



**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Diogo Miguel Flambó Pinho

**A aplicação dos princípios da Mass  
Customization na linha de produção de uma  
empresa de produtos de iluminação**

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do

Professor Doutor Nélon Bruno Martins Marques da Costa

Professor Doutor José Dinis Araújo Carvalho

Janeiro 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.

### ***Licença concedida aos utilizadores deste trabalho***



**Atribuição-NãoComercial-SemDerivações**  
**CC BY-NC-ND**

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

## **AGRADECIMENTOS**

Este projeto foi uma "aventura" que só foi possível com o apoio das muitas pessoas que me incentivaram e nunca me deixaram desistir.

À minha família, em especial a minha Mãe, Pai e Irmã por apoiarem em tudo e por aturarem os meus humores.

À Osvaldo Matos S.A. que me acolheu em 2015 para o meu projeto profissional como Designer de Produto e que sempre acreditou em mim, dando-me a oportunidade de mostrar ainda mais, incentivando esta aventura da Engenharia e Gestão Industrial. Especial agradecimento ao Dr. Nuno Matos por acreditar que podia ser ainda melhor!

Ao orientador desta dissertação, Professor Nelson Costa e ao coorientador, Professor Dinis Carvalho.

Por último, mas não menos importante, agradeço aos meus Amigos por toda a paciência que tiveram comigo. Nunca se cansaram de me transmitir confiança e energia para seguir em frente. Obrigado por me aturarem! Especial agradecimento ao grande Alexandre pelas viagens Porto-Guimarães-Porto no qual me fez companhia enquanto estudava pelo caminho, pelas conversas ou pelos vários e importantes contributos para este documento ao longo deste percurso! Ao meu amigo José Bezelga, a melga que nunca deixou desistir, mostrando sempre que iria conseguir! Ao meu amigo Pedro Dantas que me mostrou os valores da verdadeira Amizade!

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**

A presente dissertação enquadra-se no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade do Minho. Este projeto resulta do trabalho desenvolvido em contexto industrial, na empresa Osvaldo Matos, cujo objetivo compreendeu na necessidade de interpretação do paradigma da customização que a empresa tem vivido ao longo dos últimos anos. Como tal há necessidade de diagnóstico do processo de produção, para aplicação dos princípios da *Mass Customization*, com o intuito de melhorar a eficiência do processo produtivo e diminuir o tempo de resposta ao cliente.

A investigação iniciou-se com uma revisão bibliográfica acerca dos principais conceitos que suportam o tema da presente dissertação relacionados com a temática *Lean Production* e *Mass Customization*.

Na fase seguinte, foi executado o diagnóstico da situação inicial. Esta análise dividiu-se em vários tópicos: faturação, tratamento de encomendas por tipologia, planeamento da produção e registo de tempos de produção. Através da descrição e análise crítica ao estado inicial, foi possível identificar os principais problemas, nomeadamente durante a campanha de medição, onde se verificou além dos tempos, as operações, número de operadores necessários e dificuldades enfrentadas pelos trabalhadores nas operações.

No seguimento do projeto, após a análise e identificação dos principais problemas do sistema produtivo, foram apresentados cálculos de forma a validar a campanha de medição efetuada. Foram apresentadas propostas de melhoria de acordo com os produtos analisados.

Todas as propostas de melhoria, são âmbito de um trabalho futuro a ser realizado pela empresa. Com a implementação destas propostas pretende-se alcançar maior organização de todo o sistema produtivo, com a reorganização de processos existentes, criação de suportes físicos de apoio à produção e melhoria do sistema de gestão e monitorização de produção.

Se as propostas de melhoria forem implementadas, para o produto Tua, consegue-se colocar um processo a decorrer em paralelo, significando uma redução de 10% dos custos de produção só para este produto.

## **PALAVRAS-CHAVE**

Lean Production, Mass Customization



## **ABSTRACT**

This dissertation falls within the scope of the master's degree in Engineering and Industrial Management at the University of Minho. This project results from the work developed in an industrial context, in the company Osvaldo Matos, whose objective was understood in the need to interpret the paradigm of customization that the company has lived throughout recent years. As such there is a need to diagnose the production process, for the application of the principles of Mass Customization, in order to improve the efficiency of the production process and reduce the time of response to the customer.

