação informática do instituto de biomecânica de Valência (IBV) (Figura 173 e Figura 174. A metodologia utilizada para a avaliação

ergonómica em relação as MMC é o método NIOSH, através da equação do peso limite recomendável (PLR) e do índice da relação entre o peso da carga e o PLR. A outra metodologia, a metodologia OWAS é utilizada para avaliar as posturas inadequadas, através de quatro níveis de riscos (Nível 1, Nível 2, Nível 3 e Nível 4). Através dessa aplicação é efetuado, num primeiro tempo para o estudo ergonómico, uma análise de MMC para cada video efetuado.

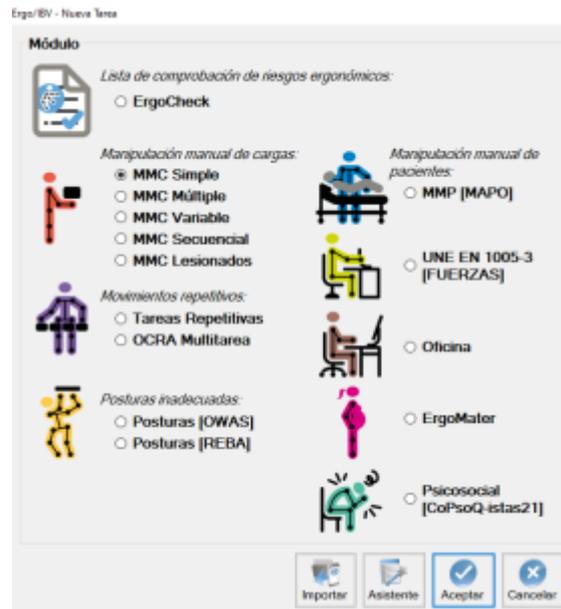


Figura 173: Módulos disponíveis e utilizados para a avaliação ergonómica no software ergo/IBV



Figura 174: Tipos de tarefas a analisar na manipulação manual de cargas para a avaliação ergonómica no software ergo/IBV

Apos ter recolhido os dados dos filmes que foram essenciais para a análise Sue Rodgers, é inserido os dados relevantes para a avaliação ergonómica no software Ergo IBV. A partir dai, o software calcula o risco ergonómico através da equação NIOCH, e obtemos o resultado através do índice de risco ergonómico da tarefa, como pode-se observar na Figura 175 .

Ergo/BV - Manipulación Manual de Cargas - Simple - Levantamiento

Tarea: **Operario para las piezas e posición contenedor**

Empresa: Gestamp Cerveira Fecha: 15/01/2020

Observaciones: O operario realiza manipulación de cargas con peso superior a 3 Kg, sendo que cada peça pesa cerca de 0.524 e pegam em media 10 peças secadas antes de colocar nos contentores, o que significa um peso de 5.2 Kg. Referencia: 2V00 Máquina PT001 asociado

Población: General

Variables:

Duración: Corta Peso de la carga (kg): 5.2 Frecuencia (lev/min): 0.567

Origen Destino

Posición horizontal (cm): 18.0 18.0 Control en el destino

Posición vertical (cm): 87.0 80.0 Operación con 1 mano

Ángulo de asimetría (°): 90.0 50.0 Operación entre 2 personas

Tipo de agarre: Regular Regular Tarea adicional

Índices: 0,32 0,27

Límite de Peso Recomendado (kg)

	LC	HM	VM	DM	AM	FM	CM	OM	PM	AT	LPR
Origen	25	1.00	0.96	1.00	0.74	0.97	0.95	1.00	1.00	1.00	16.45
Destino	25	1.00	0.99	1.00	0.84	0.97	0.95	1.00	1.00	1.00	18.98

Foto Video Informe Radiseño Aceptar Cancelar

Figura 175: Exemplo de implementação de dados derivado do Filme_3 da máquina PT001

A segunda etapa é a avaliação ergonômica das posturas inadequadas, através da metodologia OWAS. Através dos vídeos, descreve-se as sub-tarefas efetuadas pelo condutor do comboio logístico, e partir de cada sub-tarefa e da frequência cujo vídeo para observar as sub-tarefas, seleciona-se as posturas observadas, de pé, dos braços, das pernas e o intervalo de pesos (menos de 10Kg, entre 10-20 Kg, mais de 20 Kg). Essa etapa da avaliação ergonômica é utilizada para os riscos ergonômicos dos condutores do comboio logístico, onde após análise ergonômica é necessário a avaliação através das posturas inadequado segundo a metodologia OWAS do software (Figura 176 e Figura 177).

Ergo/BV - Posturas [OWAS]

Tarea: **Condutor do maquina para posicao contentores**

Empresa: Gestamp Cerveira Fecha: 23/01/2020

Observaciones: O condutor chega a maquina para levar o contenedor cheio e deixar o contenedor vazio a beira do posto de trabalho das maquinas PT. Neste caso estamos perante ao contenedor 00000 de grande dimensao com peso da embalagem de 34 kg

Intervalo de muestreo: 10 segundos

Subtarea	POSTURAS									
	Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3		Nivel 4		TOTAL	
	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%		
<input checked="" type="checkbox"/> Condutor abre e ligga as da maq	2	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	20.00
<input checked="" type="checkbox"/> Condutor abre o contagem	0	0.00	1	100.00	0	0.00	1	16.67	2	20.00
<input checked="" type="checkbox"/> Condutor puxa o contenedor	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	33.33	2	20.00
<input checked="" type="checkbox"/> Condutor emp. o cont. na car.	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	33.33	2	20.00
<input checked="" type="checkbox"/> Condutor fecha a caragem	0	0.00	0	0.00	1	100.00	1	16.67	2	20.00
TOTAL	2	20.00	1	10.00	1	10.00	6	60.00	10	100.00

0% 50% 100%

Nivel 1 Nivel 2 Nivel 3 Nivel 4

Foto Video Datos Informe Aceptar Cancelar

Figura 176: Exemplo de avaliação ergonômica OWAS para o filme_Comboio_2

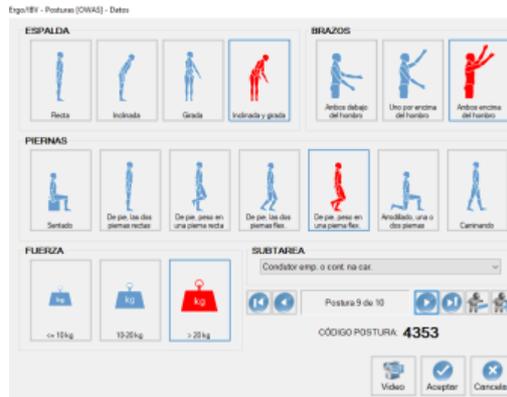


Figura 177: Observação de subtarefas e das seleções das posturas dos membros do corpo

Ciclo PDCA

Através dos Ciclos PDCA (Tabela 33), utilizado como apoio à para a melhoria continua sendo um método de análise e solução de problemas, procurando aperfeiçoar os processos de trabalho para que possam oferecer as melhores condições de trabalho para os operadores.

Tabela 33: Ciclo PDCA associado a análise e avaliação ergonómica

P (Plan)	Fase: Identificação dos problemas	Observações: <ul style="list-style-type: none"> Problemas nos processos logísticos e das condições de trabalho associadas aos condutores dos Milk-Run e aos operadores das PT001 e PT002, associadas a 1 stampagem 	Fase: Análise	Observações: <ul style="list-style-type: none"> Recolhimentos de dados na folha de registos de avaliação ergonómica. Visualizações de vídeos gravados Identificação de riscos ergonómicos em relação a sobrecarga de peso das embalagens a serem usadas e/ou empurradas 	C (Check)	Fase: Verificação	Observações: <ul style="list-style-type: none"> Análise Sue Rodgers (Análise e identificação de Risco) Avaliação ergonómica efetuada através de uma aplicação informática do Instituto de Biomecânica de Valência (IBV) Análises realizadas no chão de fábrica e através de filmagem Verificação das ações de melhorias feitas anteriormente por parte da empresa
	Fase: Observação	Observações: <ul style="list-style-type: none"> Cargas das embalagens da UAP 2 com pesos significativos Identificação de algumas situações que podem ser de risco, associado a problemas como o peso da maioria das embalagens Manipulação difícil dos contentores Riscos de IMERT assim como perdas de rendimento devido a paragens de máquinas devido ao elevado peso das embalagens, e pelo facto dos operadores ter que ajudar o condutor do comboio a movimentar os contentores Aumento do tempo de ciclo das tarefas Impacto direto no fluxo físico de materiais Diminuição da produtividade e da eficiência Taxa de absentismo elevada, despedimentos e rotatividade pelo facto da tarefa ser de elevada dificuldade Dificuldades em formar novos operadores para os Milkrun 	Fase: Plano de ação	Observações: <ul style="list-style-type: none"> Trabalhar em cada um dos problemas identificados de forma minimiza-los. Descrição "técnica" de todas as atividades detalhadas 		Fase: Sucesso?	Observações: <ul style="list-style-type: none"> Prioridades de estudo ergonómicos serão focados nas seguintes partes do corpo: Ombros e Costas Importância em estudar outras partes do corpo tal como o pescoço, braços e pulsos, na maioria dos casos.
D (Do)	Fase: Ação	Observações: <ul style="list-style-type: none"> Análise Sue Rodgers (Análise e identificação de Risco) Avaliação ergonómica efetuada através de uma aplicação informática do Instituto de Biomecânica de Valência (IBV) Análises realizadas no chão de fábrica e através de filmagem Verificação das ações de melhorias feitas anteriormente por parte da empresa 			A (Act)	Fase: Padronização	Observações: <ul style="list-style-type: none"> Distinguir os diferentes tipos de peças, ter em conta que quantidade média de peças que os operadores pegam, e criar um standard de peças [pequenas, médias e grandes]. Reduzir o peso das cargas para os operadores das máquinas Redesenhar o posto de trabalho de forma a minimizar os problemas encontrados, tanto em relação aos operários das máquinas como dos operários dos Milk-Run.
						Fase: Conclusão	<ul style="list-style-type: none"> Existem riscos ergonómicos na maioria das análises tanto para os operadores das prensas como dos milk-run.

Resultados das avaliações ergonómicas (MMC e Posturas inadequadas)

Nesta secção, através da Tabela 34, observam-se os resultados das avaliações ergonómicas efetuadas.

Tabela 34: Resultados da avaliação ergonómica referente a cada filme

Filme/Caso	Resultado da análise Sue Rodgers	Resultado da Avaliação Ergonómica MMC	Resultado da Avaliação Ergonómica Posturas Incorretas_OWAS	Ações relativamente aos problemas
Filme_1	Esta situação leva a avaliação de posturas forçadas no Ergo IBV, constata-se posturas forçadas ao nível dos ombros e costas.	Risco Inaceitavel	Nível de Risco 2	Diminuir o número medio de peças por pega, por parte do operador. Posturas com risco ligeiro de LMERT.
Filme_2	Esta situação leva a avaliação de posturas forçadas no Ergo IBV, constata-se posturas forçadas ao nível dos ombros e costas.	Risco Moderado	Nível de Risco 2	As tarefas deste tipo devem ser redesenhadas para reduzir o risco. Posturas com risco ligeiro de LMERT.
Filme_3	Esta situação leva a avaliação de posturas forçadas no Ergo IBV, constata-se posturas forçadas ao nível dos ombros e costas.	Risco Aceitavel	Nível de Risco 2	Posturas com risco ligeiro de LMERT.
Filme_4	Esta situação leva a avaliação de posturas forçadas no Ergo IBV, constata-se posturas forçadas ao nível dos ombros e costas.	Risco Aceitavel	Nível de Risco 2	Posturas com risco ligeiro de LMERT.
Filme_5	Esta situação leva a avaliação de posturas forçadas no Ergo IBV, constata-se posturas forçadas ao nível dos ombros e costas.	Risco Moderado	Nível de Risco 2	As tarefas deste tipo devem ser redesenhadas para reduzir o risco. Posturas com risco ligeiro de LMERT.
Filme_6	Esta situação leva a avaliação de posturas forçadas no Ergo IBV, constata-se posturas forçadas ao nível dos ombros e costas.	Risco Moderado	Nível de Risco 2	As tarefas deste tipo devem ser redesenhadas para reduzir o risco. Posturas com risco ligeiro de LMERT.
Filme_7	Esta situação leva a avaliação de posturas forçadas no Ergo IBV, constata-se posturas forçadas ao nível dos ombros e costas.	Risco Moderado	Nível de Risco 2	As tarefas deste tipo devem ser redesenhadas para reduzir o risco. Posturas com risco ligeiro de LMERT.
Filme_8	Esta situação leva a avaliação de posturas forçadas no Ergo IBV, constata-se posturas forçadas ao nível dos ombros e costas.	Risco Moderado	Nível de Risco 2	As tarefas deste tipo devem ser redesenhadas para reduzir o risco. Posturas com risco ligeiro de LMERT.
Filme_9	Esta situação leva a avaliação de posturas forçadas no Ergo IBV, constata-se posturas forçadas ao nível dos ombros e costas.	Risco Moderado	Nível de Risco 2	As tarefas deste tipo devem ser redesenhadas para reduzir o risco. Posturas com risco ligeiro de LMERT.
Filme_10	Esta situação leva a avaliação de posturas forçadas no Ergo IBV, constata-se posturas forçadas ao nível dos ombros e costas.	Risco Inaceitavel	Nível de Risco 2	Diminuir o número medio de peças por pega, por parte do operador. Posturas com risco ligeiro de LMERT.
Filme_11	Esta situação leva a avaliação de posturas forçadas no Ergo IBV, constata-se posturas forçadas ao nível dos ombros e costas.	Risco Aceitavel	Nível de Risco 2	Posturas com risco ligeiro de LMERT.
Filme_12	Esta situação leva a avaliação de posturas forçadas no Ergo IBV, constata-se posturas forçadas ao nível dos ombros e costas.	Risco Moderado	Nível de Risco 2	As tarefas deste tipo devem ser redesenhadas para reduzir o risco. Posturas com risco ligeiro de LMERT.
Filme_13	Esta situação leva a avaliação de posturas forçadas no Ergo IBV, constata-se posturas forçadas ao nível dos ombros e costas.	Risco Aceitavel	Nível de Risco 2	Posturas com risco ligeiro de LMERT.
Filme_14	Esta situação leva a avaliação de posturas forçadas no Ergo IBV, constata-se posturas forçadas ao nível dos ombros e costas.	Risco Aceitavel	Nível de Risco 2	Posturas con riesgo ligero de lesiones musculoesqueléticas
Filme_15	Esta situação leva a avaliação de posturas forçadas no Ergo IBV, constata-se posturas forçadas ao nível dos ombros e costas.	Risco Moderado	Nível de Risco 2	As tarefas deste tipo devem ser redesenhadas para reduzir o risco. Posturas com risco ligeiro de LMERT.
Filme_Comboio_1	É analisado através cada subtarefa, de forma a avaliar cada uma. Dai que a primeira análise é análise das posturas em cada tarefa e		Nível de Risco 4 (nas subtarefas críticas)	As tarefas críticas são o empurrar e puxar os contentores dentro das carruagens do comboio. São posições com risco extremo de LMERT.

	perceber quais são as subtarefas críticas.			
Filme_ Comboio_2	É analisado através cada sub tarefa, de forma a avaliar cada uma. Daí que a uma primeira análise é análise das posturas em cada tarefa e perceber quais são as subtarefas críticas.		Nível de Risco 4 (nas SUB tarefas críticas)	As tarefas críticas são o empurrar e puxar os contentores dentro das carruagens do comboio. São posições com risco extremo de LMERT.

APÊNDICE X – REGISTO DE DADOS: ESTUDO COM DINAMÓMETRO

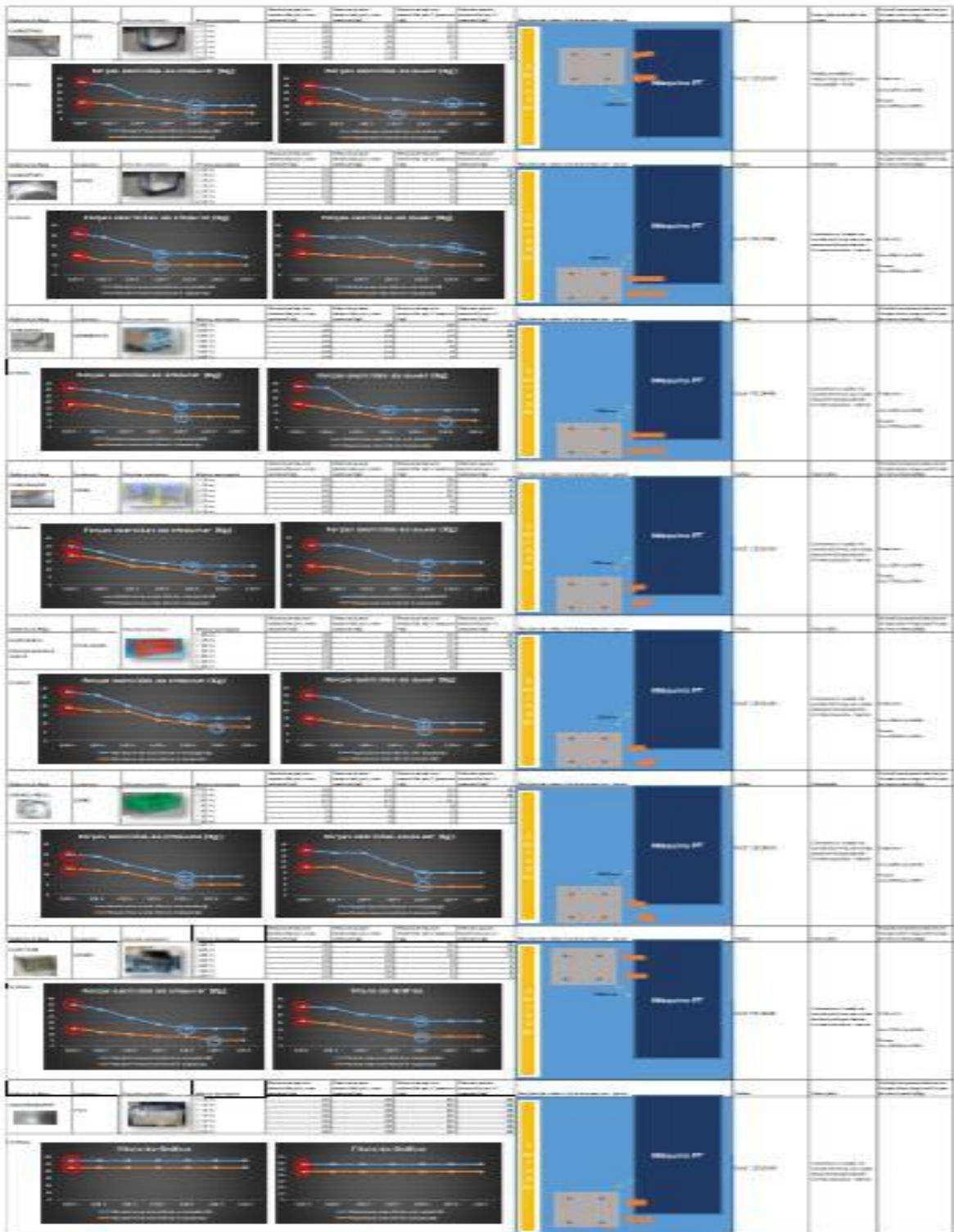


Figura 178: Estudo das forças de empurrar e puxar com dinamómetro

Nota: devido à confidencialidade dos dados, a imagem está propositadamente desfocada.

APÊNDICE XI – ESTUDO ERGONÓMICO : EMPURRAR/PUXAR

Existe uma necessidade perante a análise e a avaliação ergonómica, em saber quais eram as forças medias exercidas pelos operários, tanto das máquinas, como do comboio logístico. O estudo das forças exercidas ao puxar e empurrar foi realizado através de um dinamómetro *Chatillon* DPP 25Kg (Figura 67). Apesar de ter um limite de 25 Kg, o dinamómetro pode dar mais de que uma volta. Através desse aparelho foram recolhidos os dados necessários para o estudo que vai ser descrito.

O objetivo do estudo com o dinamómetro é analisar as forças exercidas em Quilogramas, ao exercer as forças do puxar e empurrar os contentores, dependendo das características das peças colocadas nesse mesmo, e das características dos contentores (Figura 179).



Figura 179: Dados recolhidos através do dinamómetro

Nesse estudo, para além de serem recolhidos as forças em Quilogramas exercidas ao puxar e empurrar os contentores, dependendo das características das peças colocadas nesse mesmo, e das características dos contentores, foram observadas as situações de forma detalhada, desde do posicionamento do contentor em relação a maquina, a distancia do contentor relativamente a maquina, a posição das rodas do suporte rolante, a referencia do rodizio do suporte da base rolante e as forças exercidas ao puxar/empurrar o contentor cheio.

Através desse estudo e dos dados recolhidos pode-se observar as diferenças entre as duas forças (de arranque e em movimento) associado a tarefa de puxar e empurrar o contentor, ou seja, são observadas as diferenças de forças exercidas de forma quantitativa e com gráficos de medição de forças em quilogramas. daí que esses dados permitem ter de forma detalhada, e com tentativas da realização da tarefa com uma pessoa e duas pessoas respetivamente. Após o recolhimento desses dados são feitas as observações de discrepâncias dessas forças, nomeadamente as forças exercidas inicialmente por uma pessoa e por duas pessoas a empurrar e puxar.