The research began with a bibliographic review on the main concepts that support the theme of this dissertation related to the theme *Lean Production and Mass Customization*.

In the next phase, the diagnosis of the initial situation was performed. This analysis was divided into several topics: billing, order handling by typology, production planning and registration of production times. Through the description and analysis critical to the initial state, it was possible to identify the main problems, namely during the measurement campaign, where operations, number of operators needed, and difficulties faced workers in operations.

Following the project, after the analysis and identification of the main problems of the production system, calculations were presented in order to validate the measurement campaign carried out. Proposals for improvement were submitted according to the products analyzed.

All proposals for improvement are part of a future work to be carried out by the company. With the implementation of these proposals, it is intended to achieve greater organization of the entire production system, with the reorganization of existing processes, creation of physical support support for production and improvement of the production management and monitoring system.

If the proposals for improvement are implemented, for the Product Tua, a process can be put in parallel, meaning a 10% reduction in production costs for this product alone.

## **KEYWORDS**

Lean Production, Mass Customization



## ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas .....	xix
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos .....	xxi
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento .....	1
1.2 Objetivos.....	4
1.3 Metodologia de investigação.....	4
1.4 Estrutura da dissertação.....	5
2. Revisão Bibliográfica .....	7
2.1 Lean Production.....	7
2.1.1 Toyota Production System (TPS) .....	7
2.1.2 Lean Thinking.....	9
2.1.3 Tipos de desperdícios .....	10
2.2 Ferramentas Lean .....	13
2.2.1 Kaizen.....	13
2.2.2 Técnica 5S e gestão visual.....	16
2.2.3 Standard Work.....	18
2.2.4 One-Piece-Flow .....	20
2.2.5 Overall Equipment Effectiveness (OEE).....	21
2.3 Balanceamento de linhas de produção .....	22
2.4 Mass customization.....	24
2.4.1 Métodos para obter <i>Mass Customization</i> .....	25
2.4.2 Benefícios da Mass Customization .....	27
2.4.3 Desvantagens da Mass Customization.....	27
3. Apresentação da empresa.....	29
3.1 Identificação e localização .....	29

3.2	Visão e missão .....	30
3.3	Produtos e marcas .....	31
3.4	Layout e processo produtivo .....	32
4.	Descrição e análise crítica da situação atual .....	34
4.1	Estudo e análise da produção pela faturação .....	34
4.1.1	Recolha e análise de dados.....	35
4.1.2	Conclusão .....	41
4.2	Tratamento de encomendas .....	41
4.2.1	Produtos de catálogo / Standard .....	42
4.2.2	Sistemas Lineares .....	42
4.2.3	Customizações de produtos standard.....	43
4.2.4	Produtos totalmente customizados.....	43
4.3	Planeamento da produção.....	44
4.4	Produção .....	45
4.4.1	Tua .....	45
4.4.2	One Trimless .....	62
4.4.3	U45 .....	88
5.	Apresentação de propostas de melhoria e análise dos resultados obtidos .....	104
5.1	Cálculo do Takt Time e Tempo de Atravessamento .....	104
5.1.1	Tua .....	104
5.1.2	One Trimless .....	114
5.1.3	U60 .....	118
6.	Conclusão .....	122
6.1	Considerações finais .....	122
6.2	Limitações e propostas de trabalho futuro .....	123
	Referências Bibliográficas .....	125
	Anexo I – Documento exemplificativo para apoio à produção (One Trimless S).....	129
	Anexo II – Documento exemplificativo para apoio à produção (U45) .....	130

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Casa Toyota Production System (TPS) (Liker, 2008) .....	8
Figura 2 – Oito desperdícios <i>Lean</i> (Coutinho, 2020).....	12
Figura 3 – Ciclo PDCA (Gaetano Cirino e Vittorio Da Sois, 2014) .....	15
Figura 4 – Ciclo PDSA (Howe, Faubion, & Boyer, 2018) .....	16
Figura 5 – As experiências do TPS (Spear & Bowen, 1999) .....	19
Figura 6 – <i>Takt Time</i> vs. Tempo de ciclo (Latestquality, 2018) .....	22
Figura 7 – Cálculo do <i>Takt Time</i> (kanbanize, 2020) .....	22
Figura 8 – Exemplo de gráfico de precedências (Insa, Pedro, Sabater, & Romano, 2005) .....	23
Figura 9 - Exemplo de um produto disponível em diversas cores.....	25
Figura 10 – Métodos para alcançar a <i>Mass Customization</i> (Selladurai, 2004).....	25
Figura 11 - Sequência do desenvolvimento da padronização para a customização em massa. ....	26
Figura 12 - Fotografia exterior das instalações atuais da Osvaldo Matos.....	30
Figura 13 - Marca Osvaldo Matos e marcas representadas.....	32
Figura 14 - Fábrica e armazém Osvaldo Matos.....	33
Figura 15 - Piso -1 e Piso 0 da unidade de produção.....	33
Figura 16 - Diagrama de Pareto das vendas dos produtos O/M em 2017 .....	37
Figura 17 - Diagrama de Pareto das vendas dos produtos O/M em 2018 .....	40
Figura 18 - Ilustração de procedimentos internos para produtos de catálogo.....	42
Figura 19 - Ilustração de procedimentos internos para sistemas lineares .....	42
Figura 20 - Ilustração de procedimentos internos para customizações de produtos de catálogo .....	43
Figura 21 - Ilustração de procedimentos internos para produtos totalmente customizados .....	43
Figura 22 - Armazém de produção com material separado.....	44
Figura 23 - Fluxo de material entre edifícios .....	45
Figura 24 - Fluxo de produção no piso 0 do chão de fábrica .....	46
Figura 25 - Fluxo de produção na serralharia .....	46
Figura 26 - Desengorduramento das peças .....	47
Figura 27 - Limpeza das peças .....	47
Figura 28 - Colocação no carro na cabine .....	47
Figura 29 - Pintura na cabine.....	47
Figura 30 - Colocação da peça na estufa de cura .....	48

Figura 31 - Conjunto de peças a serem pintadas.....	48
Figura 32 – Representação 3D da caixa estanque.....	49
Figura 33 – Fotografia da peça isolada .....	49
Figura 34 – Fotografia das peças em suportes para pintura .....	49
Figura 35 – Peça pintada .....	49
Figura 36 – Representação 3D da tampa para caixa .....	50
Figura 37 – Fotografia da peça isolada .....	50
Figura 38 – Fotografia das peças em suportes para pintura .....	50
Figura 39 – Peça pintada .....	50
Figura 40 – Representação 3D da Estrutura Soldada, pé 600mm .....	51
Figura 41 – Representação 3D do SMcover .....	51
Figura 42 – Fotografia das peças em suportes para pintura .....	51
Figura 43 – Representação 3D da parte superior do pé.....	52
Figura 44 – Representação 3D da barra estabilizadora.....	52
Figura 45 - Fotografia das peças penduradas .....	52
Figura 46 – Representação 3D da tampa inferior .....	53
Figura 47 - Lote de peças para colagem e abertura de rosca.....	53
Figura 48 – Zona de abertura de rosca .....	54
Figura 49 – Preparação para colagem do policarbonato.....	54
Figura 50 – Policarbonatos não conformes .....	54
Figura 51 – Peça acabada.....	54
Figura 52 – conjunto PCBA + Refletor + Suporte.....	55
Figura 53 – Conjunto chapa suporte + driver .....	55
Figura 54 – Cabo + terminal olhal .....	55
Figura 55 – Cabo + terminal olhal .....	55
Figura 56 – Cabo exterior de ligação.....	55
Figura 57 - Remoção de película do policarbonato.....	56
Figura 58 - Aperto do conjunto PCBA e refletor.....	56
Figura 59 - Aperto do Bucim .....	56
Figura 60 - Passagem de cabo elétrico pelo pé.....	56
Figura 61 - Colocação do Cabo terra .....	57
Figura 62 - Aperto do conjunto aos pés.....	57