APÊNDICE XII – ESTUDO ASSOCIADO AO PROBLEMA DOS RODÍZIOS

O rodízio industrial é o conjunto de uma roda e de um suporte, associado a uma placa de fixação, incorporada numa base que permite suportar uma carga fixa (em Quilogramas). Os rodízios podem ser giratórios ou não giratórios. Existem vários tipos de rodízios, dependendo do peso das cargas e do tipo de cargas que esses mesmo tenham que suportar (Figura 180).

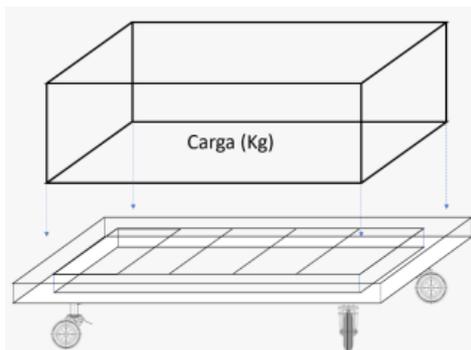


Figura 180: Desenho técnico do objetivo dos rodízios fixadas numa base.

Existem vários conceitos a ter em conta perante um rodízio (Tabela 35, Figura 181 e Figura 182). Esses conceitos, vão desde das bases de fixação, passando do diâmetro das rodas dos rodízios, pela altura total da roda instalada no equipamento, tipos de suporte das rodas, tipos de rolamentos, largura das rodas, offset, ect.

Tabela 35: Desenho técnico do objetivo dos rodízios fixadas numa base.

	Diâmetro da roda Wheel diameter Diamètre de la roue		Rodízio giratório Swivel castor Roulette pivotante
	Largura da roda Wheel width Largeur de la roue		Capacidade de carga Load capacity Capacité de charge
	Dimensões da furação Fitting sizes Entr'axe des trous de fixation		Capacidade de carga Load capacity Capacité de charge
	Offset Offset Déport		Altura Total Overall height Hauteur totale
	Dimensões da furação Fitting sizes Entr'axe des trous de fixation		Dimensões da base Plate sizes Dimensions de la platine

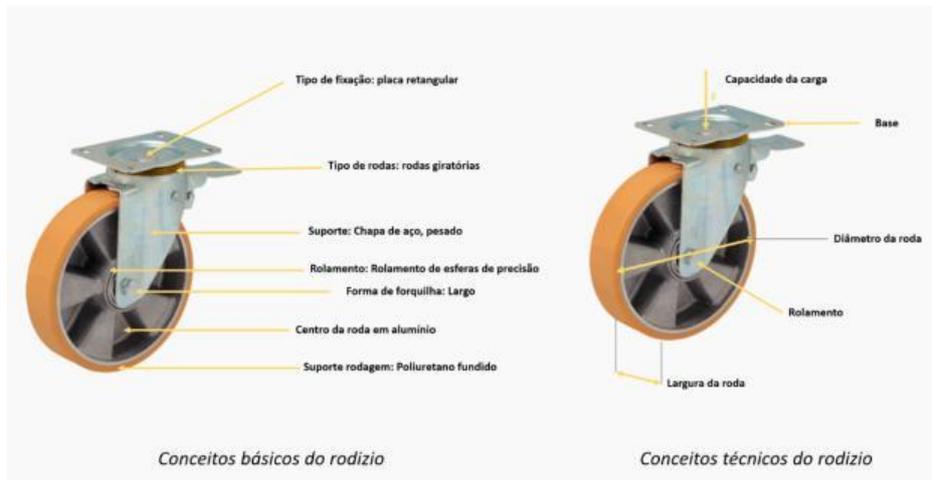


Figura 181: Conceitos básicos e técnicos do rodízio

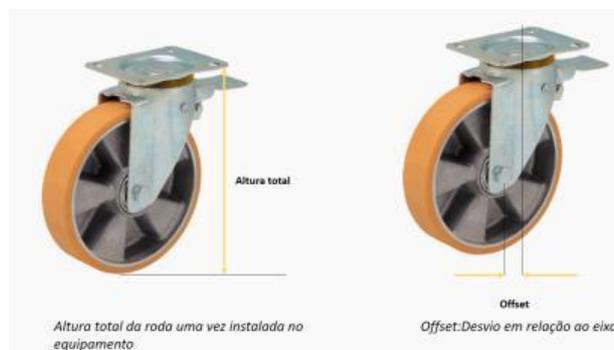


Figura 182: Exemplo de duas características chaves do estudo

Em relação aos rodízios, existem características chaves a ter em conta, pelo facto de existir vários requisitos essenciais e necessidades apresentadas por parte da organização:

- **Capacidade da carga:** A capacidade da carga determina as características pretendidas para a aquisição dos rodízios. Dependendo da carga, os conceitos básicos dos rodízios tenham características diferentes, sabendo que as texturas do suporte de rodagem dependem das características das tarefas e do tipo de organização onde serão utilizados os rodízios.
- **Altura total do rodízio:** a altura total do rodízio é outra característica a ter em conta, pelo facto dessa mesma ter impacto num bom desempenho da manipulação de uma pretendida, em função do seu peso.
- **Diâmetro das rodas:** O diâmetro das rodas são de uma grande importância, dado que quanto maior é o diâmetro de uma roda, mais fácil será suportado os obstáculos que pretende se alcançar com esses rodízios.
- **Resistências a temperatura:** a capacidade dos rodízios em suportar as temperaturas devem ser entre -40° até 280° .

- **Resistência a corrosão:** refere-se à capacidade dos rodízios em resistir a corrosão em ambientes húmidos ou estar perante a contactos com substancias agressivas.
- **Base de fixação:** Refere-se a necessidade de soldar essa base ao suporte pretendido ou em fixar esses rodízios com parafusos
- **Rolamento:** os rolamentos são essenciais para o bom desempenho do rodizio. Devem ter uma alta resistência a humidade e um alto rendimento para todas as áreas.
- **Rendimento por tipo de solo:** para o caso de o solo serem macio, destaca-se as rodas duras, se for um solo duro, destaca-se rodas suaves
- **Ruído de marcha:** se o material dos suportes de rodagem for brando, existira um menor ruído de condução, um maior amortecimento e uma maior proteção de carga. Se o material for duro, existira um maior ruído de condução, um menor amortecimento e uma menor proteção de cargas.
- **Resistência ao desgaste:** se o solo for nivelado, haverá uma menor resistência ao rolamento, abrasão e desgaste. Se o solo for irregular, haverá uma maior resistência ao rolamento, abrasão e desgaste.

Empresa para a realização dos rodízios utilizadas por parte da organização

As empresas utilizadas para implementação dos rodízios nas bases pela Gestamp cerveira são a Mecanarte - Metalúrgica da Lagoa, Lda.e a Tente, cujo ambas as marcas propõem vários tipos e tecnologias diferentes relativamente aos rodízios. Teremos uma breve descrição de cada empresa que fabricam os rodízios adequada para as atividades da Gestamp Cerveira.

- **Mecanarte- Metalúrgica da Lagoa, Lda:** a empresa Mecanarte, é uma empresa especializada na fabricação de Zinagem Eletrolítica de diversos tipos de peças metálicas, serviços de pintura eletrolítica e revestimentos de rodas, cujo esse mesmo é o foco do estudo. No caso da empresa Mecanarte, efetuam revestimentos em Poliuretano, revestam as rodas com núcleos de ferro ou alumínio, com rodas podendo atingir os 400 mm (Mecanarte e), 2020).

- **TENTE Portugal:** a empresa Tente é uma das empresas consideradas como maior fabricante de rodas da Europa, com uma experiência de longa. As empresas oferecem produtos desde de carrinhos de compras a camas hospitalares, até empilhadores que transportam pesos toneladas. As rodas fabricadas podem ser de materiais como a borracha maciça ou plástico (TENTE a), 2020).

Tipos de rodas utilizadas

As rodas inseridas nos rodízios são geralmente de material de aço (Revestimento das rodas com núcleos de ferro ou alumínio) e suporte de rodagem em material poliuretano (Figura 183). O poliuretano é um

material plástico que vem de várias formas, que é fabricado para ser rígido ou flexível. Dependendo das necessidades da sua utilização. Esse material é utilizado numa grande gama de aplicações comerciais, nomeadamente em rodas para rodízios industriais.



Figura 183: Exemplo de rodas de rodízios c com núcleo de alumínio e suporte de rodagem em poliuretano (Mecanarte d), 2020)

As rodas de rodízios com núcleo de aço ou alumínio e suporte de rodagem em poliuretano são adequadas para as tarefas exercidas na UAP2, no sentido de serem rodas resistentes aos cortes, possuir um centro de roda estável e não deixar marcas no solo. Cada roda tem as suas características, que são de seguidas referenciadas na Tabela 36.

Tabela 36: Rodas utilizadas nas bases rolantes situadas na UAP2 (mecanate d), 2020; Tente b), 2020)

Empresa Fabricante	Roda	Dados Técnicos	
Mecanarte-Metalúrgica da Lagoa, Lda	Ref: 10 15 36 	Diâmetro da Roda	200 mm
		Largura da Roda	50 mm
		Dureza do rasto	94 Shore A
		Diâmetro do Furo	20 mm
		Largura do Canhão	57 mm
		Peso Total	1,3 Kg
		Capacidade de Carga	850 Kg
Mecanarte-Metalúrgica da Lagoa, Lda	Ref: 10 15 37 	Diâmetro da Roda	200 mm
		Largura da Roda	50 mm
		Dureza do rasto	94 Shore A
		Diâmetro do Furo	25 mm
		Largura do Canhão	57 mm
		Peso Total	1,25 Kg
		Capacidade de Carga	850 Kg
TENTE - Portugal	Ref: R00733 	Diâmetro da Roda	200 mm
		Largura da Roda	50 mm
		Dureza do rasto	94 Shore A
		Diâmetro do Furo	20 mm
		Largura do Canhão	60 mm
		Peso Total	1,3 Kg
		Capacidade de Carga	800 Kg
TENTE - Portugal	Ref: R00734 	Diâmetro da Roda	250 mm
		Largura da Roda	55 mm
		Dureza do rasto	94 Shore A
		Diâmetro do Furo	20 mm
		Largura do Canhão	60 mm
		Peso Total	1,4 Kg
		Capacidade de Carga	1000 Kg

Os rodízios utilizados

Cálculo da capacidade de carga em função da montagem dos rodízios e rodas na estrutura

Num primeiro tempo, é efetuado um cálculo sobre a capacidade de carga em função da montagem dos rodízios e rodas na estrutura. Esse cálculo tem em conta a capacidade de carga e o peso da estrutura da basem (Mecanarte c), 2018).

$$CC = \frac{(CU + PE)}{N}$$

CC = Capacidade de carga (Kg)

CU = Carga Útil (Kg)

PE = Peso da Estrutura (Kg)

N = Numero de rodas no piso

Esta fórmula tem em consideração a irregularidade dos pesos e cargas. Neste caso estamos perante uma configuração de base rolantes, como referido na Figura 184.



Figura 184: Configuração atual de base rolantes da UAP2 (adaptado de Mecanarte c), 2020)

Neste caso, perante o estudo das bases rolantes da UAP2, a capacidade de carga em função da montagem dos rodízios e rodas na estrutura de uma base rolante da UAP2 é:

$$CC = (1000 + 50) / 3$$

$$CC = 500 \text{ kg}$$

A capacidade de carga em função da montagem dos rodízios e rodas na estrutura de uma base rolante da UAP2 é de 500 Kg, de uma forma genérica o.

Por outro lado, é de se ter em conta que as capacidades de carga dinâmica das rodas e rodízios, para o uso industrial, são consideradas nas condições de temperaturas entre 15° C a 28 °C, com velocidade de 4 Km/H, de acordo com a norma EN 12532.

Rodízios existentes na organização

Tabela 37: Tabela das rodas existentes na organização (Mecanarte b), 2020; Tente b), 2020)

Empresa Fabricante	Rodizio	Dados Técnicos						
								
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(Kg)
Mecanarte-Metalúrgica da Lagoa, Lda	Ref: 261465 	200	50	243	60	138x110	80x60xø11	250
Mecanarte-Metalúrgica da Lagoa, Lda	Ref: 253319 	200	50	243	60	138x110	80x60xø12	750
Mecanarte-Metalúrgica da Lagoa, Lda	Ref: 253249 	200	50	243	60	138x110	80x60xø12	750
TENTE - Portugal	Ref: T02788 	160	50	200	55	138x110	80x60xø11	350
TENTE - Portugal	Ref: T01449 	200	50	240	55	138x110	80x60xø11	350

Problemas observados

O que se destaca é o problema relacionado com o desenvolvimento mecânico dos rodízios (rodas), cujo no empurro, a roda vai tomar sempre a direção onde esta virada. Para que essas rodas se viram tem que se exercer uma força, e essa força é chamada de força de arranque, que permite virar as rodas no sentido em que se pretende alocar (Figura 185).

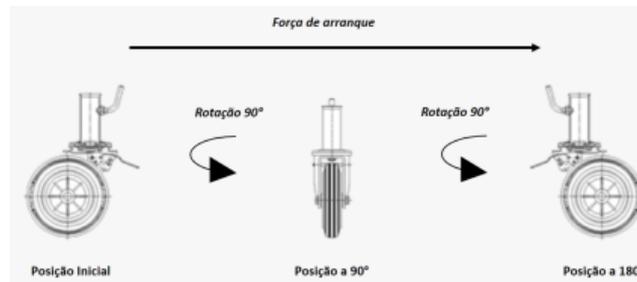


Figura 185: Problema associada a força de arranque

O problema acontece quando os operários tentam de realizar essa rotação, tenham que passar por um momento determinado, em que as rodas rodam para estarem a 90 graus, entre o ponto inicial e o ponto final, para depois passaram essas rodas a 180 graus do sentido inicial. O que acontece é que os operários empurram uma carga que esta perpendicular ao esforço que deve ser exercido e que não esta feita para ser realizada desta forma, devido ao esforço significativo exercido. Essas discrepâncias de forças, entre a transição do momento inicial e o momento final, é o esforço de arranque, ou esforço inicial e o esforço em movimento. Pretendeu-se assim, estudar a diferença entre o esforço de arranque e o esforço em movimento (Figura 186).

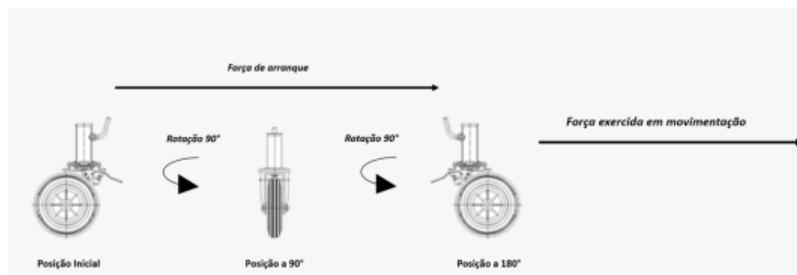


Figura 186: Forças exercidas durante o empurrar e puxar os contentores nas carruagens

Quando se está perante duas pessoas, consegue se andar com o contentor na diagonal de forma a minimizar o esforço de arranque ao tentar de rodar as rodas. Deste modo, é mais fácil no início do esforço, passar para um lado e depois rodar, de forma a formar um arco, de forma a evitar um esforço significativo de arranque. Na diagonal as rodas vão virar lentamente e vão se orientar no sentido adequado do esforço, pelo peso do contentor. O movimento é mais fácil começando para um movimento

de empurro lateral e depois direcionar para o sítio adequando, do que tentar vencer pela força o atrito das quatro rodas (Figura 187).

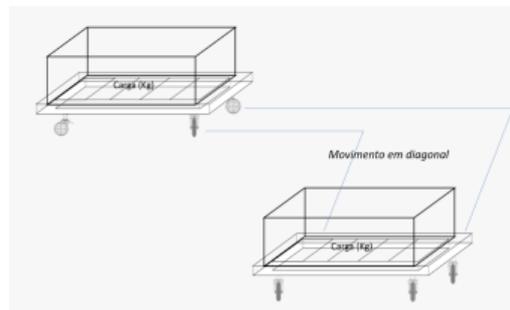


Figura 187: Movimentação “em arco” exercidas durante o empurrar e puxar os Contentores nas carruagens. Constatou-se, por outro lado, que a forma do suporte das rodas tem impacto nas forças exercidas, tende em conta a restrição da força de arranque, como referido na Figura 188 . No entanto, devido ao facto de serem rodas giratórias, a roda com suporte adequado não proporciona facilidades para colocar as referidas rodas nas posições adequadas, devido ao facto de posicionar se no sentido do empurro ou puxar, e assim alocar as cargas conforme pretendido.



Figura 188: Diferenças de suporte de rodas

APÊNDICE XIII – ESTUDO ANTROPOMÉTRICO PARA AS BANCADAS DE TRABALHO

Através dos cálculos antropométricos, pretende-se dimensionar as bancadas de trabalho de ambas as máquinas, PT001 e PT002 (Figura 189: *Altura das bancadas de trabalho das máquinas PT001 e PT002*). Neste momento, a altura das bancadas de trabalho das máquinas PT001 e PT002 são respetivamente 850 mm e 940 mm.

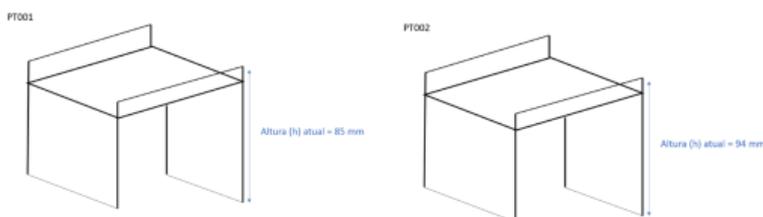


Figura 189: Altura das bancadas de trabalho das máquinas PT001 e PT002

Do ponto de vista ergonómico, é sempre desejável a adaptação da altura de trabalho. Ao invés de soluções improvisadas, como estrados para os pés ou o aumento das pernas das mesas, uma mesa ou bancada com altura regulável é mais recomendável. Existem três tipos de alturas em função do tipo e esforço de trabalho. Na Figura 190 são mostradas as alturas recomendadas para trabalho de pé de acordo com o tipo de atividades desempenhadas, sendo estas atividades leves, de precisão ou pesadas (Kroemer et al., 2005).

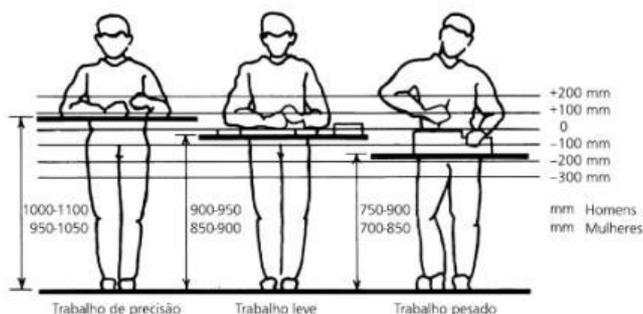


Figura 190: Alturas de mesas ou bancadas para tarefas desempenhadas de pé, adaptado de Kroemer et al. (2005)

O que se pretende é saber qual é a altura ideal da bancada de trabalho, satisfazendo cerca de 90% da população, neste caso mista (homens e mulheres), cujo critério do cálculo é que a altura da bancada seja inferior a altura do cotovelo ($h_{\text{bancada}} < h_{\text{cotovelo}}$). Neste caso, a limitação da tarefa é a postura associada a tarefa da pega, e sendo que é determinada pelas relações entre as dimensões dos objetos e as dimensões antropométricas, é uma situação de limitação “majorante” e “minorante” ao mesmo tempo, ou seja, uma limitação “Two way”.

Utilizam-se os percentis para definir os limites antropométricos de uma população. O Percentil permite indicar a percentagem de pessoas de uma dada população que têm uma dimensão do corpo menor ou igual que um determinado valor (Figura 191).