Figura 63 - Aperto da tampa .....	57
Figura 64 - Colocação de tampa ao conjunto.....	58
Figura 65 - Aperto de caixa estanque .....	58
Figura 66 - Colocação da tampa e aperto.....	58
Figura 67 - Embalagem montada.....	59
Figura 68 - Tempos registados em SAP para a ordem de produção do artigo.....	60
Figura 69 - Tempos registados durante a campanha de medição .....	60
Figura 70 - Fluxo de material entre edifícios .....	62
Figura 71 - Fluxo de produção na serralharia .....	62
Figura 72 - Fluxo de produção no piso 0 do chão de fábrica .....	63
Figura 73 - Lote de corpos One S Trimless por colocar em armazém.....	63
Figura 74 - Lotes de matéria prima por colocar em armazém.....	63
Figura 75 - Lote de material no armazém de produção.....	64
Figura 76 - Lote de material para produção.....	64
Figura 77 - One S, Ctrlight em alumínio 1,2mm .....	64
Figura 78 - One S trimless, Corpo em alumínio 1,6mm .....	64
Figura 79 - One S trimless, 25°, refletor secundário em alumínio 1,2mm .....	64
Figura 80 – Peça no gabari para corte .....	65
Figura 81 – Peça na máquina.....	65
Figura 82 – Peça antes da operação.....	65
Figura 83 – Peça cortada .....	65
Figura 84 – Gabari para marcação .....	66
Figura 85 – Gabari com molas.....	66
Figura 86 – Peça a ser marcada.....	66
Figura 87 – Peça marcada .....	66
Figura 88 – Peça a ser furada .....	66
Figura 89 – Peça antes e depois.....	66
Figura 90 – Corpo One no gabari.....	67
Figura 91 – Corpo antes e depois da operação .....	67
Figura 92 – Corpo com operação executada .....	67
Figura 93 – Peça cortada .....	67
Figura 94 – Peça a ser cortada.....	67

Figura 95 – Peça a ser martelada .....	68
Figura 96 – Corpo antes e depois .....	68
Figura 97 – Peça no torno .....	69
Figura 98 – Peça em trabalho .....	69
Figura 99 – Refletor antes e depois da operação de torno .....	69
Figura 100 – Gabari montado .....	70
Figura 101 – Peça em trabalho .....	70
Figura 102 – Refletor com e sem furação .....	70
Figura 103 – Peça no engenho de furar .....	71
Figura 104 – Peça em trabalho .....	71
Figura 105 – Peças antes da operação .....	71
Figura 106 – CTRL depois da operação .....	71
Figura 107 – Peça com quebra de aresta no furo .....	71
Figura 108 – Lixa no torno .....	72
Figura 109 – Zona de operação .....	72
Figura 110 – Limar os furos .....	72
Figura 111 – antes e depois .....	72
Figura 112 – Peças prontas em lote .....	73
Figura 113 – Peças a serem carregadas na tina de desengordurar .....	73
Figura 114 – Peças penduradas para limpeza .....	73
Figura 115 - Tinas de limpeza .....	74
Figura 116 – Temperatura de funcionamento das tinas .....	74
Figura 117 – Peças penduradas para pintura .....	75
Figura 118 – Peças penduradas para pintura .....	75
Figura 119 – Peças pintadas no carro .....	75
Figura 120 – Detalhe de peça pintada .....	75
Figura 121 – Peça com defeito na pintura .....	76
Figura 122 – Defeito visível na pintura .....	76
Figura 123 - Peça a pintar .....	77
Figura 124 - Corpo do One Pendurado .....	77
Figura 125 - Peça a pintar .....	78
Figura 126 - Ctrlight do One pendurado e pintado .....	78