Figura 191: Objetivo do estudo antropométrico efetuado

Cálculos antropométricos para $P_{(90)\text{Homem}}$

Dados:

- Satisfazer 90% da população
- População mista (homens e mulheres)
- Critério: $h_{\text{bancada}} < h_{\text{cotovelo}}$
- Limitação: Postura – Two away- Majorante (P_{90} homens)
- d.a.r: Altura do cotovelo em relação ao solo
- Correção: calçado – 25 mm

Cálculo:

$$p(P) = m + s * Z$$

$$P_{(90)\text{Homem}} = 1050 + 51 * 1,28$$

$$P_{(90)\text{Homem}} = 1114 \text{ mm}$$

Logo a altura da bancada de trabalho, sabendo que o 180 mm permite adequar com o facto de ser um trabalho considerado ligeiro, será:

Altura da bancada sem correção:

$$h_{\text{bancada de trabalho sem correção}} = 1114 - 180$$

$$h_{\text{bancada de trabalho sem correção}} = 934 \text{ mm}$$

Altura da bancada com correção:

$$h_{\text{bancada de trabalho com correção}} = 934 + 25$$

$$h_{\text{bancada de trabalho com correção}} = 959 \text{ mm}$$

Cálculos antropométricos para $P_{(10)\text{Mulher}}$

Dados:

- Satisfazer 10% da população
- População feminina
- Critério: $h_{\text{bancada}} < h_{\text{cotovelo}}$
- Limitação: Postura – Two away- Minorante (P_{10} Mulheres)
- d.a.r: Altura do cotovelo em relação ao solo
- Correção: calçado – 25 mm

Cálculo:

$$p(P) = m + s * Z$$

$$P_{(10)\text{Mulher}} = 965 + 46 * (-1,28)$$

$$P_{(10)\text{Mulher}} = 906,12 \text{ mm}$$

Logo a altura da bancada de trabalho com correção, sabendo que estamos perante a um trabalho considerado ligeiro, será:

$$h_{\text{bancada de trabalho com correção}} = 906,12 + 25$$

$$h_{\text{bancada de trabalho com correção}} = 931,12 \text{ mm}$$

Conclusão: A altura da bancada adequada para a tarefa desempenhada pelos trabalhadores de ambas a máquina deve ser entre 931,12 mm ou 93,12 cm e 959 mm ou 95,9 cm.

APÊNDICE XIV – DESCRIÇÃO DO EXOESQUELETO PARA ELIMINAR AS POSTURAS INADEQUADAS

O paradigma da Indústria 4.0, associada à nova realidade atual, motivou muitas empresas, nomeadamente a Gestamp Cerveira, a implementar várias soluções tecnológicas e automação de processos. Essa revolução tecnológica visa tornar a produção industrial mais eficiente, mais flexível e de maior qualidade (Diez-olivan et al., 2018). Pretende-se implementar exoesqueletos ocupacionais para suporte da zona lombar, pelo facto de as tarefas exigir levantamentos frequentes e pesados que estão associadas a um risco aumentado de lesões.

Desta forma, refere-se dois tipos de exoesqueletos, em função do seu mecanismo, para o uso laboral, nomeadamente exoesqueletos ativos (equipados com motor) e exoesqueletos passivos (sistema mecânico que distribui a carga).

Por outro lado, existem três tipos de exoesqueletos, em função da parte do corpo que protege, uns que protegem os membros superiores, outros protegem o apoio da coluna e por fim, outros que protegem os membros inferiores.

O *Personal Lift Assist Device* (PLAD) (Figura 192 e Figura 193) é um sistema que utiliza energia elástica para produzir um momento de apoio sobre a região lombar (Lotz et al., 2009). Esses elementos elásticos agem em uma linha de ação semelhante aos músculos eretores da coluna vertebral, permitindo que uma parte das forças e momentos da coluna vertebral sejam transferidos para os ombros, cintura pélvica e joelhos. Assim, quando um trabalhador utiliza o equipamento durante as tarefas de manipulação de cargas, os componentes elásticos são alongados para criar energia elástica durante a flexão para a frente do tronco. Essa energia armazenada é liberada na fase ascendente de um levantamento, reduzindo a exigência energética dos músculos envolvidos no levantamento (Cardoso, 2019).



Figura 192: Exoesqueleto Personal Lift Assist Device (PLAD), adaptado de Cardoso (2019)

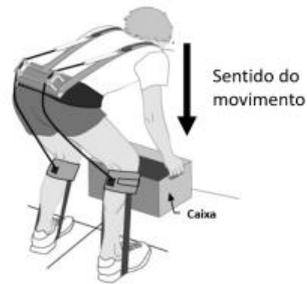


Figura 193: Utilização do PLAD adaptado para a situação atual, adaptado de Lotz et al. (2009)

Trata-se de um dispositivo tecnológico que funciona como uma estrutura de suporte eletromecânica transportada com o corpo, e que está desenhada para apoiar os colaboradores durante os movimentos de elevação e rotação de cargas. A sua fisionomia protege para um lado as vértebras lombares e por outro lado, os músculos das costas, prevenindo a tensão nestas partes do corpo que, frequentemente, são a causa de LMERT (Figura 194).

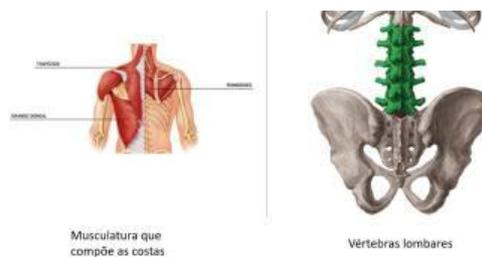


Figura 194: Esquema da musculatura das costas e das vertebras lombares, adaptado de Cardoso (2019)

APÊNDICE XV – ORGANIZAÇÃO DO ROTATIVIDADE DE POSTOS DE TRABALHO

Dados

De forma a incorporar os dados de forma eficiente, sugere-se a elaboração de uma tabela de dados (Tabela 38) com o número, o nome, o cargo, a UAP, o género, a idade e o turno de cada colaborador. Após a elaboração da tabela de dados, a mesma é adaptada numa folha de Excel (Figura 195).

Tabela 38: Tabela de dados para o plano de rotatividade dos postos de trabalho

ID	Funcionario	Cargo	UAP	Genero	Idade	Turno

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data table:

ID	Nome do colaborado	Cargo	UAP	Genero	Idade	Turno
1	aaaaaaaaaaaa	Chef de linha	2	M	34	A
2	bbbbbbbbbbbb	Operario	2	F	43	B
3	cccccccccccc	Chef de linha	2	F	45	B
4	ddddddddddd	Operario	2	M	50	C
5	ssssssssssss	Operario	2	F	23	A
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						

Reference lists shown in the spreadsheet:

1	Chef de linha
2	Operário
3	Tecnico de ponte de grua

A
B
C
FS

1
2
3
4
5
6
7
8

Figura 195: Dados para o plano de rotatividade dos postos de trabalho inserida numa folha de Excel

Plano

Após a sugestão da organização dos dados, é sugerido uma tabela de planeamento de rotatividade (Tabela 39) que permite indicar em função dos turnos, em que UAP o operário tem que se encontrar num dado dia, e se for um operário de produção, em que maquina deverá se encontrar naquele dia. Após a realização da tabela, essa mesma será, como para a tabela de dados, adaptada numa folha de Excel (Figura 196).

Tabela 39: Planeamento semanal de rotatividade dos postos de trabalho

	ID	Funcionario	Mês	Semana	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
Turno A											
Turno B											
Turno C											
Turno FS											

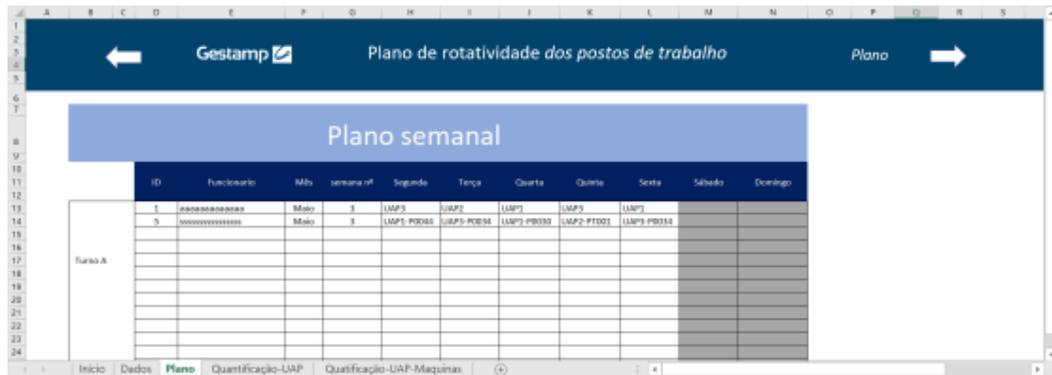


Figura 196: Planeamento semanal de rotatividade dos postos de trabalho inserida numa folha de Excel

Quantificação (UAP)

De modo a quantificar semanalmente as atividades de cada colaborador por UAP, referiu-se uma tabela (Tabela 40), que permite averiguar a rotatividade dos postos de trabalho, que pelo número de dias que um colaborador trabalhou numa dada UAP e através de um índice que permite monitorizar o equilíbrio da rotatividade por UAP semanalmente (Tabela 41). Essa tabela será depois inserida numa folha em Excel.

Tabela 40: Quantificação por número de dias de trabalho por semanal numa UAP por cada operador

ID	Funcionario	Turno	UAP1	UAP2	UAP3	UAP4	UAP5	UAP6	UAP7	UAP8	Índice

Tabela 41: Índice de equilíbrio de rotatividade de postos de trabalho por semana e por UAP

Índice de equilíbrio de rotatividade de postos de trabalho por semana e por UAP	
	Não mais de 2 dias numa UAP por semana
	Mais de 2 dias numa UAP e menos de 4 dias numa UAP por semana
	A partir de 4 dias numa UAP por semana

Através do índice de equilíbrio de rotatividade de postos de trabalho por semana e por UAP, a célula na folha de Excel (Figura 197), respetiva ao índice fica com uma cor, através do número de vezes em que um colaborador trabalha numa dada UAP. A célula fica em verde, se um colaborador não fica mais de

dois dias numa UAP por semana, amarela se um colaborador mais de dois numa UAP e menos e quatro dias numa UAP por semana, e vermelho se um colaborador fica quatro dias ou mais numa UAP.

ID	Funcionario	Turno	UAP1	UAP2	UAP3	UAP4	UAP5	UAP6	UAP7	UAP8	Índice
1	aaaaaaaaaaaa	A	2	1	2	0	0	0	0	0	0
2	bbbbbbbbbbbb	B	3	1	1	0	0	0	0	0	0
3	cccccccccccc	B	1	1	3	0	0	0	0	0	0
4	dddddddddddd	C	1	4	0	0	0	0	0	0	0
5	ssssssssssss	A	0	4	1	0	0	0	0	0	0

Figura 197: Quantificação por número de dias de trabalho por semanal numa UAP por cada operador inserida numa folha de Excel

Quantificação (UAP-máquinas)

Posteriormente, de modo a quantificar semanalmente as atividades de cada operador de produção por máquinas em função de cada UAP, sugere-se uma tabela (Tabela 42), que permite averiguar a rotatividade dos postos de trabalho em função das máquinas existentes em cada UAP. A tabela é um exemplo com apenas as 3 UAP de forma a explicar o seu conceito e como é implementado o índice de equilíbrio da rotatividade dos postos de trabalho por UAP-máquinas. O princípio do índice de equilíbrio de rotatividade de postos de trabalho por semana e por máquinas de UAP, baseia-se no mesmo princípio da quantificação semanal por UAP (Tabela 43). No entanto na folha de Excel (Figura 198), mesmo se as cores são iguais, o significado da interpretação do índice é diferente, dado que, a célula fica com uma cor, através do número de vezes em que um colaborador trabalha numa dada máquina de uma UAP.

Tabela 42: Tabela de quantificação da rotatividade dos postos de trabalho em função das máquinas existentes em cada UAP

ID	Funcionario	Turno	UAP1										UAP2		UAP3			Índice			
			P0024	P0020	P0067	P0028	P0030	P0035	P0036	PS101	P0038	P0037	P0044	PT001	PT002	P0025	P0034		P0064	P0065	

Tabela 43: Índice de equilíbrio de rotatividade de postos de trabalho por semana e por UAP-máquina

Índice de equilíbrio de rotatividade de postos de trabalho por semana e por máquinas das UAPs	
	Não mais de 2 dias numa máquina de uma UAP por semana
	Mais de 2 dias numa máquina e menos de 4 dias numa máquina de uma UAP por semana
	A partir de 4 dias numa máquina de uma UAP por semana

APÊNDICE XVI – PLANO DE GINÁSTICA LABORAL

Local da prática da ginástica laboral na UAP2

Para a implementação do programa da ginástica laboral (GL), torna-se necessário encontrar um local adequado de forma a que todos os colaboradores de uma UAP se reúnam e pratica as atividades propostas pelo programa da GL.

Desta forma, um local adequado dentro da UAP2 seria no meio do corredor azul da unidade autónoma de produção, como indicado na Figura 199, junto do possível painel digital da UAP2 com as instruções para o programa. No momento da prática da GL, não existirá quaisquer movimentações de matérias, seja de comboio logístico, seja de empilhadores, logo, os operários se encontrarão em segurança no momento da prática das atividades.

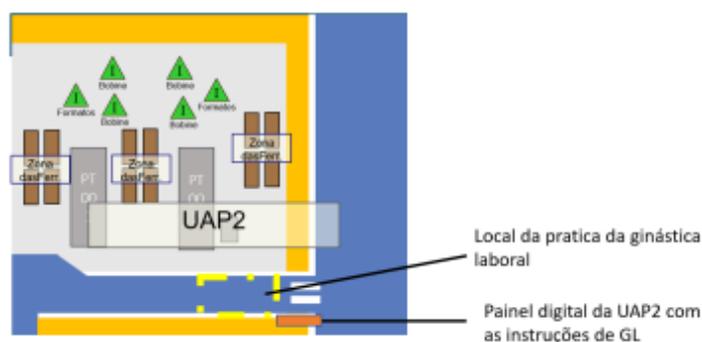


Figura 199: Local da prática da ginástica laboral dentro da UAP2

Estruturação

A estruturação diz respeito a interpretação da relação entre o funcionário, o posto de trabalho e as tarefas realizadas pelos funcionários (Figura 200), de forma a perceber os três elementos do trabalho na sua integridade a fim de estruturar um programa adequado da ginástica laboral. O objetivo da estruturação é perceber de forma clara e eficiente os três elementos, nomeadamente perceber quais são as pessoas que trabalham dentro da UAP, as características do posto de trabalho, ou seja, os espaços e ambiente onde as tarefas são realizadas (ex: o posicionamento dos operadores perante a bancada de trabalho), e por fim perceber quais são as zonas corporais exigida para a realização das tarefas.

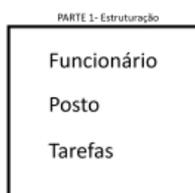


Figura 200: Os três elementos estudados na estruturação

Após interpretar a relação entre esses três elementos, poderá ser definido o objetivo concreto da prática do programa da GL, de forma elaborar um programa que minimiza as possíveis lesões associadas a realização das tarefas. Esse objetivo será a base do planejamento do programa da ginástica laboral, nomeadamente os exercícios físicos, a organização das atividades e o ritmo dessas atividades.

Planeamento

O planeamento é feito através de uma a matriz de elaboração do plano de atividades, baseado através de quatro campos de elaboração, neste caso o conteúdo, as regiões corporais, as estratégias e os temas, que vão permitir elaborar o programa através dos objetivos estipulados através da estruturação.

Inicialmente define-se o conteúdo, ou seja, perceber que tipo de conteúdo será abordado na prática ou que tipo de atividades físicas será abordado durante a prática. Num segundo tempo, será definido quais são as regiões corporais que serão envolvidas na prática dos exercícios físicos, tendo em conta os objetivos. Posteriormente, é necessário entender quais são as estratégias de aplicação dessas atividades que serão utilizadas na prática, ou seja, se são atividades feitas com ou sem materiais específico, se são atividades realizadas com fundo musical, e muito outras estratégias de aplicação de forma a dinamizar o conteúdo pratico do programa e trabalhar as regiões corporais definidas. Por fim, é definido os temas do programa da GL, de forma a variar as atividades (Figura 201).

PARTE 2- Planeamento

Conteúdo	Regiões Corporais
Estratégias	Temas

Figura 201: Matriz de elaboração do plano das atividades de GL

Execução

A execução é a última etapa para a realização do programa de GL, que define as fases das atividades elaboradas para o programa. O programa é dividido em atividades iniciais, principais e finais (Figura 202), de forma a estruturar essas fases em função do tempo atribuído para a realização dos exercícios físicos, ou seja, é escolhido vários exercícios de alongamentos e exercícios físicos onde será atribuído um tempo específico para a realização desses mesmos.

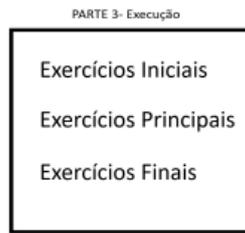


Figura 202: As três fases da elaboração dos exercícios para a GL

Desta forma, podemos observar a interligação entre a estruturação, o planeamento e a execução na figura, que são fundamentais para a elaboração de um programa adequado e eficiente da ginástica laboral (Figura 203).

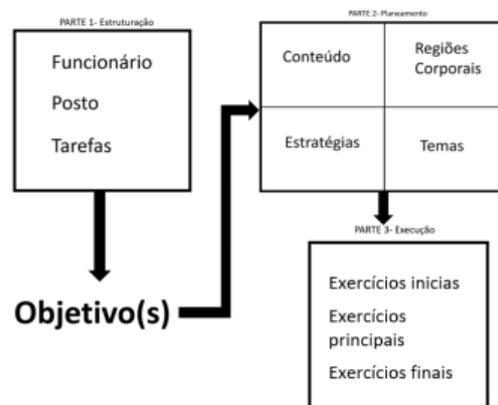


Figura 203: Interligação entre a estruturação, planeamento e execução

Painel digital para a ginástica laboral

De forma a realizar o programa de ginástica laboral de forma sincronizada, sugere-se que dentro UAP2 e futuramente nas outras UAP, escritórios e outras secções da organização, a instalação de painéis digitais com som, programado para a prática da GL. Esse painel possui indicações sobre quais são os exercícios a realizar, com um acompanhamento de um treinador virtual e vídeos tutoriais, a fim de implementar de forma eficiente o programa da GL (Figura 204).

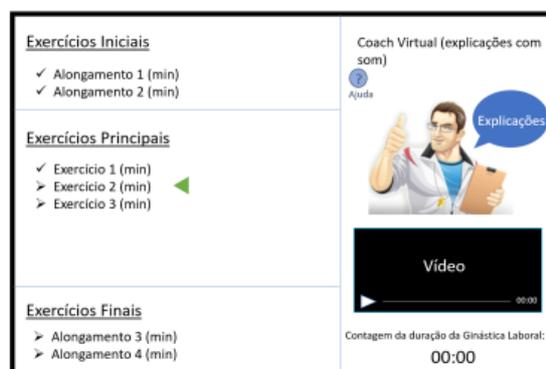


Figura 204: Sugestão de painel digital para a prática da ginástica laboral

Avaliação do programa de ginástica laboral

A avaliação do programa de ginástica laboral permitirá avaliar a implementação do programa no seio da organização por parte dos colaboradores. Desta forma, sugere-se que todos os três meses é enviado por e-mail, um questionário através da plataforma Google Forms, de modo a medir a satisfação dos colaboradores da Gestamp Cerveira relativamente a implementação do programa de ginástica laboral. Através deste questionário, o programa será moldado em função dos objetivos pretendidos do programa de GL e através das propostas dadas pelos colaboradores, a fim de aumentar o nível de satisfação e bem-estar dos colaboradores (Figura 205).

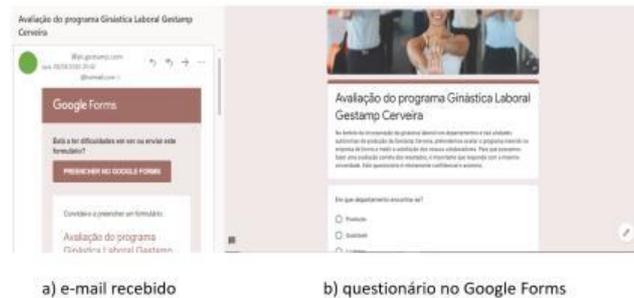


Figura 205: exemplo de avaliação do programa de GL

APÊNDICE XVII – ORGANIZAÇÃO DO PLANO DE FORMAÇÃO CONTÍNUA

Organização das formações

De forma a organizar as formações de forma eficiente, sugere-se uma tabela (Tabela 44) que permite a recolha de dados de forma automática, do número do colaborador, do seu nome, da UAP cujo o mesmo esta inserido atualmente, a área e data da formação, com os dados primários dos colaboradores associados (género e idade), o turno dos mesmos e a frequência que se pretende realizar essa formação, em função das suas atualizações, tudo isto inserido numa folha Excel (Figura 206). Refere-se neste caso à organização da formação, colaboradores, cargos, turnos, a área de formação e os tópicos que serão abordados durante a formação, referido na visão geral na secção 4.4.1.7.

Tabela 44: Organização das formações

ID	Grupos (nomes)	Genero	Idade	Cargo	UAP	Turno	Area de formação	Data da formação	Local da formação	Programas/Conteudos	Frequencia adequada da formação
----	----------------	--------	-------	-------	-----	-------	------------------	------------------	-------------------	---------------------	---------------------------------

ID	Grupos (nomes)	Genero	Idade	Cargo	UAP	Turno	Area de formação	Data da formação	Local Formação	Programas/Conteudos	Frequencia adequada da formação
1	aaaaaaaaaaaa	M	34	Chief de linha	2	A		20/05/2020			
22	wcbdbubgbybhb	M	28	Operario	6	A		20/05/2020			
25	cccccccczzzzz	F	33	Chief de linha	4	A	SST	20/05/2020	Sala KPI	. Medidas de segurança	Todos os dois meses
25	dddbbbbbbhhhh	F	35	Operario	7	A		20/05/2020		. Implementação de soluções	
5	sssssssssssssss	F	23	Operario	2	A		20/05/2020			
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											
32											
33											

Figura 206: Organização das formações inserida numa folha de Excel

Controlo da frequência das formações

A fim de controlar a frequência das formações, referiu-se a possibilidade de criar uma tabela que permite monitorizar as áreas das formações efetuadas e o número de vezes que essas mesmas foram realizadas em função da UAP e do cargo (Tabela 45), que será adaptada numa folha de Excel (Figura 207). Refere-se mais concretamente ao controlo de frequência das formações, ou seja, o número de formações realizadas dependentemente da UAP, das áreas e dos cargos que receberem a formação, referido na visão geral na secção 4.4.1.7.