Figura 127 - Peças pintadas em lote .....	78
Figura 128 - Peças pintadas em lote .....	78
Figura 129 – Dissipadores com tratamento cataforese .....	79
Figura 130 – Dissipador montado.....	79
Figura 131 – PCB LED para One S .....	79
Figura 132 – Dissipadores com massa térmica.....	80
Figura 133 – Dissipador montado com PCBA .....	80
Figura 134 – Serra cabo.....	80
Figura 135 – Mola.....	80
Figura 136 – Mola de fixação do refletor secundário .....	81
Figura 137 – Corpo One S trimless.....	81
Figura 138 – Refletores com gito .....	81
Figura 139 – Refletores .....	81
Figura 140 – Cabo preto com 50 cm.....	82
Figura 141 – Cabo descarnado (ponta PCBA) .....	82
Figura 142 – Cabo descarnado (ponta driver) .....	82
Figura 143 – Colocação de solda.....	82
Figura 144 – Conjunto montado .....	83
Figura 145 – Conjunto montado .....	83
Figura 146 – Lote de subconjunto montado.....	83
Figura 147 – Luminária montada .....	83
Figura 148 – One S trimless sem refletor secundário .....	83
Figura 149 – Lote de luminárias para embalagem .....	84
Figura 150 – Embalagem preparada.....	85
Figura 151 – Luminária em saco de filme de plástico .....	85
Figura 152 – Embalagem fechada .....	85
Figura 153 – Lote de embalagens para expedição.....	85
Figura 154 - Tempos registados em SAP para a ordem de produção do One .....	86
Figura 155 - Tempos registados durante a campanha de medição .....	86
Figura 156 - Fluxo de material entre edifícios .....	88
Figura 157 - Fluxo de produção na serralharia .....	88
Figura 158 - Fluxo de produção no piso 0 do chão de fábrica .....	89

Figura 159 – Recolha do perfil à mão .....	90
Figura 160 – Recolha do perfil por empilhador.....	90
Figura 161 – Lote de perfil em palete .....	90
Figura 162 – Lote de perfil no suporte .....	90
Figura 163 – Máquina de corte.....	91
Figura 164 – Corte de perfil.....	91
Figura 165 – Perfil colocado em suporte da máquina.....	91
Figura 166 – Corte de perfil.....	91
Figura 167 - Lote do perfil cortado .....	92
Figura 168 - Retirar filme dos perfis .....	92
Figura 169 - Verificação da dimensão e marcação da furação .....	92
Figura 170 - Furação manual para furos de fixação .....	92
Figura 171 - Furação no engenho para furo de passagem de corrente.....	93
Figura 172 - Remoção do reforço do perfil .....	93
Figura 173 - Remoção da rebarba.....	93
Figura 174 - Remoção da rebarba nos topos com lixa .....	93
Figura 175 - Passagem de escova de aço nos topos.....	93
Figura 176 - Sopro de ar para remover limalha .....	93
Figura 177 - Lote de perfil terminado no elevador.....	97
Figura 178 - Lote de perfil terminado junto do elevador .....	97
Figura 179 - Perfil para pintar no suporte móvel.....	97
Figura 180 - Perfis pendurados.....	98
Figura 181 - Perfil na cabine de pintura .....	98
Figura 182 – Perfis pintados.....	99
Figura 183 – Topos interior pintados .....	99
Figura 184 - Montagem de PCB à régua .....	100
Figura 185 – Réguas eletrificadas.....	100
Figura 186 – Suportes de régua .....	100
Figura 187 – Conjunto de topo U45.....	100
Figura 188 – Uniões de Perfil .....	101
Figura 189 – Cabo terra e suportes de régua.....	101
Figura 190 – Colocação de régua eletrificada.....	101

Figura 191 – Conjunto de luminárias com régua.....	101
Figura 192 – Perfis no suporte .....	102
Figura 193 – Embalagens utilizadas .....	102
Figura 194 – Lote de luminárias para expedição .....	103
Figura 195 – Lote de réguas para expedição.....	103
Figura 196 - Luminárias no chão em cima de um cartão sujeitas a pó.....	109
Figura 197 – Comparação de dados para melhoria do processo do Tua .....	112
Figura 198 – Peça com defeito na pintura .....	114
Figura 199 – Defeitos na mola.....	115
Figura 200 – Instruções de programação no driver .....	116
Figura 201 – Indicação na ordem de produção .....	116
Figura 202 – Dissipadores com tratamento cataforese .....	116
Figura 203 – Lote de perfil cortados .....	118
Figura 204 – Descentramento do furo de fixação .....	119
Figura 205 – Defeito na pintura .....	120
Figura 206 – Defeito na pintura .....	120
Figura 207 – Pó acumulado nos perfis depois de pintados.....	120
Figura 208 – Pó acumulado nos perfis depois pintados.....	120
Figura 209 – Perfil no chão durante a pintura .....	120
Figura 210 – Topo mal encaixado.....	121
Figura 211 – Defeito na pintura .....	121
Figura 212 – Exemplo de Instrução de trabalho para One Trimless S .....	129
Figura 213 – Página 1 do desenho de sistemas lineares melhorado.....	130
Figura 214 – Página 2 do desenho de sistemas lineares melhorado.....	130