Tabela 45: Controlo de frequência de formações em função das áreas

UAP	Frequência da formação	Area de formação	Necessidade de teste pós-formação	Frequência de formação por cargo	
				Cargo	Frequência
1				Diretores	
2				Engenheiros	
3				Logísticos	
4				Técnicos	
5				Chef de linha	
6				Operario Prod.	
7				Operario Log.	
8				Operario P.d.grua	

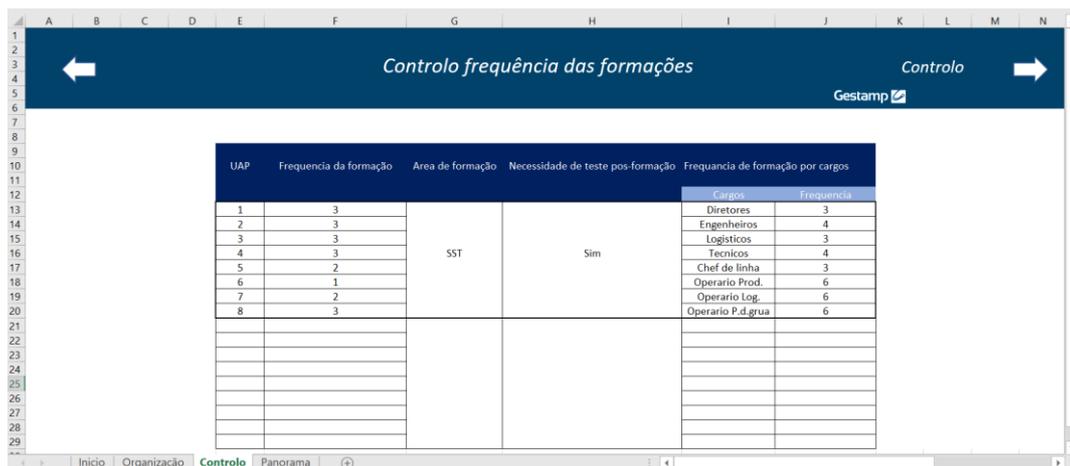


Figura 207: Controlo de frequência de formações em função das áreas numa folha de Excel

Panorama

Após a recolha de dados do controlo de frequências de formações, esses dados são depois observáveis através de gráficos, feitos de forma automática após a inserção dos dados de controlo. Existem dois tipos de gráficos, uns descrevendo o numero de formações em função das áreas de formação relativamente a UAP, afim de observar quantas vezes os colaboradores de uma UAP realizaram essas formações (em cima), e outros gráficos descrevendo o numero de formações em função das áreas de formação relativamente aos cargos dos trabalhadores, de forma a observar a frequência das formações dadas por cada cargo, tudo numa folha de Excel (Figura 208). Desta forma refere-se ao conjunto de gráficos, que interprete o controlo de frequência das formações, através de uma visão global, referido na visão geral na secção 4.4.1.7.

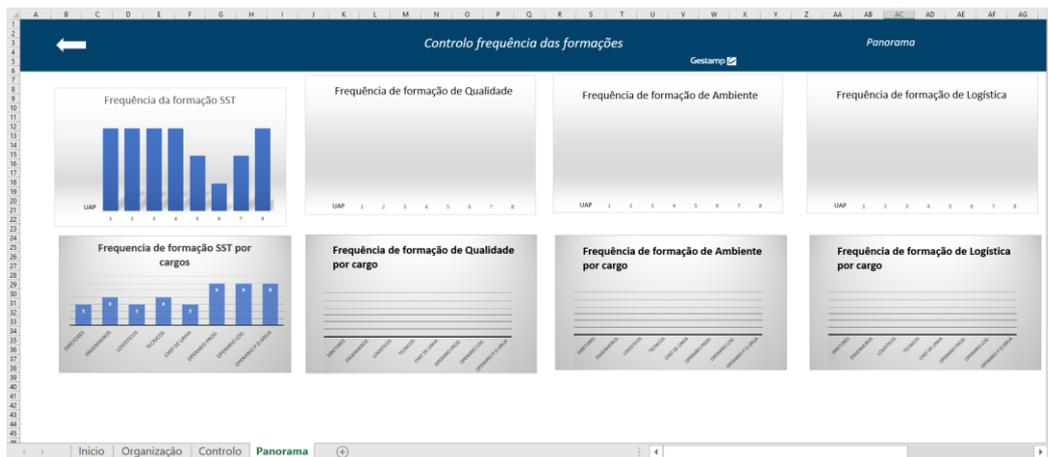


Figura 208: Panorama de gráficos para o monitoramento das formações

Digitalização da folha de registo de presença dos colaboradores

De forma a digitalizar todos os documentos, que atualmente são ainda realizados em folha de papel, sugere-se a digitalização das folhas de registo de presença dos colaboradores que assistem à formação, através de um tablet digital, para a realização de um “*check-in*” e assinatura (Figura 209).



Figura 209: Tablete digital para “*check-in*” e assinaturas dos colaboradores

Desta forma, reduz-se o consumo de folhas de papel e proporciona-se um ambiente economicamente e ecologicamente responsável no seio da organização.

APÊNDICE XVIII – ESTUDO COM DINAMÓMETRO PARA O VEÍCULO MOTORIZADO (MOVEXX T1000)

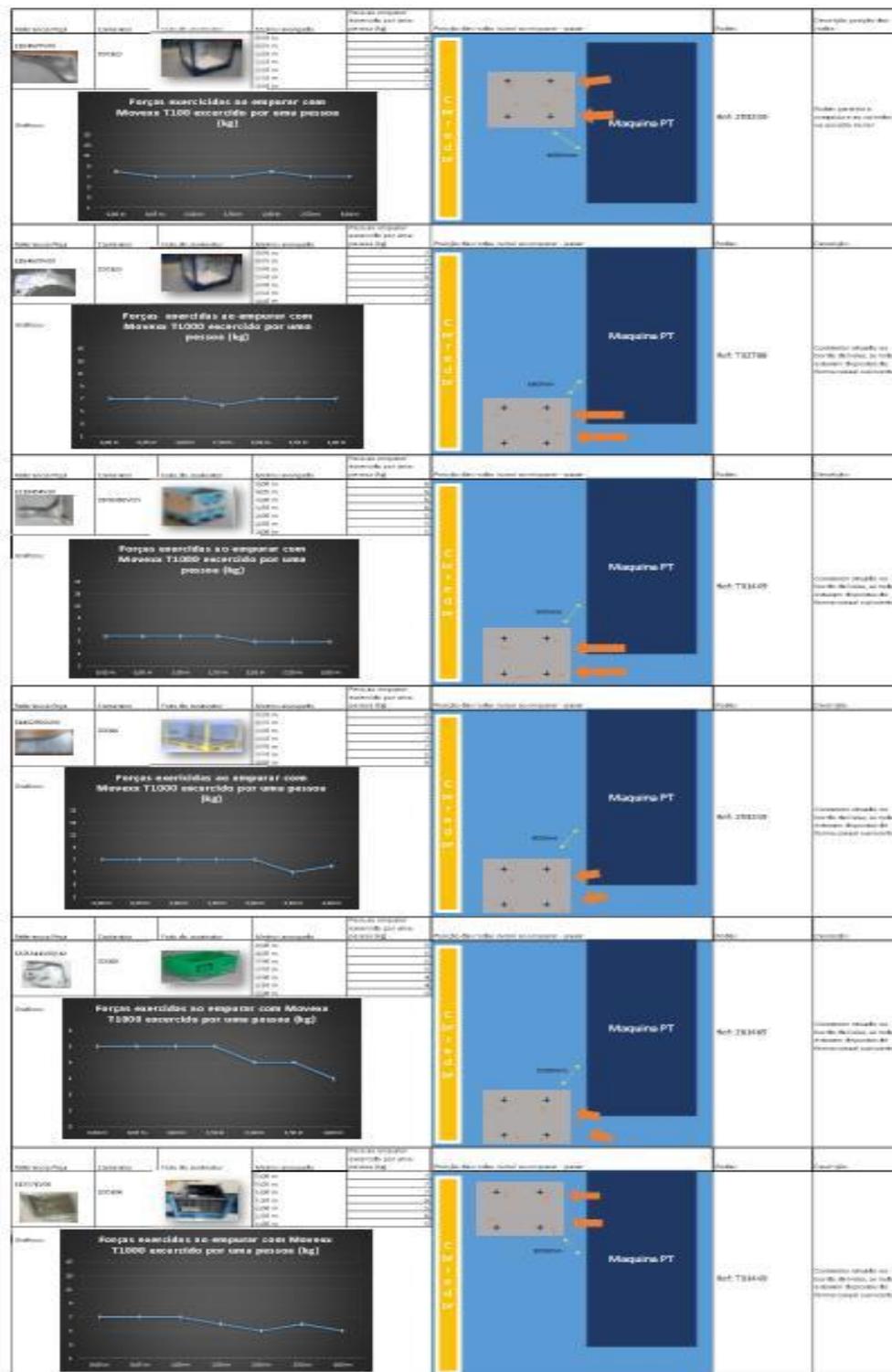


Figura 210: Registos dados com dinamómetro após utilização do Movexx T1000

Nota: devido à confidencialidade dos dados, a imagem está propositadamente desfocada.

APÊNDICE XIX – CARATERÍSTICAS DE TIPOS DE AGVs E CRITÉRIOS DE SELEÇÃO

Os AGV ou MIR são veículos autónomos, sem operador, que percorre uma rota definida, orientando-se no espaço graças a uma tecnologia de navegação, nomeadamente uma fita magnética, uma linha de cor, um trilho, um laser, uma câmara (navegação ótica) ou um GPS.

A função de um AGV ou MIR é o transporte de matérias-primas, componentes e produtos acabados ou em via de fabrico, nomeadamente em paletes e caixas de cartão. A maioria desses transportes de cargas são realizados por comboios logísticos ou por operações de elevação e empilhamento de cargas por parte dos empilhadores.

A escolha de um sistema AGV depende da operação ou das operações que o veículo tem de realizar e da complexidade da infraestrutura já existente ou a criar. Para tomar a decisão certa, há que ter em consideração os seguintes aspetos.

Neste caso, a fim de implementar um AGV tem-se que ter em conta várias características, desde o nível de precisão necessário à standardização do AGV (existente no mercado) ou o investimento num AGV feito a medida.

As características de tipos de AGVs e os critérios a ter em conta para a aquisição dos AGVs para a empresa estão descritos na Tabela 46.

Tabela 46: Tipos de AGVs e critérios selecionados para a empresa

Critério	Descrição
Facilidade de programação/Software	O AGV escolhido deve ser de fácil programação e flexível de forma a se adaptar facilmente aos processos da organização, e possuir um software fácil de interpretação.
Sistema de navegação	A escolha do sistema de navegação do AGV pode ser por laser, por fita magnética, por GPS ou por outros em concreto e deverá fazer-se em função das características do ambiente de trabalho em que o AGV, MIR ou AMR irá operar, designadamente o nível de humidade, a temperatura, a presença ou não de trabalhadores humanos no local, entre outros. É importante ter em conta de que modo o AGV é implementado através de um sistema de deslocamento eficiente para a organização onde será inserido. Esses sistemas são os seguintes: <ul style="list-style-type: none"> • Sistema a laser: O AGV tem um laser rotativo que deteta os elementos refletores instalados em diferentes pontos da sua zona de operação e que lhe servem de referência para determinar a sua posição com grande exatidão. • Sistema filoguiado: A rota do AGV é definida por meio de fios, de trilhos, de linhas magnéticas ou de cabos. A instalação destes elementos no pavimento exige a realização de obras no local. É pouco flexível, pois as rotas não podem ser alteradas facilmente. • Sistema de navegação ótica: O AGV está equipado com uma câmara que reconhece a faixa pintada ou colada no pavimento que dita a rota do veículo. Tem um custo de instalação inferior ao do sistema filoguiado, pois não necessita de obras. • Sistema de navegação por geolocalização: A área é mapeada e guardada na memória do AGV, o que lhe permite mover-se de forma autónoma, sem que haja necessidade de introduzir alterações na infraestrutura do edifício. O veículo calcula automaticamente as suas próprias rotas. Trata-se de uma solução flexível, ideal para rotas dinâmicas, uma vez que permite mudar facilmente a trajetória do AGV, bastando para tal introduzir as alterações no software de mapeamento. É a tecnologia de navegação que oferece maior fiabilidade.
Nível de precisão necessário	O nível de precisão dos AGV varia de um modelo para outro e deve ser adequado ao tipo de carga a transportar, para não a danificar. Se a empresa já tiver um sistema automatizado de logística, no qual irá integrar o AGV, é essencial que este último seja compatível com o software utilizado, seja o ERP (planeamento de recursos da empresa), seja o WMS (sistema de gestão de armazéns).

Adaptação ao espaço existente	O AGV escolhido deve adaptar ao layout existente e as futuras modificações do layout.
Segurança do AGV	É possível adicionar sensores de detecção ao AGV, de modo a evitar colisões. O veículo para quando deteta a presença próxima de um obstáculo ou de uma pessoa. Pode-se dotar o AGV de sinalização luminosa e sonora de aviso. A implementação de um AGV ou MIR contribui diretamente para aumentar a eficiência da movimentação de materiais e, por conseguinte, a produtividade. Dado que o AGV segue um percurso programado, é possível determinar a posição do início ao fim do processo. Deste modo, permite um maior controlo das encomendas, assim como a localização em tempo real dos produtos transportados. O AGV possui dispositivos de segurança que o impedem de colidir com operadores que se encontrem no seu caminho. Com um grau de precisão na ordem dos 10 mm, executa o posicionamento das cargas de forma precisa, o que reduz o risco de deterioração das mercadorias que muitas vezes decorre da movimentação manual. Equipado com sensores de detecção e segurança, o AGV imobiliza-se quando se depara com um obstáculo, evitando assim colisões.
Adaptação a bases rolantes existentes e futuras	O AGV escolhido deve adaptar-se as alturas das bases rolantes, que contem os contentores.
Tipos de AGV	Existem uma variedade de AGV no mercado, com várias características adequadas a vários tipos de tarefas. Os vários tipos de AGV existentes são: <ul style="list-style-type: none"> • AGV para transporte de cargas unitárias: São veículos motorizados projetados para transportar um único produto (por ex. uma bobina ou um motor), ou ainda uma paleta ou uma caixa contendo vários produtos. • Empilhadores AGV: São utilizados na movimentação de paletes. Em muitos modelos, os garfos estão equipados com sensores (geralmente a infravermelhos). • Rebocadores AGV: São veículos motorizados capazes de rebocar um ou mais veículos não motorizados com carga. Têm uma capacidade de carga até 8 toneladas. Há modelos equipados com plataformas que podem ser levantadas ou baixadas, com rolos motorizados ou correias, etc. para a transferência automática das cargas.
Consumo energético e baterias	O nível de consumo energético é um fator essencial ao nível ambiental e organizacional, tanto ao nível da eficiência energética, eficiência dos fluxos e ao nível financeiro. Desta forma, as baterias devem ser de Li-Ion de forma a reduzir os custos energéticos.
Cargas transportadas	Como foi referido na parte inicial, os AGV são usados para transportar diversos tipos de cargas, incluindo paletes, rolos, carrinhos e contentores, em particular em centros de produção e de logística. A partir daí, é necessário adequar o estudo dos AGV direcionado aos problemas encontrados na UAP2, referidos no capítulo anterior. Neste caso e perante o estudo, o tipo de AGV é o de transportes de cargas unitárias, através de várias configurações, que permite perceber de que forma o AGV poderá levar os contentores vazios e recolher os contentores cheios. Os AGV representados são AGV do tipo plataforma (com elevador ou sem elevador) e do tipo remoecedor.
Custo de manutenção	As probabilidades de altos custos devem ser reduzidas.

Os vários tipos de AGVs referido nos critérios são referidos nas Figura 211 e Figura 212.

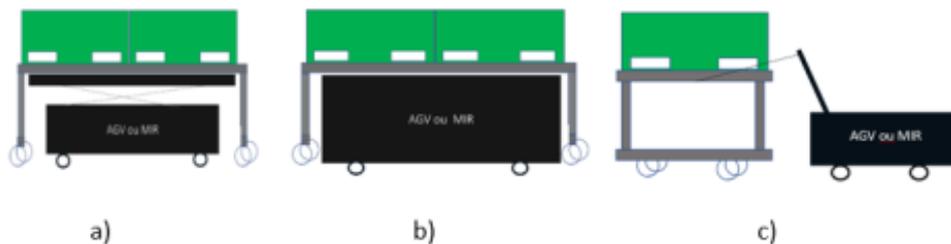


Figura 211: Tipos configurações de AGV de transportes de cargas unitárias: a) AGV plataforma com Lift, b) AGV plataforma sem Lift, c) AGV remoecedor

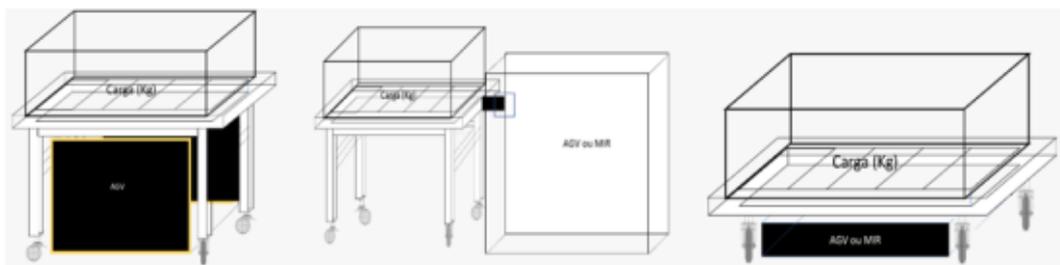


Figura 212: Tipos configurações de AGV de transportes de cargas unitárias em 3D

No entanto pretendia-se modificar algumas bases rolantes, fossem pelas configurações dos rodízios nas bases rolantes, como também pelo nível da altura desses suportes, nomeadamente quando as peças

produzidas pelas máquinas fossem incorporadas nos contentores 0080. O que se realçou é que nem todas as bases rolantes seriam da mesma altura, devido aos vários tipos de contentores encontrados em cima das bases rolantes.

Por outro lado, foi necessário escolher se o AGV seria standard (existente no mercado) ou por medida. Um AGV standard tem um custo de aquisição menor. A sua manutenção, sendo mais fácil, pode ser confiada a um prestador de serviços externos, não necessariamente a um técnico especializado da marca. Os AGV por medida são recomendados para cargas pesadas ou especiais.

As características dos AGVs standard estão na Tabela 47.

Tabela 47: Características e descrição dos tipos de AGVs Standard

Alternativas de AGV	Descrição das características
<p>AGV Quabot 2000 (Alternativa A)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptável a qualquer setor industrial; • Combina capacidades de movimento; • Omnidirecional com altura muito baixa; • Interações seguras e fiáveis com operadores e elementos ligados; • Fácil adaptabilidade a qualquer ambiente industrial; • As dimensões (Largura x comprimento x Altura) Mínimo é de 1800 x 800 x 300 mm, com um peso de 600 kg e carga útil de 2000 kg; • Intervalo de velocidade de 50 mm/seg a 1000 mm/seg (com carga) e até 2000 mm/seg (sem carga); • Incorporado uma almofada de controlo de movimento manual, controlo remoto sem fios, controlo remoto com fios; • Sistema de navegação é feita através de QR codes, SLAM e Magnetic; • Baterias são baterias li-Ion, com um método de recarga Sistema de carregamento online e uma autonomia 24/7 (ASTI a), 2020).
<p>MIR1000 (Alternativa B)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de inteligência artificial (IA) incorporadas em software e câmaras que funcionam como um conjunto de sensores; • Deteta e reconheça diferentes obstáculos em movimento e reajam em conformidade; • Carga Útil de 1000 Kg • Dois elevadores de paletes flexíveis para os dois paletes mais utilizados: a paleta da UE e a paleta de 40" x 48"; • Programado através da interface intuitiva, ou através do sistema de gestão da frota de robôs MirFleet, que simplifica a automatização de novas tarefas para toda a frota de robôs de uma empresa; • Baterias Li-on com capacidade 40 Ah, 24V (MIR, 2020).
<p>INDEVA TUGGER AGV (Alternativa C)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Segue uma fita magnética que é rápida e facilmente colocado ao longo da rota necessária; • Configurado para diferentes funções e pode ser atualizado a partir de uma gama de opcionais acessórios; • Programado para arranque automático em meios de um predefinido timing ou receção de um sinal; • Carga Útil de 1500 Kg • Baterias Li-on (Indeva,2020).
<p>Tribot 3T (Alternativa D)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Possui dimensões mínimas, uma grande capacidade e manuseamento; • Fácil, segura e solução flexível para transporte horizontal de carga pesada e separação de pedidos por longas distâncias; • Fácil de configurar, possui uma interface adequada e simplificada para a manutenção; • Existem vários sistemas de navegação, magnéticos ou SLAM; • Rotas configuráveis fáceis; • Baterias Li-on; • Automático para uso interno e externo (ASTI b), 2020).
<p>Linde_P30-MATIC (Alternativa E)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Trator de reboque elétrico e autónomo com plataforma para o condutor; • Movimenta cargas rebocadas entre 3000 kg e 5000 kg; • Equipamentos versáteis e robustos dispõem de um motor de acionamento potente e sem manutenção, com um binário elevado; • Sistema de segurança inteligente que deteta de forma fiável obstáculos imobilizados e em movimento através de detetores a laser e uma câmara 3D; • Sistema de geonavegação com flexibilidade e capacidade de adaptação; • Comunicação de dados com instalações automatizadas;

	<ul style="list-style-type: none"> • Equipamento pode também ser integrado nos sistemas de gestão de mercadorias e ERP através do software de controlo; • Monitorizado e ajustado através de uma função de diagnóstico remoto assistida por computador; • Tecnologia de corrente trifásica; • baterias Li-Ion, com capacidade 24 V 375 Ah (Linde P-MATIC, 2016).
<p>Movexx_AGV1000 (Alternativa F)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Automaticamente guiado, capaz de seguir uma rota ótica completamente autónoma; • Acopla e dissocia automaticamente os carrinhos com dois rodios e dois castores fixos; • Capaz de navegar em várias rotas complexas com interruptores; • Capaz de conduzir velocidades variáveis até 4,7 km/h; • Baterias Li-Ion, com capacidade 24V 36Ah (Movexx, 2018).
<p>AGV Oscar OMNI (Alternativa G)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Navega com base em contornos sem marcos especialmente instalados utilizando a tecnologia KBL e, adicionalmente, domina a navegação de pontos magnéticos; • Mobilidade superficial permite rodar no stand, bem como passeios diagonais e reduz o espaço necessário para operações de curvação e de mudança de carga; • Velocidade de 1.6m/s; • Tecnologia DS AUTOMOTION comprovada num design compacto; • Elevada robustez e baixa suscetibilidade ao erro; • Elevação de 120mm; • Mesmo quando carregada, é garantida uma vista completa de 360° dos sensores e, portanto, segurança total dos passageiros sem pontos cegos; • Carga útil de 1000 Kg, com uma velocidade máxima; • Sistema de carregamento automático de fornecimento de energia; • Baterias Li-Ion (Faw/Logistics Engeneering, 2020).
<p>AGV OTTO 1500 (Load) e AGV OTTO 1500 (Lift) (Alternativa H e I)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Move paletes de forma autónoma, prateleiras, e outras cargas pesadas; • Carga útil de 1500 Kg, e uma velocidade de 2 m/s, com suspensão passiva; • As dimensões (Largura x comprimento x Altura) são de 1810 x 1190 x 351 mm e um peso de 525 Kg; • Opera 24 horas por dia com cerca de 85% de disponibilidade individual do veículo; • Carregamento oportunista automatizado sem intervenção humana; • níveis de carga da bateria são geridos de forma inteligente pelo OTTO Fleet Manager™ software; • Baterias li-on com capacidade 100 Ah e 51,2 V; • A diferença entre esses dois Agv tem haver com os anexos e acessórios, ou seja, um possui uma placa de carga (Load) e o segundo um elevador específico (Lift) adequado perante o estudo, mas no entanto o elevador é um anexo separado, não incorporado diretamente no AGV; • Sistema de Segurança SICK s3000 para proteção visual 360°, Câmaras 3D para deteção de 120° frente e de volta de 0-1.700mm acima do piso, com luzes e paragens de emergencias, através de Iluminação LED percetiva de 360°, 4 botões de paragem de emergência (OTTO Motors, 2020).
<p>Linde_ P30 – Towing AGV (Alternativa J)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Possui um robusto de 3.000 kg de capacidade de reboque; • Possui uma pequena largura para trabalhar em corredores estreitos; • Combine o funcionamento manual e automático; • Controlo de bordo PLC, com fácil de utilizar e operação de ecrã tátil; • Ferramentas de mapeamento, redes de transporte são fácil de construir e modificar sem programação; • Possui um scanner laser de segurança para nenhum contacto, com deteção de obstáculos; • Baterias li-on com capacidade 24 V 375 Ah (Linde P30, 2016).

Os carregamentos das baterias desses AGV podem ser manuais ou automáticos, no entanto não são de indução magnética. No caso de carregamento automático, este pode ser feito nos pontos de carga/descarga, através de contactos fixados ao solo. Este método é suficiente onde o tempo de operação do AGV é baixo. No caso de operação em contínuo são necessários métodos mais eficientes. Quando a carga da bateria baixa a um nível determinado o AGV pode ser programado para voltar automaticamente à estação de carga.

As características dos tipos de AGVs existentes estão na Tabela 48.

Tabela 48: Características (parâmetros) das alternativas de AGVs existentes no mercado

Alternativas Parametros	Dimensões (mm)	Peso (Kg)	Carga Util (Kg)	Intervalo de velocidade (mm/seg)	Sistema de navegação	Bateria	Capacidade	Autonomia	Potencia (W)	Δt (h)	Consumo energetico em 1h (kWh)
Alternativa A	1800 x 800 x 300	600	2000	500-2000	QR Codes pontos SLAM Bandas Magneticas	Li-ion	7 Ah, 24V	24 7	168	0,25	0,0042
Alternativa B	600 x 850 x 350	-	1000	-	Geolocalização	Li-ion	40 Ah, 24V	24 40	960	0,25	0,024
Alternativa C	1400 x 920 x 1150	-	750-1500	ocidade diferencial entre as rodas motr	Bandas Magneticas	Li-ion	-	-	-	-	-
Alternativa D	1221 x 695 x 762	-	3000	-	Geolocalização Bandas Magneticas pontos SLAM	Lead acid Li-ion Gel	7Ah, 24V	24 7	168	0,25	0,0042
Alternativa E	1750 x 798 x 675	1080	3000	-	Geolocalização	Li-ion	375 Ah, 24V	24 375	9000	0,25	2,25
Alternativa F	1051 x 505 x 326	-	1000	-	Bandas Magneticas	Li-ion	36 Ah, 24 V	24 36	864	0,25	0,0216
Alternativa G	1800 x 800 x 300	525	1000	500-1600	pontos SLAM	Li-ion	40 Ah, 24V	24 40	960	0,25	0,024
Alternativa H	1810 x 1190 x 351	525	1500	500-2000	Geolocalização	Li-ion	100 Ah, 51,2 V	51,2 100	5120	0,25	1,28
Alternativa I	1810 x 1190 x 351	525	1500	500-2000	Geolocalização	Li-ion	100 Ah, 51,2 V	51,2 100	5120	0,25	1,28
Alternativa J	1750 x 798 x 675	1080	3000	-	Geolocalização	Li-ion	375 Ah, 24V	24 375	9000	0,25	2,25

APÊNDICE XX – MATRIZES PARA A ELABORAÇÃO DA ANÁLISE AHP

Critério 1 (C1): Facilidade de programação/Software																					
	Opção A	Opção B	Opção C	Opção D	Opção E	Opção F	Opção G	Opção H	Opção I	Opção J	Matriz Normalizada							Vetor médio			
Opção A	1	1	5	0,5	1	4	3	1	1	1	0,11385	0,08333	0,16129	0,14384	0,08	0,125	0,21687	0,08696	0,09615	0,08511	0,119239549
Opção B	1	1	1	0,33333	1	1	1	1	1	1	0,11385	0,08333	0,03226	0,09589	0,08	0,03125	0,07229	0,08696	0,09615	0,08511	0,077708971
Opção C	0,2	1	1	0,14286	0,5	1	0,33333	0,25	0,2	0,5	0,02277	0,08333	0,03226	0,0411	0,04	0,03125	0,0241	0,02174	0,01923	0,04255	0,035832716
Opção D	2	3	7	1	4	6	4	4	3	4	0,2277	0,25	0,22581	0,28767	0,32	0,1875	0,28916	0,34783	0,28846	0,34043	0,276455145
Opção E	1	1	2	0,25	1	4	1	1	1	1	0,11385	0,08333	0,06452	0,07192	0,08	0,125	0,07229	0,08696	0,09615	0,08511	0,087912517
Opção F	0,25	1	1	0,16667	1	1	0,5	0,25	0,2	0,25	0,02846	0,08333	0,03226	0,04795	0,08	0,03125	0,03614	0,02174	0,01923	0,02128	0,040164068
Opção G	0,33333	1	3	0,25	1	2	1	1	1	1	0,03795	0,08333	0,09677	0,07192	0,08	0,0625	0,07229	0,08696	0,09615	0,08511	0,077298191
Opção H	1	1	4	0,25	1	4	1	1	1	1	0,11385	0,08333	0,12903	0,07192	0,08	0,125	0,07229	0,08696	0,09615	0,08511	0,09436413
Opção I	1	1	5	0,33333	1	5	1	1	1	1	0,11385	0,08333	0,16129	0,09589	0,08	0,15625	0,07229	0,08696	0,09615	0,08511	0,103112197
Opção J	1	1	2	0,25	1	4	1	1	1	1	0,11385	0,08333	0,06452	0,07192	0,08	0,125	0,07229	0,08696	0,09615	0,08511	0,087912517
Soma	8,78333	12	31	3,47619	12,5	32	13,8333	11,5	10,4	11,75											

Figura 213: Matriz do critério Facilidade de programação/ Software (C1)

Critério 2 (C2): Sistema de navegação																						
	Opção A	Opção B	Opção C	Opção D	Opção E	Opção F	Opção G	Opção H	Opção I	Opção J	Matriz Normalizada							Vetor médio				
Opção A	1	1	6	1	1	6	1	1	1	1	0,12	0,11881	0,17647	0,12	0,1	0,17647	0,11538	0,11765	0,11765	0,11765	0,11765	0,128007885
Opção B	1	1	4	1	1	4	1	1	1	1	0,12	0,11881	0,11765	0,12	0,1	0,11765	0,11538	0,11765	0,11765	0,11765	0,11765	0,116243179
Opção C	0,16667	0,25	1	0,16667	1	1	0,33333	0,25	0,25	0,25	0,02	0,02941	0,02941	0,02	0,1	0,02941	0,03846	0,02941	0,02941	0,02941	0,02941	0,035522333
Opção D	1	1	6	1	1	6	1	1	1	1	0,12	0,11881	0,17647	0,12	0,1	0,17647	0,11538	0,11765	0,11765	0,11765	0,11765	0,128007885
Opção E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,12	0,11881	0,02941	0,12	0,1	0,02941	0,11538	0,11765	0,11765	0,11765	0,11765	0,09859612
Opção F	0,16667	0,16667	1	0,16667	1	1	0,33333	0,25	0,25	0,25	0,02	0,0198	0,02941	0,02	0,1	0,02941	0,03846	0,02941	0,02941	0,02941	0,02941	0,034532234
Opção G	1	1	3	1	1	3	1	1	1	1	0,12	0,11881	0,08824	0,12	0,1	0,08824	0,11538	0,11765	0,11765	0,11765	0,11765	0,110360826
Opção H	1	1	4	1	1	4	1	1	1	1	0,12	0,11881	0,11765	0,12	0,1	0,11765	0,11538	0,11765	0,11765	0,11765	0,11765	0,116243179
Opção I	1	1	4	1	1	4	1	1	1	1	0,12	0,11881	0,11765	0,12	0,1	0,11765	0,11538	0,11765	0,11765	0,11765	0,11765	0,116243179
Opção J	1	1	4	1	1	4	1	1	1	1	0,12	0,11881	0,11765	0,12	0,1	0,11765	0,11538	0,11765	0,11765	0,11765	0,11765	0,116243179
Soma	8,33333	8,41667	34	8,33333	10	34	8,66667	8,5	8,5	8,5												

Figura 214: Matriz do critério sistema de navegação (C2)

Critério 3 (C3): Nível de precisão necessário																					
	Opção A	Opção B	Opção C	Opção D	Opção E	Opção F	Opção G	Opção H	Opção I	Opção J	Matriz Normalizada							Vetor médio			
Opção A	1	1	3	0,5	1	2	3	1	1	1	0,12245	0,09091	0,13636	0,16484	0,08696	0,07143	0,27692	0,09524	0,1049	0,09302	0,12430215
Opção B	1	1	1	0,33333	1	1	1	1	1	1	0,12245	0,09091	0,04545	0,10989	0,08696	0,03571	0,09231	0,09524	0,1049	0,09302	0,087683768
Opção C	0,33333	1	1	0,2	0,5	1	0,33333	0,25	0,33333	0,5	0,04082	0,09091	0,04545	0,06593	0,04348	0,03571	0,03077	0,02381	0,03497	0,04651	0,045836199
Opção D	2	3	5	1	4	6	4	4	3	4	0,2449	0,27273	0,22727	0,32967	0,34783	0,21429	0,36923	0,38095	0,31469	0,37209	0,307364158
Opção E	1	1	2	0,25	1	4	1	1	1	1	0,12245	0,09091	0,09091	0,08242	0,08696	0,14286	0,09231	0,09524	0,1049	0,09302	0,100196256
Opção F	0,5	1	1	0,16667	1	1	0,5	0,25	0,2	0,25	0,06122	0,09091	0,04545	0,05495	0,08696	0,03571	0,04615	0,02381	0,02098	0,02326	0,048940219
Opção G	0,33333	1	3	0,25	1	2	1	1	1	1	0,04082	0,09091	0,13636	0,08242	0,08696	0,07143	0,09231	0,09524	0,1049	0,09302	0,089435588
Opção H	1	1	4	0,25	1	4	1	1	1	1	0,12245	0,09091	0,18182	0,08242	0,08696	0,14286	0,09231	0,09524	0,1049	0,09302	0,109287165
Opção I	1	1	3	0,33333	1	5	1	1	1	1	0,12245	0,09091	0,13636	0,10989	0,08696	0,17857	0,09231	0,09524	0,1049	0,09302	0,111060392
Opção J	1	1	2	0,25	1	4	1	1	1	1	0,12245	0,09091	0,09091	0,08242	0,08696	0,14286	0,09231	0,09524	0,1049	0,09302	0,100196256
Soma	8,16667	11	22	3,03333	11,5	28	10,8333	10,5	9,53333	10,75											

Figura 215: Matriz do critério nível de precisão (C3)

Critério 4 (C4): Adaptação ao espaço existente																					
	Opção A	Opção B	Opção C	Opção D	Opção E	Opção F	Opção G	Opção H	Opção I	Opção J	Matriz Normalizada							Vetor médio			
Opção A	1	0,2	1	0,33333	0,33333	0,2	1	1	1	0,33333	0,04167	0,04615	0,05882	0,04082	0,01923	0,03061	0,04167	0,04167	0,04167	0,02	0,038230338
Opção B	5	1	3	2	5	2	5	5	5	5	0,20833	0,23077	0,17647	0,2449	0,28846	0,30612	0,20833	0,20833	0,20833	0,3	0,23800551
Opção C	1	0,33333	1	0,5	1	0,33333	1	1	1	0,33333	0,04167	0,07692	0,05882	0,06122	0,05769	0,05102	0,04167	0,04167	0,04167	0,02	0,049235048
Opção D	3	0,5	2	1	3	2	3	3	3	1	0,125	0,11538	0,11765	0,12245	0,17308	0,30612	0,125	0,125	0,125	0,06	0,139468003
Opção E	3	1	1	0,33333	1	0,2	3	3	3	3	0,125	0,23077	0,05882	0,04082	0,05769	0,03061	0,125	0,125	0,125	0,18	0,109871364
Opção F	5	0,5	3	2	5	1	5	5	5	5	0,20833	0,11538	0,17647	0,2449	0,28846	0,15306	0,20833	0,20833	0,20833	0,3	0,211160926
Opção G	1	0,2	1	0,33333	0,33333	0,2	1	1	1	0,33333	0,04167	0,04615	0,05882	0,04082	0,01923	0,03061	0,04167	0,04167	0,04167	0,02	0,038230338
Opção H	1	0,2	1	0,33333	0,33333	0,2	1	1	1	0,33333	0,04167	0,04615	0,05882	0,04082	0,01923	0,03061	0,04167	0,04167	0,04167	0,02	0,038230338
Opção I	1	0,2	1	0,33333	0,33333	0,2	1	1	1	0,33333	0,04167	0,04615	0,05882	0,04082	0,01923	0,03061	0,04167	0,04167	0,04167	0,02	0,038230338
Opção J	3	0,2	3	1	1	0,2	3	3	3	1	0,125	0,04615	0,17647	0,12245	0,05769	0,03061	0,125	0,125	0,125	0,06	0,099337797
Soma	24	4,33333	17	8,16667	17,3333	6,53333	24	24	24	16,6667											

Figura 216: Matriz do critério adaptação ao espaço existente (C4)

Critério 5 (C5): Segurança do AGV																					
	Opção A	Opção B	Opção C	Opção D	Opção E	Opção F	Opção G	Opção H	Opção I	Opção J	Matriz Normalizada									Vetor médio	
Opção A	1	1	3	0,5	0,5	2	3	1	1	0,5	0,08955	0,08333	0,15	0,11111	0,05	0,09524	0,25352	0,08333	0,09091	0,04444	0,105144277
Opção B	1	1	1	0,33333	1	1	1	1	1	1	0,08955	0,08333	0,05	0,07407	0,1	0,04762	0,08451	0,08333	0,09091	0,08889	0,079221705
Opção C	0,33333	1	1	0,33333	0,5	1	0,33333	0,5	0,5	0,5	0,02985	0,08333	0,05	0,07407	0,05	0,04762	0,02817	0,04167	0,04545	0,04444	0,049461187
Opção D	2	3	3	1	2	2	2	4	3	4	0,1791	0,25	0,15	0,22222	0,2	0,09524	0,16901	0,33333	0,27273	0,35556	0,222719504
Opção E	2	1	2	0,5	1	4	1	1	1	1	0,1791	0,08333	0,1	0,11111	0,1	0,19048	0,08451	0,08333	0,09091	0,08889	0,111166347
Opção F	0,5	1	1	0,5	1	1	0,5	0,5	0,5	0,25	0,04478	0,08333	0,05	0,11111	0,1	0,04762	0,04225	0,04167	0,04545	0,02222	0,058843657
Opção G	0,33333	1	3	0,5	1	2	1	1	1	1	0,02985	0,08333	0,15	0,11111	0,1	0,09524	0,08451	0,08333	0,09091	0,08889	0,091717164
Opção H	1	1	2	0,25	1	2	1	1	1	1	0,08955	0,08333	0,1	0,05556	0,1	0,09524	0,08451	0,08333	0,09091	0,08889	0,087131758
Opção I	1	1	2	0,33333	1	2	1	1	1	1	0,08955	0,08333	0,1	0,07407	0,1	0,09524	0,08451	0,08333	0,09091	0,08889	0,08898361
Opção J	2	1	2	0,25	1	4	1	1	1	1	0,1791	0,08333	0,1	0,05556	0,1	0,19048	0,08451	0,08333	0,09091	0,08889	0,105610791
Soma	11,1667	12	20	4,5	10	21	11,8333	12	11	11,25											

Figura 217: Matriz do critério adaptação ao espaço existente (C5)

Critério 6 (C6): Adaptação a bases rolantes existentes e futuras																					
	Opção A	Opção B	Opção C	Opção D	Opção E	Opção F	Opção G	Opção H	Opção I	Opção J	Matriz Normalizada									Vetor médio	
Opção A	1	0,14286	1	0,25	0,5	0,2	1	1	1	0,5	0,04	0,03989	0,05556	0,03125	0,02439	0,02655	0,04	0,04	0,04	0,02326	0,03608939
Opção B	7	1	5	3	7	3	7	7	7	7	0,28	0,27926	0,27778	0,375	0,34146	0,39823	0,28	0,28	0,28	0,32558	0,3117308
Opção C	1	0,2	1	0,5	1	0,33333	1	1	1	0,5	0,04	0,05585	0,05556	0,0625	0,04878	0,04425	0,04	0,04	0,04	0,02326	0,045019071
Opção D	4	0,33333	2	1	4	2	4	4	4	4	0,16	0,09309	0,11111	0,125	0,19512	0,26549	0,16	0,16	0,16	0,18605	0,161585141
Opção E	2	1	1	0,25	1	0,2	2	2	2	2	0,08	0,27926	0,05556	0,03125	0,04878	0,02655	0,08	0,08	0,08	0,09302	0,085441329
Opção F	5	0,33333	3	2	5	1	5	5	5	5	0,2	0,09309	0,16667	0,25	0,2439	0,13274	0,2	0,2	0,2	0,23256	0,191895571
Opção G	1	0,14286	1	0,25	0,5	0,2	1	1	1	0,5	0,04	0,03989	0,05556	0,03125	0,02439	0,02655	0,04	0,04	0,04	0,02326	0,03608939
Opção H	1	0,14286	1	0,25	0,5	0,2	1	1	1	0,5	0,04	0,03989	0,05556	0,03125	0,02439	0,02655	0,04	0,04	0,04	0,02326	0,03608939
Opção I	1	0,14286	1	0,25	0,5	0,2	1	1	1	0,5	0,04	0,03989	0,05556	0,03125	0,02439	0,02655	0,04	0,04	0,04	0,02326	0,03608939
Opção J	2	0,14286	2	0,25	0,5	0,2	2	2	2	1	0,08	0,03989	0,11111	0,03125	0,02439	0,02655	0,08	0,08	0,08	0,04651	0,059970527
Soma	25	3,58095	18	8	20,5	7,53333	25	25	25	21,5											

Figura 218: Matriz do critério adaptação a bases rolantes e futuras (C6)

Critério 7 (C7): Tipos de AGV																					
	Opção A	Opção B	Opção C	Opção D	Opção E	Opção F	Opção G	Opção H	Opção I	Opção J	Matriz Normalizada									Vetor médio	
Opção A	1	1	0,33333	0,33333	0,5	0,33333	1	1	1	0,5	0,05556	0,05556	0,05556	0,06667	0,05	0,03448	0,05556	0,05556	0,05556	0,04762	0,053210181
Opção B	1	1	0,33333	0,33333	0,5	0,33333	1	1	1	0,5	0,05556	0,05556	0,05556	0,06667	0,05	0,03448	0,05556	0,05556	0,05556	0,04762	0,053210181
Opção C	3	3	1	1	3	1	3	3	3	3	0,16667	0,16667	0,16667	0,2	0,3	0,10345	0,16667	0,16667	0,16667	0,28571	0,188916256
Opção D	3	3	1	1	2	3	3	3	3	2	0,16667	0,16667	0,16667	0,2	0,2	0,31034	0,16667	0,16667	0,16667	0,19048	0,190082102
Opção E	2	2	1	0,5	1	2	2	2	2	1	0,11111	0,11111	0,16667	0,1	0,1	0,2069	0,11111	0,11111	0,11111	0,09524	0,122435687
Opção F	3	3	1	0,33333	0,5	1	3	3	3	1	0,16667	0,16667	0,16667	0,06667	0,05	0,10345	0,16667	0,16667	0,16667	0,09524	0,131535304
Opção G	1	1	0,33333	0,33333	0,5	0,33333	1	1	1	0,5	0,05556	0,05556	0,05556	0,06667	0,05	0,03448	0,05556	0,05556	0,05556	0,04762	0,053210181
Opção H	1	1	0,33333	0,33333	0,5	0,33333	1	1	1	0,5	0,05556	0,05556	0,05556	0,06667	0,05	0,03448	0,05556	0,05556	0,05556	0,04762	0,053210181
Opção I	1	1	0,33333	0,33333	0,5	0,33333	1	1	1	0,5	0,05556	0,05556	0,05556	0,06667	0,05	0,03448	0,05556	0,05556	0,05556	0,04762	0,053210181
Opção J	2	2	0,33333	0,5	1	1	2	2	2	1	0,11111	0,11111	0,05556	0,1	0,1	0,10345	0,11111	0,11111	0,11111	0,09524	0,100979748
Soma	18	18	6	5	10	9,66667	18	18	18	10,5											

Figura 219: Matriz do critério tipos de AGV (C7)

Critério 8 (C8): Consumo energético																					
	Opção A	Opção B	Opção C	Opção D	Opção E	Opção F	Opção G	Opção H	Opção I	Opção J	Matriz Normalizada									Vetor médio	
Opção A	1	0,11111	1	1	0,11111	1	1	0,11111	0,11111	0,11111	0,02	0,006	0,02	0,02	0,02825	0,03333	0,04545	0,01543	0,01724	0,03058	0,023628619
Opção B	9	1	9	9	0,2	5	1	0,33333	0,33333	0,2	0,18	0,05396	0,18	0,18	0,05085	0,16667	0,04545	0,0463	0,05172	0,05505	0,100999181
Opção C	1	0,11111	1	1	0,11111	1	1	0,11111	0,11111	0,11111	0,02	0,006	0,02	0,02	0,02825	0,03333	0,04545	0,01543	0,01724	0,03058	0,023628619
Opção D	1	0,11111	1	1	0,11111	1	1	0,11111	0,11111	0,11111	0,02	0,006	0,02	0,02	0,02825	0,03333	0,04545	0,01543	0,01724	0,03058	0,023628619
Opção E	9	5	9	9	1	5	5	2	2	1	0,18	0,26978	0,18	0,18	0,25424	0,16667	0,22727	0,27778	0,31034	0,27523	0,232131282
Opção F	1	0,2	1	1	0,2	1	1	0,2	0,11111	0,2	0,02	0,01079	0,02	0,02	0,05085	0,03333	0,04545	0,02778	0,01724	0,05505	0,030049173
Opção G	1	1	1	1	0,2	1	1	0,33333	0,33333	0,2	0,02	0,05396	0,02	0,02	0,05085	0,03333	0,04545	0,0463	0,05172	0,05505	0,039665848
Opção H	9	3	9	9	0,5	5	3	1	0,33333	0,2	0,18	0,16187	0,18	0,18	0,12712	0,16667	0,13636	0,13889	0,05172	0,05505	0,137767835
Opção I	9	3	9	9	0,5	5	3	1	1	0,5	0,18	0,16187	0,18	0,18	0,12712	0,16667	0,13636	0,13889	0,15517	0,13761	0,156369543
Opção J	9	5	9	9	1	5	5	2	2	1	0,18	0,26978	0,18	0,18	0,25424	0,16667	0,22727	0,27778	0,31034	0,27523	0,232131282
Soma	50	18,5333	50	50	3,93333	30	22	7,2	6,44444	3,63333											

Figura 220: Matriz do critério consumo energético (C8)

Critério 9 (C9): Cargas transportadas																					
	Opção A	Opção B	Opção C	Opção D	Opção E	Opção F	Opção G	Opção H	Opção I	Opção J	Matriz Normalizada							Vetor médio			
Opção A	1	3	2	0,5	0,5	3	3	2	2	0,5	0,10526	0,125	0,12903	0,09375	0,09375	0,125	0,14286	0,12903	0,12903	0,09375	0,116646707
Opção B	0,33333	1	0,5	0,25	0,25	1	1	0,5	0,5	0,25	0,03509	0,04167	0,03226	0,04688	0,04688	0,04167	0,04762	0,03226	0,03226	0,04688	0,040343929
Opção C	0,5	2	1	0,33333	0,33333	2	2	1	1	0,33333	0,05263	0,08333	0,06452	0,0625	0,0625	0,08333	0,09524	0,06452	0,06452	0,0625	0,069558473
Opção D	2	4	3	1	1	4	3	3	3	1	0,21053	0,16667	0,19355	0,1875	0,1875	0,16667	0,14286	0,19355	0,19355	0,1875	0,182986195
Opção E	2	4	3	1	1	4	3	3	3	1	0,21053	0,16667	0,19355	0,1875	0,1875	0,16667	0,14286	0,19355	0,19355	0,1875	0,182986195
Opção F	0,33333	1	0,5	0,25	0,25	1	1	0,5	0,5	0,25	0,03509	0,04167	0,03226	0,04688	0,04688	0,04167	0,04762	0,03226	0,03226	0,04688	0,040343929
Opção G	0,33333	1	0,5	0,33333	0,33333	1	1	0,5	0,5	0,33333	0,03509	0,04167	0,03226	0,0625	0,0625	0,04167	0,04762	0,03226	0,03226	0,0625	0,045031429
Opção H	0,5	2	1	0,33333	0,33333	2	2	1	1	0,33333	0,05263	0,08333	0,06452	0,0625	0,0625	0,08333	0,09524	0,06452	0,06452	0,0625	0,069558473
Opção I	0,5	2	1	0,33333	0,33333	2	2	1	1	0,33333	0,05263	0,08333	0,06452	0,0625	0,0625	0,08333	0,09524	0,06452	0,06452	0,0625	0,069558473
Opção J	2	4	3	1	1	4	3	3	3	1	0,21053	0,16667	0,19355	0,1875	0,1875	0,16667	0,14286	0,19355	0,19355	0,1875	0,182986195
Soma	9,5	24	15,5	5,33333	5,33333	24	21	15,5	15,5	5,33333											

Figura 221: Matriz do critério cargas transportadas (C9)

Critério 10 (C10): Probabilidade alto custo de manutenção																					
	Opção A	Opção B	Opção C	Opção D	Opção E	Opção F	Opção G	Opção H	Opção I	Opção J	Matriz Normalizada							Vetor médio			
Opção A	1	0,5	1	1	0,33333	1	1	1	1	0,33333	0,06667	0,04762	0,06667	0,06667	0,05263	0,06667	0,06667	0,07143	0,06667	0,04762	0,061929825
Opção B	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	0,13333	0,09524	0,13333	0,13333	0,31579	0,13333	0,13333	0,14286	0,13333	0,28571	0,1639599
Opção C	1	0,5	1	1	0,33333	1	1	1	1	0,33333	0,06667	0,04762	0,06667	0,06667	0,05263	0,06667	0,06667	0,07143	0,06667	0,04762	0,061929825
Opção D	1	0,5	1	1	0,33333	1	1	1	1	0,33333	0,06667	0,04762	0,06667	0,06667	0,05263	0,06667	0,06667	0,07143	0,06667	0,04762	0,061929825
Opção E	3	3	3	3	1	3	3	3	3	1	0,2	0,28571	0,2	0,2	0,15789	0,2	0,2	0,21429	0,2	0,14286	0,200075188
Opção F	1	0,5	1	1	0,33333	1	1	1	1	1	0,06667	0,04762	0,06667	0,06667	0,05263	0,06667	0,06667	0,07143	0,06667	0,14286	0,071453634
Opção G	1	0,5	1	1	0,33333	1	1	1	1	0,33333	0,06667	0,04762	0,06667	0,06667	0,05263	0,06667	0,06667	0	0,06667	0,04762	0,054786967
Opção H	1	0,5	1	1	0,33333	1	1	1	1	0,33333	0,06667	0,04762	0,06667	0,06667	0,05263	0,06667	0,06667	0,07143	0,06667	0,04762	0,061929825
Opção I	1	0,5	1	1	0,33333	1	1	1	1	0,33333	0,06667	0,04762	0,06667	0,06667	0,05263	0,06667	0,06667	0,07143	0,06667	0,04762	0,061929825
Opção J	3	3	3	3	1	3	3	3	3	1	0,2	0,28571	0,2	0,2	0,15789	0,2	0,2	0,21429	0,2	0,14286	0,200075188
Soma	15	10,5	15	15	6,33333	15	15	14	15	7											

Figura 222: Matriz do critério probabilidade de alto custo de manutenção(C10)

APÊNDICE XXI – SIMULAÇÃO 3D DA INSERÇÃO DOS AGVs NA UAP2

Este apêndice descreve o trabalho realizado acerca da simulação 3D efetuado através do software SIMIO, descrevendo as entidades e suas características associadas e os modelos (cenários) descrevendo os processos realizado na simulação.

Entidades e suas características

Definiu-se como entidades o comboio_PTN1, no modelo “Só comboio”, e o AGV no modelo AGVs. Ambas entidades têm em si associada a tarefa de abastecer as maquinas alocando os contentores vazios abeira das máquinas e recolher os contentores cheios. Estas entidades possuem duas tarefas a realizar:

- Alocar contentores vazios
- Recolher contentores cheios.

A diferença é a rota efetuada por ambos. Para além destas três entidades, existem também as entidades material e contentores, que são o material processado nas máquinas e colocadas nos contentores, em ambos modelos.

Modelos (Cenários)

Modelo Só Comboio

No modelo Só Comboio (Figura 223) temos duas medidas de desempenho, neste caso o tempo de paragens das maquinas e o tempo de ciclo do comboio logístico PTN1.

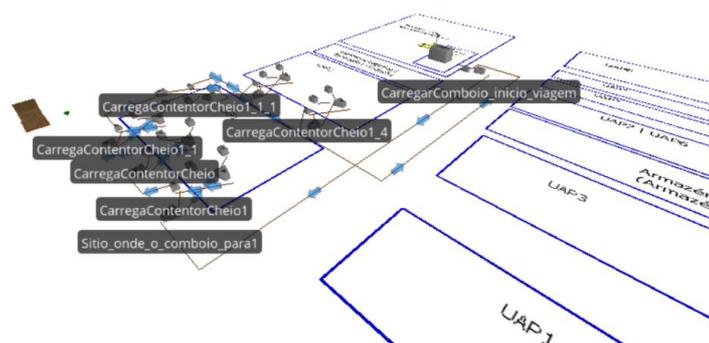


Figura 223: Modelo Só Comboio

Inicialmente, criou-se uma variável no *model/Entity* nomeada “Inicio_da_rota”. Neste caso é uma variável real pelo facto de os valores atribuído a essa variável terem casas decimais, valores que dizem respeito ao tempo de simulação em horas. Esta variável permite guardar as horas de iniciação da rota, onde começa-se a contabilizar o tempo de rota a partir do momento em que o comboio arranque para iniciar

a sua rota. Desta forma é criado um processo no nodulo do output do combiner CarregarComboio_inicio_viagem (Figura 224) para efetuar esses registos.

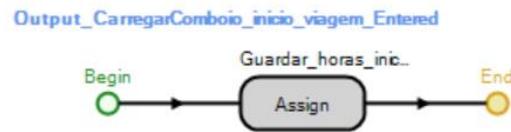


Figura 224: Processo no output do combiner CarregarComboio_inicio_viagem

Nesse processo (Figura 224) coloca-se um bloco assign, onde escolhe a variável “inicio_da_rota” e nomeia-se essa função “*TimeNow*”. Essa função permite guardar as horas do inicio da rota do comboio, mais concretamente, essa função permite devolver o tempo de simulação em horas.

De forma a realizar um modelo mais realista possível, foram incorporados valores médios de tempos processamento nomeadamente, o tempo de carregamento do comboio logístico, ou seja, o tempo em que um empilhador incorpore os contentores vazios nas carruagens antes do comboio iniciar a rota de dois minutos (processing time do combiner CarregarComboio_inicio_viagem: $\text{Random.Poisson}(2)$), sendo seis contentores incorporados nas carruagens (referido na formula: $6 * (\text{CarregarComboio_inicio_viagem.ParentInputBuffer.Contents.NumberWaiting} == 1)$, no Entities per arrival no source cria_material_a_produzir1); das maquinas (tempo de processar e preencher os contentores vazios), de tempos de paragens dos comboios abeira das maquinas para alocar os contentores vazios , e de tempos para alocar os contentores cheios nas carruagens do comboio logístico (Tabela 49).

Tabela 49: Tabela de tempos médios de processamento para a simulação

Maquina	Tempo processamento das maquinas (min)	Tempo de paragens dos comboios (min)	Tempos para alocar os contentores cheios (min)
PS1010	20	1,5	1,5
P0037	17	1,5	1,5
P0038	16	2	2
P0044	18	3	3
PT001	15	2	3
PT002	15	3	3

Todos esses valores foram incorporados nos processing time de cada combiner ou separator, com uma distribuição poisson. O valor medio de processamento é feito através da distribuição de poisson, pelo facto de ser uma distribuição onde pode-se inserir valores médios (no process logic, $\text{ProcessingTime} = \text{Random.Poisson}(\text{tempo medio de processamento da maquina})$), que permite de seguida saber quanto em media, a maquina para derivado a falta de abastecimento do comboio logístico, ou seja, se a maquina tem um tempo de processamento de 20 minutos em media (20 minutos a preencher um contentor),

teremos a expressão no process logic $ProcessingTime = Random.Poisson(20)$, que neste caso refere-se que em media a maquina parou 10 minutos derivado ao comboio logístico.

Num processo criado no ParentInput_CarregarComboio_inicio_viagem_Entered do combiner CarregarComboio_inicio_viagem (Figura 225), é inserido o tempo de processamento medio da extração dos contentores vazios pelos empilhadores na zona aguarda controlo, após do comboio logístico efetuar a rota, sendo um tempo medio de três minutos (Delay Time: $Random.Poisson(3)$).



Figura 225: Processo ParentInput_CarregarComboio_inicio_viagem_Entered

No *definition* do *Model*, utilizamos um elemento importante nomeado “*Tally*”, que é um registo estatístico, que permite registar os tempos médios, mínimos e máximos das rotas efetuado pelo comboio logístico PTN1, ou seja, podemos considerar esse elemento como um “*papel*” que regista os tempos ocorridas nas várias rotas efetuadas pelo comboio logístico.

Nos processos o “*Tally*” vai registar quanto tempo é que o comboio demorou ao fazer uma rota, ou seja, sempre que o comboio termina a rota o *Tally* vai registar quanto tempo demorou e assim registar todos os tempos das rotas efetuadas, tende em conta um turno de 8h. Neste caso vamos usar uma expressão matemática no registo de tempo da rota, ou seja, estamos a guardar no registo tempo da rota, guardamos o cálculo de a hora atual onde de simulação do final da rota do comboio menos a hora do início da rota do comboio.

$$\text{Tempo da rota} = \text{TimeNow} - \text{ModelEntity.Inicio_da_rota}$$

Também é utilizado o elemento “*Tally*” no tempo de ciclo de abastecimento para cada máquina. Para iniciar o processo é incorporado no sítio onde de facto as máquinas são abastecidas, ou seja, no output de todos os combiner das máquinas (Figura 226).

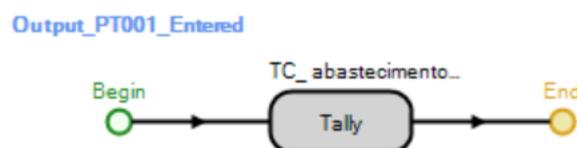


Figura 226: Exemplo de processo para tempos de abastecimentos no output de uma maquina

Em todos os processos das expreções de tipo de valores para as máquinas, utiliza-se o “*TimeBetween*”, ou seja, em vez de escrever uma expressão, os registos são guardados nesses registos que se refere ao

intervalo entre cada abastecimentos das maquinas, logo permite saber de quanto em quanto tempo a máquina é abastecida (alocação dos contentores vazios por parte do comboio logístico). Em cada máquina, implementa-se o tempo de paragens das máquinas, tende em conta o tempo de processamento de cada uma (Tabela 49).

Modelo AGVs

No modelo AGVs (Figura 227), O AGV realiza as mesmas tarefas que o comboio logístico, no entanto para as maquinas PT001 e PT002, pelo facto da empresa querer implementar num primeiro tempo na UAP2 e só depois de confirmar melhorias no tempo de abastecimento serão posteriormente implementados em toda rota ou em toda a Nave 1, num trabalho futuro.

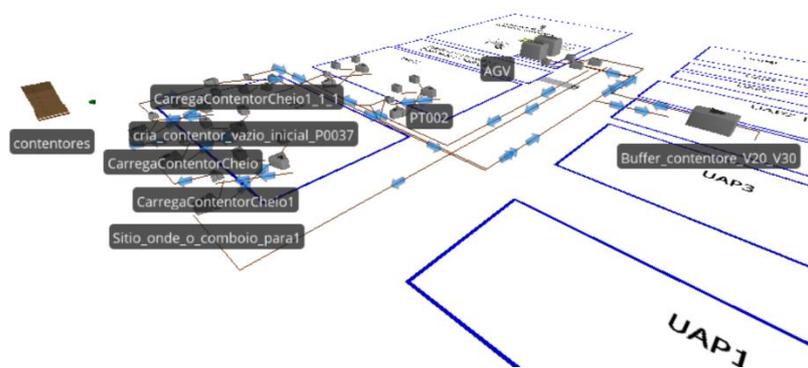


Figura 227: Modelo AGVs

Através deste modelo, tenta-se perceber qual é o melhor numero de AGVs a serem implementados, ou seja, perceber se um único AGV permite efetuar essas tarefas com um menor numero de tempo ou implementar dois AGVs se necessario. Neste caso, se for implementado um AGV, esse mesmo terá que levar 2 contentores vazios e recolher 2 cheios (de acordo com modelo), se for dois AGVs, cada um leva um contentor e recolha um contentor. Desta forma, no combinar CarregarAGV_inicio_viagem é utilizada a formula $\text{Math.If}(\text{numAGVs}==1, 2, 1)$, de forma a explicar quantos contentores é levado pelo(s) o(s) AGV (s), em função do numero adequado.

Num primeiro tempo, o(s) AGV(s) dirige-se para as maquinas para deixar os contentores vazios e recolher os contentores cheios, e dependendo do tipo de peça colocada nos contentores (via-de-fabrico ou acabados), o(s) AGV(s) dirige-se no armazém STDI, caso as peças foram em via-de-fabrico, ou diretamente na zona aguarda controlo, caso as peças sejam finais. Desta forma, é inserido uma entidade AGV, onde é criado um processo no (Figura 228) que vai atribuir um ID a cada AGV. Cria-se uma variável integrada id_AGV_aux que vai permitir de atribuir um numero ao AGV, ou seja, um AGV fica com numero 1 e outro com o numero 2. O processo é criado no Output do source Inicio_Rota_AGVs.

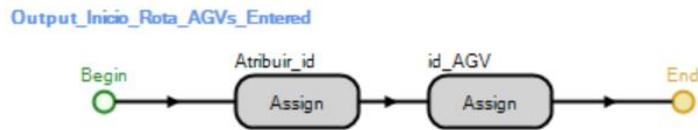


Figura 228: Processo de inserção de ID para AGVs

Um outro processo é criado no *TransferNode3* (Figura 229), para observar se existe um ou dois AGV(s), através do parâmetro “*numAGVs*”, para abastecer as maquinas PT001 e PT002. Neste caso, se for um AGV, esse mesmo tem que abastecer as duas maquinas da UAP2, por outro lado, se for dois AGVs, cada abastecem uma maquina. Esta decisão é relatada através do processo, onde é inserido dois *decide* para referir a decisão de um ou dois AGV(s), e dois *Set Node*, que indica, em função do numero de AGVs, em que sitio o(s) AGV(s) devem se dirigir. Se for um AGV, o AGV dirige-se para *Input_Sitio_onde_o_comboio_para1_4*, referente a maquina PT001 e para *Input_Sitio_onde_o_comboio_para1_3*, referente a maquina PT002, para neste caso abastecer as duas maquinas. Por outro lado, se for dois AGVs, um AGV abastece diretamente para o *Input_Sitio_onde_o_comboio_para1_4* e um outro, abastece diretamente a outra maquina, dirigindo-se diretamente para o *Input_Sitio_onde_o_comboio_para1_3*.

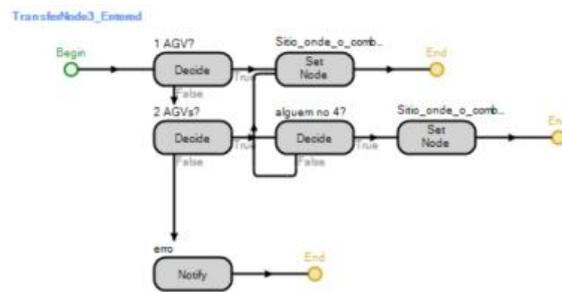


Figura 229: Processo TransferNode3

Se foram dois AGVs, a fim de referenciar a presença de um AGV, num *Input_Sitio_onde_o_comboio no 1_4*, foi criada uma variável neste caso uma *flag*, nomeada *AGV_no_4*, que permite de referenciar se existe um AGVs que abastece efetivamente a maquina PT001. Se existir um AGV, o outro AGV não vai abastecer ou recolher o contentor vazio da outra maquina, ou seja, esta variável permite perguntar se existe um AGV no *Input_Sitio_onde_o_comboio_para1_4*.

Por fim, é criado um outro processo (Figura 230), no *TransferNode2* referente ao recolhimento dos contentores cheios, que permite “avisar” se o AGV no *Input_Sitio_onde_o_comboio_para1_4*, saiu do *Input_Sitio_onde_o_comboio_para1_4*. Este processo tem em conta o facto de perceber se dois AGVs são implementados são implementos, e saber um AGV tem que recolher ou não os contentores cheios das duas maquinas. Desta forma é inserido um *Decide* para perceber se foram implementados dois

AGVs, se for o caso, o AGV que abasteceu a maquina vai diretamente ao *TransferNode1*, se não for o caso, o AGV tem que recolher o contentor cheio da outra maquina.

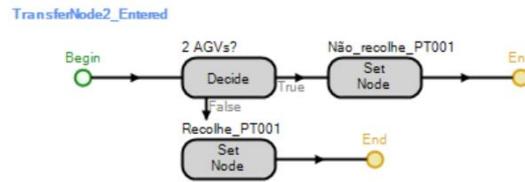


Figura 230: Processo TransferNode2

No *TransferNode 1*, é indicado qual é percentagens de vezes que o AGV vai para o armazém STDI, onde é inserido um server *Buffer_Contentore_V20_V30*, caso os contentores cheios serem de peças em via-de-fabrico, ou para a zona aguarda controlo, caso o contentor possuir peças finais (Figura 231), sendo cada um com um peso de 50%.

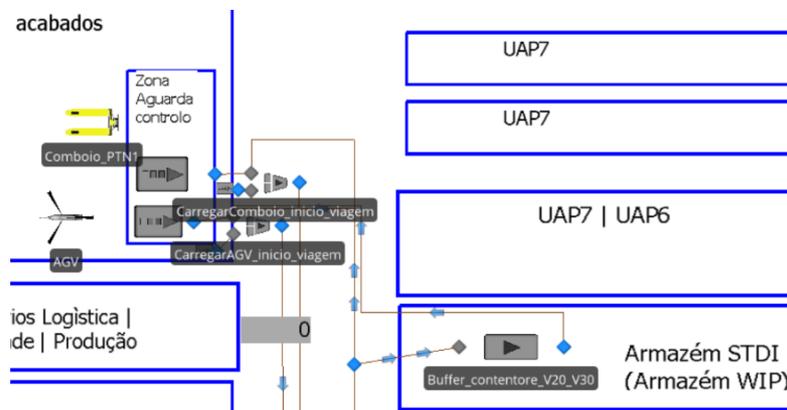


Figura 231: Importância do TransferNode1

APÊNDICE XXII – CÁLCULO DOS CUSTOS ENERGÉTICOS

Os custos energéticos mensais para as ferramentas de trabalho associadas a logística interna relativo a UAP2 e associadas à implementação dos AGVs são calculados através de através do consumo de cada ferramenta de trabalho (empilhador e trator de reboque elétrico) e dos AGVs em Quilowatts horas (kWh), a taxa de consumo em euros por hora de 0,24 €/h.

Desta forma foi calculado o consumo de energia em kWh por mês por cada máquina e AGVs. Realça-se o facto do empilhador e o trator de reboque elétrico possuíram uma bateria de plomo-acido, que proporciona um consumo energéticos superior a bateria em li-ION, referidas no critério relativo ao consumo energético dos AGVs. Por um lado, considerou-se o tempo operacional diário das máquinas em cerca de 22 horas, no entanto é de realçar que o comboio logístico é regroupado com o empilhador, no sentido que o comboio logístico em três turnos possui um tempo operacional medio de 10 horas e o empilhador de 12 horas, sabendo que ambas as ferramentas de trabalho são utilizadas pelo mesmo operario uma de cada vez quando necessário, para desempenhar as suas tarefas. Por outro lado, os dois AGVs são operacionais em simultâneo durante 22 horas. Desta forma, tem-se como dados:

- Consumo energético empilhador/horas (kWh) = 6,66 kWh
- Consumo energético trator de reboque elétrico/horas (kWh) = 3,49 kWh
- Consumo energético AGV/horas = 2,25 kWh (anexo XVI)

Sendo que o tempo operacional medio dos equipamentos é de 22 horas:

- Consumo energético empilhador/dia (kWh/dia) = $6,66 \times 8 = 53,28$ kWh/dia
- Consumo energético trator de reboque elétrico/dia (kWh/dia) = $3,49 \times 14 = 48,86$ kWh/dia
- Consumo energético AGV/dia (kWh/dia) = $2,25 \times 22 = 49,5$ kWh

O consumo semanal (sete dias) para cada equipamento:

- Consumo energético empilhador/semana (kWh/semana) = $53,28 \times 7 = 372,96$ kWh/semana
- Consumo energético trator de reboque elétrico/semana (kWh/semana) = $48,86 \times 7 = 342,02$ kWh/semana
- Consumo energético AGV/semana (kWh/semana) = $49,5 \times 7 = 346,5$ kWh/semana

Após o cálculo dos consumos energéticos semanais para cada equipamento, foi possível calcular os consumos energéticos mensais (quatro semanas) para cada equipamento:

- Consumo energético empilhador/mês (kWh/mês) = $372,96 \times 4 = 1491,84$ kWh/mês
- Consumo energético trator de reboque elétrico/mês (kWh) = $342,02 \times 4 = 1368,08$ kWh/mês
- Consumo energético AGV/mês (kWh) = $346,5 \times 4 = 1386$ kWh/mês

Através da taxa de consumo em euros por hora de 0,36 €/h, pode-se calcular os custos energéticos associadas a cada equipamento:

- Custos energéticos empilhador mensais (€/mês) = $1491,84 \times 0,36 = 537,1$ €/mês
- Custos energéticos trator de reboque elétrico mensais (€/mês) = $1368,08 \times 0,36 = 492,5$ €/mês
- Custos energéticos AGV mensais (€/mês) = $1386 \times 0,36 = 498,96$ €/mês

APÊNDICE XXIII – STANDARD WORK APÓS IMPLEMENTAÇÃO DAS MELHORIAS

Neste apêndice descreve-se o standard work, de forma detalhada, caso os AGVs sejam implementados na UAP2. Na Figura 232 está o fluxograma referido com os tópicos detalhados, com as sinalizações representado na Figura 233.

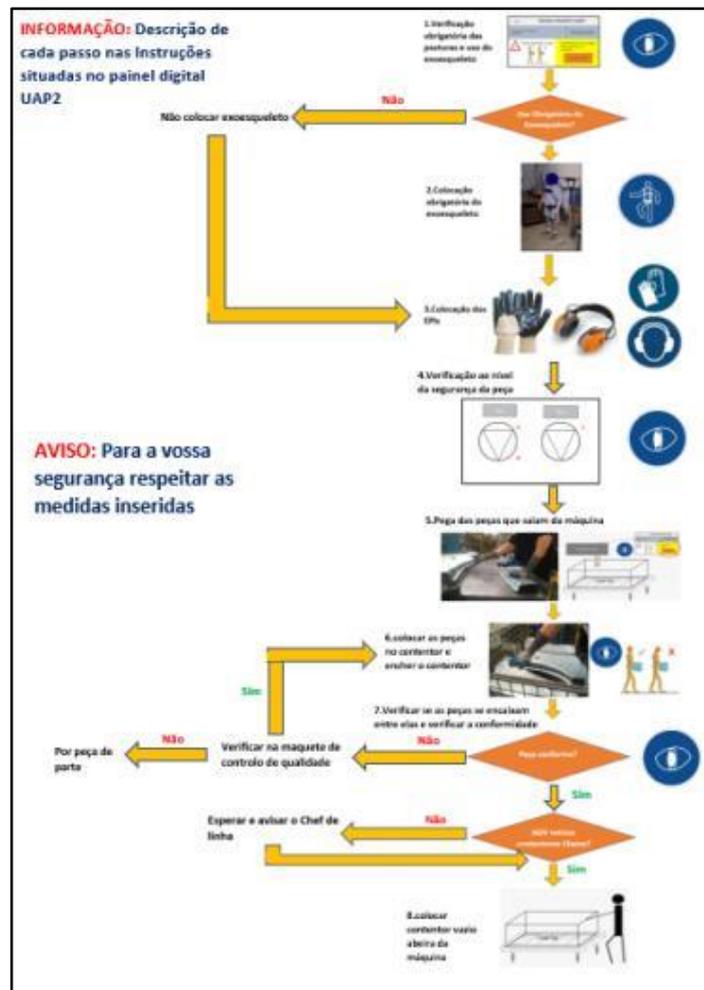


Figura 232: Fluxograma do Standard Work colocada acima das bancadas de trabalho das prensas



Figura 233: Sinalização de obrigação utilizado para a elaboração do standard work

A Figura 234 apresenta a Instrução de trabalho para os operários das prensas *transfer* PT001 e PT002, apresentado no ecrã digital da UAP2.

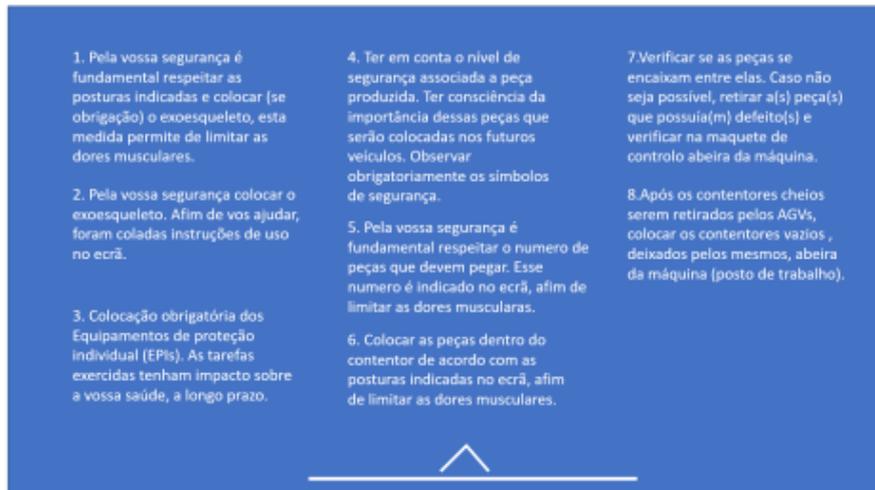


Figura 234: Instrução de trabalho para os operários das prensas *transfer* PT001 e PT002, no ecrã digital da UAP2

Objetivos: O objetivo do operário de produção é de assegurar a produção de forma clara e eficiente das peças produzidas pelas prensas *transfer*, assegurar a qualidade e segurança das peças produzida. O operário da produção é um elemento chave e fundamental na Gestamp Cerveira e permite de garantir a segurança para os futuros veículos produzidos pelos nossos clientes e garantir que a Gestamp Cerveira seja o melhor fornecedor de peças BIW para toda a sua cadeia.

Campo de aplicação: O campo de atuação do operário da produção é dividido em 3 campos:

- *Produção:* Colocar as peças produzidas pelas prensas nos contentores, encher os contentores e garantir a eficiência da produção atingindo os objetivos pretendidos pela organização.
- *Qualidade:* Verificar as peças se estão OK ou NOK e se essas mesmas se encontram nas normas pretendidas. Caso suspeita de peças com defeitos, verificar na maquete de controlo respetiva a peça, situada abeira da máquina.
- *Segurança:* as peças produzidas devem ser verificadas com a máxima concentração para garantir a segurança dos carros produzidos futuramente pelos nossos clientes. Verificar sempre a simbologia referente a cada peça.

Todas as informações deverão ser implementadas, posteriormente no ecrã digital proposto da UAP2 (Figura 235).

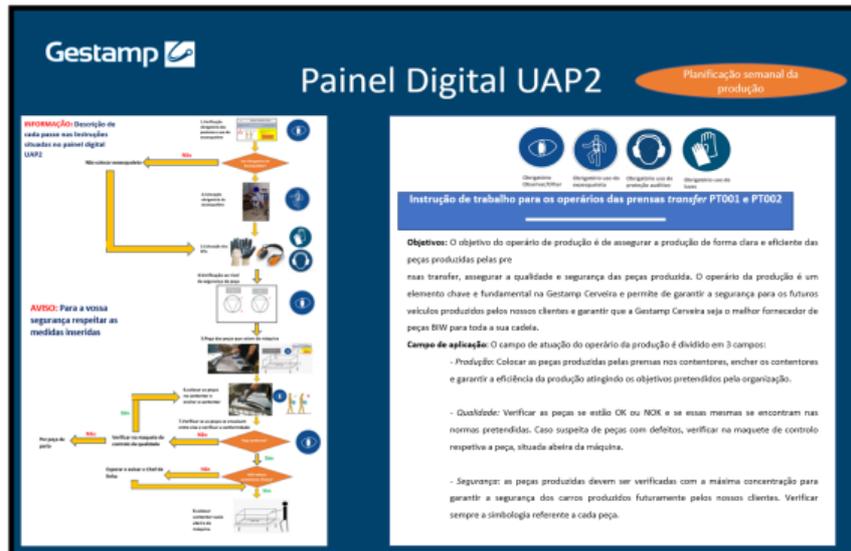


Figura 235: Ecrã digital da UAP2 com o Standard Work

ANEXOS

ANEXO I – SIMBOLOS VSM

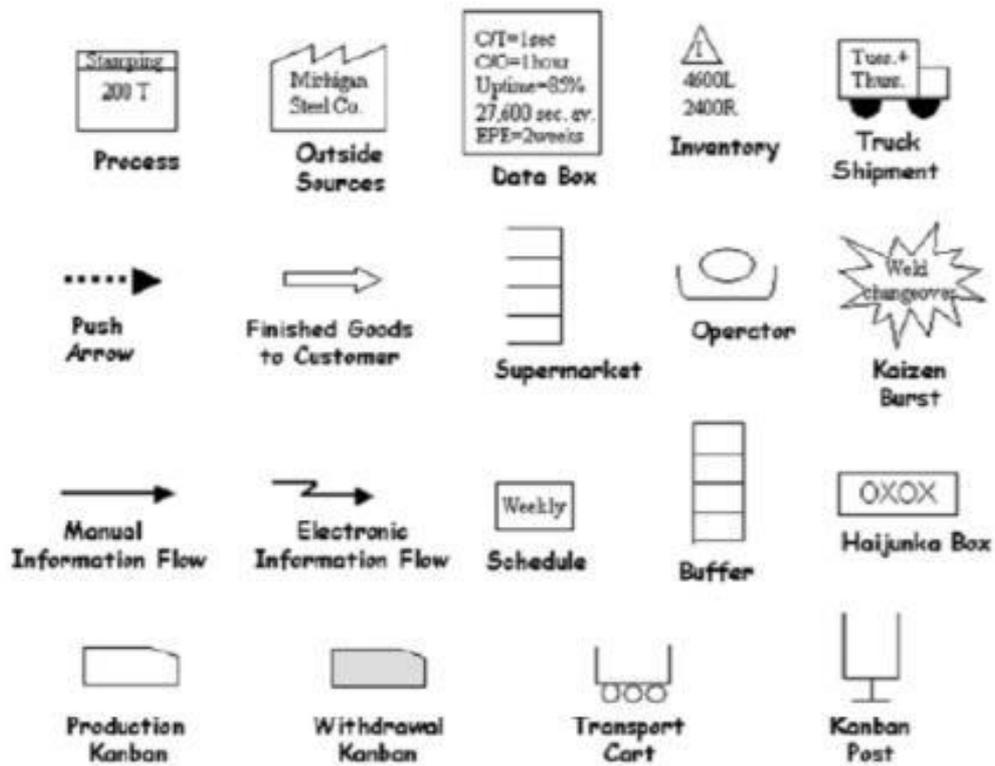


Figura 236: Símbolos do VSM, de Rother and Shook (1999)

ANEXO II – LAYOUT DETALHADO GESTAMP CERVEIRA

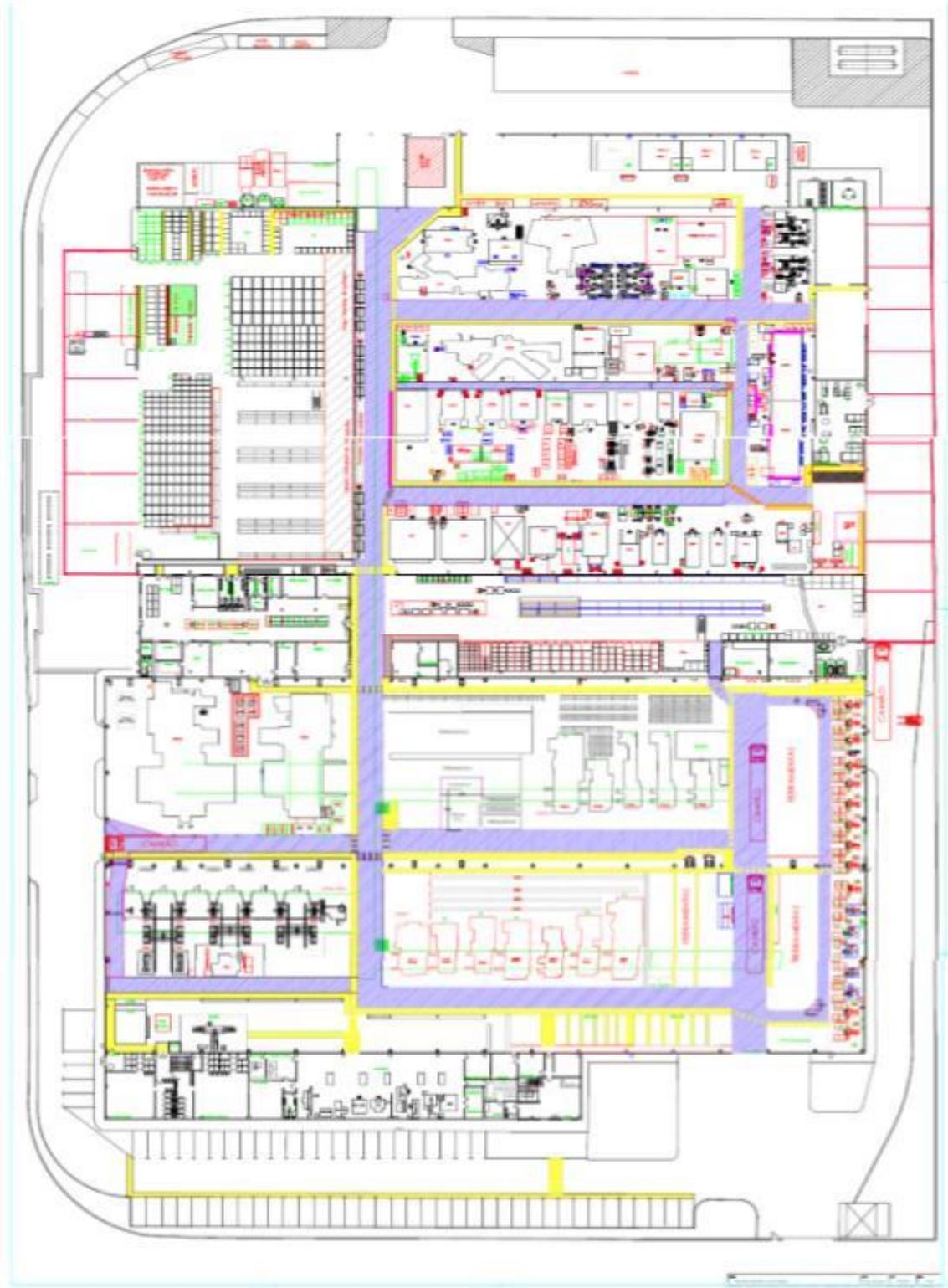


Figura 237: Layout detalhado da Gestamp Cerveira

ANEXO III – KPI DAS MÁQUINAS *TRANSFER* PT001 E PT002 E DO COMBOIO PTN1

Os *Key Performance Indicator* (KPI) utilizados para a investigação essenciais para avaliar e comparar o desempenho geral, tanto ao nível do um sistema produtivo e do sistema de logística interna da unidade autónoma de produção 2 (UAP2). Esses indicadores são utilizados para avaliar a UAP2 e assinalar as áreas que estão com um bom desempenho e as que, por outro lado, necessitam de melhorias. Os KPI utilizados para o estudo são os seguintes:

- **Tempo Produtivo:** Representa o tempo dedicado à produção durante o qual a máquina ou instalação produz peças (boas ou ruins).

$$\text{Tempo produtivo} = \text{Tempo dedicado a produção de peças}$$

- **Disponibilidade:** Representa a percentagem de disponibilidade operativo de uma máquina. Sendo assim, esse indicador quantifica o tempo de disponibilidade do equipamento.

$$\text{Disponibilidade (\%)} = \frac{\text{Tempo produtivo (horas)}}{\text{Tempo de abertura (horas)}}$$

- **Rendimento:** Representa a eficiência em percentagem de uma linha de produção e relaciona os tempos de ciclo com o número de postos, avaliando desta forma a utilização de uma linha, ou seja, mede a capacidade do equipamento produzir consoante a cadência pré-definida.

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{Tempo produtivo líquido (horas)}}{\text{Tempo de produtivo(horas)}}$$

- **Qualidade:** Representa a percentagem de peças conformes produzidas, logo esse indicador, mede a qualidade com que o equipamento permite produzir.

$$\text{Qualidade (\%)} = \frac{\text{Tempo valor agregado (horas)}}{\text{Tempo produtivo líquido(horas)}}$$

- **OEE:** a finalidade de quantificar o desempenho dos equipamentos. é um indicador tridimensional pois resulta do resultado de três índices: 1) disponibilidade do equipamento, 2) performance (eficácia) do equipamento e 3) qualidade dos produtos. Com o resultado de cada um dos índices é possível ter uma visão mais clara dos pontos em falha e que necessitam de ser corrigidos, permitindo assim reunir

esforços no sentido de planejar ações de melhoria utilizando ferramentas e metodologias mais adequadas (Figura 238).

$$OEE (\%) = Disponibilidade\ operacional (\%) * Rendimento (\%) * Qualidade (\%)$$



Figura 238: Distribuição de tempos

Para desses KPI, é fundamental ter uma explicação e perceber os conceitos dos outros tempos, associados ao cálculo da cada um. Esses tempos são definidos de seguida:

Tempo Global: O tempo total representa o tempo total de produção em um determinado período de tempo. É um valor teórico e é determinado considerando-se 5 ou 6 dias por semana, dependendo do país, 3 turnos por dia e 8 horas por turno. Os feriados ou férias não são deduzidos do Horário Global, eles serão deduzidos apenas nos finais de semana. Cada ativo localizado na mesma planta da Gestamp deve ter o mesmo horário global, por um determinado período de tempo.

- **Tempo de Abertura:** Representa o tempo em que um ativo ou instalação está disponível para um cronograma de produção planejado. Isso pode incluir atividades produtivas e não produtivas. Do ponto de vista industrial, isso representa todo o tempo necessário para garantir o suprimento; apenas "Falta de trabalho" não é considerado nesse período.

- **Tempo Operativo:** Representa o período de tempo em que um ativo ou instalação participa de um programa de produção planejado, mas considera apenas atividades proativas, incluindo tempo produtivo, paradas não planejadas e processos internos. Também pode ser definido como o tempo de produção planejado.

- **Tempo produtivo líquido:** É um valor teórico que representa o tempo dedicado à produção durante o qual a máquina ou a instalação produz pilares (bons ou ruins) com o tempo de ciclo padrão. A diferença entre "Tempo produtivo" e "Tempo produtivo líquido" é a "Perda de velocidade" e a relação entre eles determina o "Rendimento".

- **Tempo de valor agregado:** O tempo de valor agregado é um dado calculado que representa o tempo necessário para produzir peças que atendem aos requisitos de qualidade do cliente (apenas peças boas).

- **Tempo de paragens:** O tempo de paragens é o tempo em que a máquina para derivado a uma situação externa, como por exemplo o nível de saturação elevado do comboio logístico, referente ao estudo.

Pelo facto do OEE decompor-se pela disponibilidade, Rendimento e Qualidade, tem que se ter em conta o que pode afetar cada indicador que o decompõem. Deste modo, a disponibilidade é afectada pela ocorrência de falhas ou avarias e por mudanças de ferramentas ou ajuste de ferramentas. Estas ocorrências implicam paragens o que afeta o tempo disponível do equipamento para produzir. Por outro lado, em relação a eficiência, a ocorrência de esperas ou paragens e a redução da velocidade originam perdas na cadência de produção o que reduz a eficiência do equipamento. Em relação a qualidade, os defeitos ou retrabalho e as perdas de arranque originam defeitos, produtos defeituosos ou rejeitados, retrabalho e sucata (Tabela 50 e Figura 239).

Tabela 50: Media aritmética dos KPI utilizados de forma genérica

Media dos indicadores	Valores
Tempo Global (H)	1680
Tempo Produtivo (H)	1161.34
OEE (%)	68.92
Disponibilidade (%)	68.33
Rendimento (%)	100.94
Qualidade (%)	99.93



Figura 239: Exemplo de dados referente ao nível de desempenho da máquina *transfer* PT001

Nota: devido à confidencialidade dos dados, a imagem está proposadamente desfocada.

Indicadores associados ao estudo do comboio PTN1

- **Saturação (comboio logístico PTN1):** representa-se a percentagem da capacidade do comboio logístico a chegar as máquinas para recolher os contentores cheios e deixar os vazios abeira da mesma. Permite observar se o comboio consegue chegar a tempo para a realização das suas tarefas, e se esta ou não em sobrecarga de trabalho.

$$\text{Saturação (\%)} = \frac{\text{Numero maximo de transportadores (unidade/horas)}}{\text{Numero de voltas por horas (unidade/horas)}}$$

- **Turnover:** represente a percentagem de rotatividade de pessoal em uma organização, ou seja, as entradas e saídas de funcionários em determinado período de tempo.

- **Taxa de absentismo:** Indica as ausências de trabalhadores no processo de trabalho, seja por falta ou atraso, devido a algum motivo interveniente. Indica o tempo de trabalho perdido quando os trabalhadores não comparecem à Unidade conforme escala previa.

- **Taxa de acidentes:** represente a percentagem de número de acidentes de trabalho ocorridos em determinado período de tempo.

ANEXO IV – LINGUAGEM BPMN

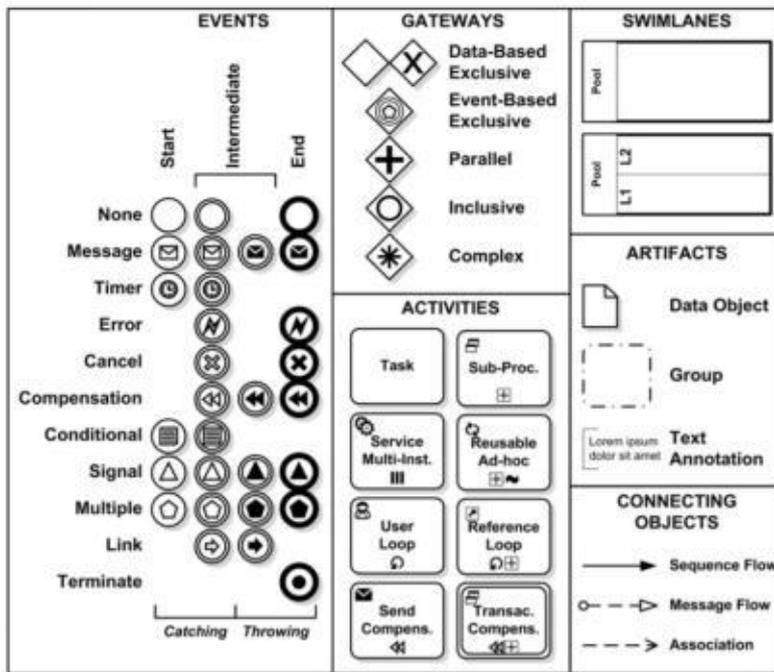


Figura 240: Resumo dos elementos do BPMN (Chinosi & Trombetta, 2012)

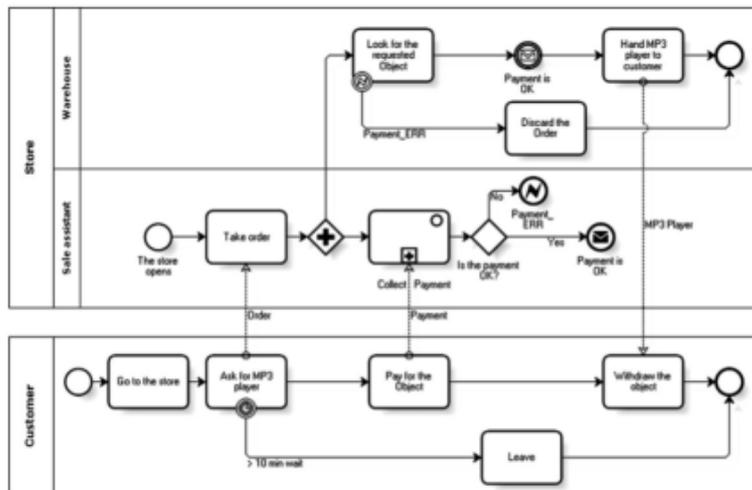


Figura 241: Exemplo de um processo modelado com BPMN (Chinosi & Trombetta, 2012)

ANEXO V – DOCUMENTOS PARA AVALIAÇÃO ERGONÓMICA



AVALIAÇÃO ERGONÓMICA

Folha de registo de dados - Postos de Estampagem

CÓDIGO DA AVALIAÇÃO

GLP_____

Data: _____ Filme: _____

Turno: _____ Nº Mecanografico do Operário(a): _____ Sexo: _____

Posto de Trabalho/Máquina: _____

Referência da Peça a produzir: _____ Nº de Operação: _____

Nº de peças por golpe: _____ unid. Nº de peças produzidas/hora: _____

Velocidade de progr.: _____ Veloc. rea: _____

O operário realiza manipulação de cargas com peso superior a 3kg? Sim _____ Não _____

Carga manipulada:

1. Embalagem de componentes: _____ kg
2. Embalagem inicial: _____ kg
3. Embalagem final: _____ kg

1 PEÇA FINAL

CARACTERÍSTICAS DA PEÇA

1.1 Peso da peça: _____ kg

1.2 Quantidade de peças por KLT: _____ unid

1.3 Tipo de acondicionamento: Granel _____ ordenado _____

1.2.1 Altura do suporte onde se encontra a embalagem de peças

1.2.1.1 Origem:

1.2.1.1.1 Rompo: _____ mm 3.1.4.1.2 Suporte improvisado: _____ mm 3.1.4.1.3 Mesa: _____ mm

1.2.1.2 Destino:

1.2.1.2.1 Dimensões da Paleta: Comprimento _____ mm Largura _____ mm Altura _____ mm

1.2.1.3 Nº de KLT's na paleta: _____ (a= _____ x b= _____)

1.2.1.3.1 Suporte com rodas para paletes: _____ mm

2 EMBALAGEM INICIAL DE PEÇAS:

2.1 PALETE DE KLT'S: _____ 2.2 CONTENTORES METÁLICOS: _____

2.1 PALETES DE KLT'S

2.1.1 CARACTERÍSTICAS DA EMBALAGEM(KLT)

2.1.1.1 Referência: _____

2.1.1.2 Dimensões:

Figura 242: Primeira folha de registo de dados para a avaliação ergonómica

MMC Simple - Levantamiento - INFORME DE EVALUACIÓN DE RIESGOS

IDENTIFICACIÓN

Fecha: 15/01/2020
 Tarea: Operario pega nas peças e põem no contentor 1
 Empresa: Gestamp Cerveira
 Observaciones: O operario realiza manipulação de cargas com peso superior a 3 Kg, sendo que cada peça pesa cerca de 2,53 e pegam em media 5 peças seguidas antes de colocar nos contentores, o que significa um peso de 12,67 Referencia: Máquina PT001 colocado no contentor V-210 com um peso de 79 Kg
 Población: General Mayor Protección



VARIABLES

Duración	larga	Posición horizontal (cm)	Origen: 63,5 Destino: 40,0	Control en el destino	Si
Peso de la carga (kg)	12,7	Posición vertical (cm)	87,0 80,0	Operación con 1 mano	No
Frecuencia (rev/min)	0,830	Ángulo de asimetría (°)	120,0 70,0	Operación entre 2 personas	No
		Tipo de agarre	regular regular	Tarea adicional	No

CÁLCULOS

LC - Peso de referencia (kg) para la población considerada	25
HM - Factor horizontal	0,39 0,63
VM - Factor vertical	0,96 0,99
DM - Factor de desplazamiento vertical	1,00 1,00
AM - Factor de asimetría	0,62 0,78
FM - Factor de frecuencia	0,77 0,77
CM - Factor de agarre	0,96 0,96
OM - Factor de operación con 1 mano	1,00 1,00
PM - Factor de operación entre dos personas	1,00 1,00
AT - Factor de tarea adicional	1,00 1,00
LPR - Límite de peso recomendado (kg)	4,28 6,74
Índice (Peso de la carga / LPR)	2,97 1,45

RIESGO de la TAREA

Índice: 2,97 **Riesgo inaceptable**

Evaluación realizada por:

Interpretación del índice

- Riesgo aceptable** (Índice ≤1). La mayoría de trabajadores no debe tener problemas al ejecutar este tipo de tareas.
- Riesgo moderado** (1 < Índice <1,6). En principio, las tareas de este tipo deben rediseñarse para reducir el riesgo. Bajo circunstancias especiales (por ejemplo, cuando las posibles soluciones de rediseño de la tarea no están lo suficientemente avanzadas desde un punto de vista técnico), pueden aceptarse estas tareas siempre que se haga especial énfasis en aspectos como la educación o entrenamiento del trabajador (por ejemplo, un conocimiento especializado en identificación y prevención de riesgos), el seguimiento detallado de las condiciones de trabajo de la tarea, el estudio de las capacidades físicas del trabajador y el seguimiento de la salud del trabajador mediante reconocimientos médicos periódicos.
- Riesgo inaceptable** (Índice ≥1,6). Debe ser modificada la tarea.

Ergo/IBV incluye procedimientos de evaluación de riesgos ergonómicos y psicosociales que cumplen los criterios establecidos en el Artículo 8 del Reglamento de los Servicios de Prevención, y que se basan en las "Guías de Actuación" de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social (ITSS).

Figura 243: Documento de avaliação ergonómica de MMC, baseado na equação NIOSH, referente ao filme nº1 das máquinas PT

INFORME DE EVALUACIÓN DE RIESGOS

IDENTIFICACIÓN

Fecha: 29/01/2020

Tarea: Operario pega nas peças e poem no contentor 1

Empresa: Gestamp Cerveira

Observaciones: O operario realiza manipulação de cargas com peso superior a 3 Kg, sendo que cada peça pesa cerca de 2,53 e pegam em media 5 peças seguidas antes de colocar nos contentores. o que significa um peso de 12,67 Referencia: Maquina PT001 colocado no contentor V-210 com um peso de 75 Kg

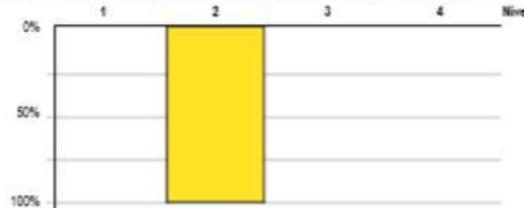


Intervalo de muestreo: 10 segundos

Subtarefas incluídas: Todas Selección

NIVELES DE RIESGO

Subtarefas incluídas	POSTURAS								TOTAL	
	Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3		Nivel 4		Frac.	%
	Frac.	%	Frac.	%	Frac.	%	Frac.	%		
Operario estande a m. para peg. pç	0	0,00	1	25,00	0	0,00	0	0,00	1	25,00
Op. empilha pç no pos. trabalho	0	0,00	1	25,00	0	0,00	0	0,00	1	25,00
Op. pega nas pç emp.	0	0,00	1	25,00	0	0,00	0	0,00	1	25,00
Op. poem as pç no contentor	0	0,00	1	25,00	0	0,00	0	0,00	1	25,00
TOTAL	0	0,00	4	100,00	0	0,00	0	0,00	4	100,00



Interpretación del Nivel de Riesgo	
Nivel 1	Posturas que se consideran normales, sin riesgo de lesiones musculoesqueléticas. No es necesario intervenir.
Nivel 2	Posturas con riesgo ligero de lesiones musculoesqueléticas. Se requiere intervenir aunque no de manera inmediata.
Nivel 3	Posturas con riesgo alto de lesiones musculoesqueléticas. Se requiere intervenir tan pronto como sea posible.
Nivel 4	Posturas con riesgo extremo de lesiones musculoesqueléticas. Se requiere intervenir inmediatamente.

Ergo/IBV incluye procedimientos de evaluación de riesgos ergonómicos y psicosociales que cumplen los criterios establecidos en el Artículo 5 del 'Reglamento de los Servicios de Prevención', y que se recogen en las 'Guías de Actuación' de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social (ITSS).

Figura 244: Documento de avaliação ergonómica de posturas inadequadas, baseado na Metodologia OWAS, referente ao filme nº1 das maquinas PT

INFORME DE EVALUACIÓN DE RIESGOS

IDENTIFICACIÓN

Fecha: 23/01/2020

Tarea: Conductor do milk-run puxo / empura contentores 1

Empresa: Gestamp Cerveira

Observaciones: O condutor chega a maquina para levar o contentor cheio e deixar o contentor vazio a beira do posto de traballo das maquinas PT. Neste caso estamos perante ao contentore 00065 de grande dimensão com peso da embalagem de 494.5 kg.

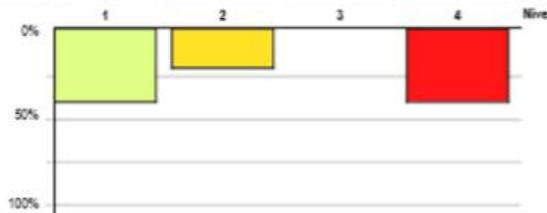


Intervalo de muestreo: 10 segundos

Subtareas incluídas: Todas Selección

NIVELES DE RIESGO

Subtareas incluídas	POSTURAS								TOTAL	
	Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3		Nivel 4		Frec.	%
	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%		
Conductor chega e apro. se da maq.	2	50,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	20,00
Conductor abre a carugem	2	50,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	20,00
Conductor puxa o contentor	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	50,00	2	20,00
Conductor emp. o cont. na car.	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	50,00	2	20,00
Conductor fecha a carugem	0	0,00	2	100,00	0	0,00	0	0,00	2	20,00
TOTAL	4	40,00	2	20,00	0	0,00	4	40,00	10	100,00



Interpretación del Nivel de Riesgo

- Nivel 1** (Verde): Posturas que se consideran normales, sin riesgo de lesiones musculoesqueléticas. No es necesario intervenir.
- Nivel 2** (Amarillo): Posturas con riesgo ligero de lesiones musculoesqueléticas. Se requiere intervenir aunque no de manera inmediata.
- Nivel 3** (Naranja): Posturas con riesgo alto de lesiones musculoesqueléticas. Se requiere intervenir tan pronto como sea posible.
- Nivel 4** (Rojo): Posturas con riesgo extremo de lesiones musculoesqueléticas. Se requiere intervenir inmediatamente.

Ergo/IBV incluye procedimientos de evaluación de riesgos ergonómicos y psicosociales que cumplen los criterios establecidos en el Artículo 5 del Reglamento de los Servicios de Prevención, y que se recogen en las 'Guías de Actuación' de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social (ITSS).

Figura 245: Documento de avaliação ergonómica de posturas inadequadas, baseado na Metodologia OWAS, referente ao filme nº1 do comboio Logístico PTN1