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição da gama de produtos da O/M light .....	31
Tabela 2 - Valores contabilizados para a família Pro (2017) .....	35
Tabela 3 - Valores contabilizados para a família Spot On (2017) .....	35
Tabela 4 - Valores contabilizados para a família Linear&Sys (2017) .....	36
Tabela 5 - Valores contabilizados para a família Diffuse (2017).....	36
Tabela 6 - Valores contabilizados para a família safe (2017).....	37
Tabela 7 - Dados totais das vendas de produtos O/M em 2017.....	37
Tabela 8 - Valores contabilizados para a família Pro (2018) .....	38
Tabela 9 - Valores contabilizados para a família Spot On (2018) .....	38
Tabela 10 - Valores contabilizados para a família Linear&Sys (2018) .....	39
Tabela 11 - Valores contabilizados para a família Diffuse (2018).....	39
Tabela 12 - Valores contabilizados para a família Safe (2018) .....	40
Tabela 13 - Dados totais das vendas de produtos O/M em 2018 .....	40
Tabela 14 - Valores contabilizados para a família Pro (2017).....	41
Tabela 15 - Registo de tempos médios para preparação e pintura da Caixa estanque .....	49
Tabela 16 - Registo de tempos médios para preparação e pintura da Tampa para Caixa.....	50
Tabela 17 - Registo de tempos médios para preparação e pintura da estrutura soldada .....	51
Tabela 18 - Registo de tempos médios para preparação e pintura da SMcover .....	51
Tabela 19 - Registo de tempos médios para preparação e pintura da tampa da parte superior .....	52
Tabela 20 - Registo de tempos médios para preparação e pintura da tampa da parte superior.....	52
Tabela 21 - Registo de tempos médios para preparação e pintura da tampa para parte inferior .....	53
Tabela 22 - Tempo médio para operações na caixa estanque .....	54
Tabela 23 - Tempo médio registado para montagem da luminária .....	58
Tabela 24 - Tempo médio para embalagem da luminária. ....	59
Tabela 25 - Tabela resumo dos tempos registados para o produto TUA .....	61
Tabela 26 - Registo de tempos para corte do Ctrlight.....	65
Tabela 27 - Registo de tempos para marcação e furação do corpo .....	66
Tabela 28 - Registo de tempos para furação do corpo do One .....	67
Tabela 29 - Registo de tempos para rasgo no corpo do One .....	68
Tabela 30 - Registo de tempos para corrigir empenos .....	68

Tabela 31 - Registo de tempos para lixar refletor secundário .....	69
Tabela 32 - Registo de tempos para furar refletor secundário .....	70
Tabela 33 - Registo de tempos para furação e escarear.....	71
Tabela 34 - Registo de tempos para lixa .....	72
Tabela 35 - Registo de tempos para lima .....	72
Tabela 36 – Registo de tempos para o desengorduramento e limpeza.....	74
Tabela 37 - Registo de tempos para pintura do refletor secundário .....	76
Tabela 38 - Registo de tempos para Repintura .....	77
Tabela 39 - Registo de tempos para pintura do corpo .....	77
Tabela 40 - Registo de tempos para pintura do corpo .....	78
Tabela 41 - Tempo médio de montagem para uma luminária .....	84
Tabela 42 - Registo de tempos para embalagem do One trimless .....	85
Tabela 43 - Tabela resumo dos tempos registados para o produto One .....	87
Tabela 44 - Registo das leituras de desenho e colocação da dimensão na máquina .....	91
Tabela 45 - Registo de tempos de corte .....	91
Tabela 46 - Registo do tempo de preparação dos perfis na serralharia.....	94
Tabela 47 - Registo de tempos para a pintura .....	98
Tabela 48 - Registo de tempos para montagem das luminárias U45.....	102
Tabela 49 - Tempo de ciclo para as operações de pintura .....	105
Tabela 50 - Tempo de ciclo para as operações de serralharia.....	106
Tabela 51 - Tempo de ciclo para as operações de montagem.....	106
Tabela 52 - Tempo de ciclo para as operações de montagem.....	107
Tabela 53 - Tempo por peça para operação de pintura.....	111

## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS**

ALB – Assembly Line Balancing

ALBP – Assembly Line Balancing Problem

BOM – Bill Of Materials

JIT – Just-in-Time

MC - Mass Customization

MP – Mass Production

MRP – Material Requirement Planning

OEE - Overall Equipment Effectiveness

PCB - Printed Circuit Board

PCBA - Printed Circuit Board Assembly.

PDCA – Plan – Do – Check – Act

PDSA – Plan – Do – Search – Act

PT – Posto de trabalho

S.A. – Sociedade Anónima

SALB – Single Assembly Line Balancing

TA - Tempo de Atravessamento

TC - Tempo de Ciclo

TPM – Total Production Maintenance

TPS – Toyota Production System

TT - Takt Time

## 1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo introduz-se o tema da presente dissertação, é apresentado o seu enquadramento bem como os principais objetivos. É descrita a metodologia de investigação utilizada e é apresentada a estrutura da dissertação.

### 1.1 Enquadramento

A indústria desde a sua origem, tem assumido vários paradigmas (Hu, S.J., 2013), adotando um papel importante não só para a economia de um país, mas também para o bem-estar e a qualidade de vida das pessoas pela criação de empregos renumerados. A *Craft Production* é o primeiro paradigma identificado pelo mesmo autor, caracterizada pela disponibilização do produto ao cliente tal como ele pretende, mas a um custo elevado por ser altamente artesanal.

Da evolução deste paradigma, surgiu a *Mass Production*. Este é um modelo produtivo de fabrico de grandes quantidades de produtos semelhantes graças à padronização do trabalho. Os benefícios à partida são claros, pois traduz-se na diminuição de custos de produção, pelo fabrico de grandes quantidades sem encomendas prévias, e sem preocupação de escoamento de stock (Bastos, 2015a).

O sucesso deste modelo, rapidamente disseminou-se por várias empresas passando a ser o modelo de produção dominante. Este tipo de produção teve impacto não só na produtividade das organizações da época, como no estilo de vida da sociedade, pois permitiu ao acesso a bens a baixo custo (Bastos, 2015a). Abre-se assim a época de consumo em massa. Este conceito foi amplamente popularizado por Henry Ford, através do Fordismo, conceito baseado na produção em massa. Deste paradigma, era possível perceber que o número de variedades oferecidas era muito limitado. “Qualquer cliente pode ter um carro pintado de qualquer cor, desde que seja preto” (Ford, Henry, 1926) é a frase emblemática que simboliza o arranque e a difusão da *Mass Production* na indústria, conceito que até ao momento tinha sido idealizado por Adam Smith.

Associado à *Mass Production*, existem conceitos chave que facilitam o sistema de produção em massa: *Interchangeability*, linhas de montagem móveis, divisão do trabalho e gestão científica. (Hu, S.J., 2013)

- 1) **Interchangeability:** Traduz o fabrico de partes individuais em grandes volumes para posterior montagem aleatória, possibilitando a produção económica de componentes em grandes volumes.
- 2) **Linhas de montagem móveis:** Conceito que transformou as linhas de montagem, dado que, se passou dos trabalhadores a deslocarem-se de carro para carro, para ser o veículo a deslocar-se,

mantendo-se o trabalhador no mesmo sítio, que realiza sempre a mesma tarefa melhorando significativamente a velocidade reduzindo os custos de montagem.

- 3) **Divisão do trabalho:** Cada trabalhador foca-se em determinadas tarefas com um grau de especialização considerável. Este trabalho levanta questões de ergonomia, visto que os trabalhadores ficam confinados a uma única posição, durante grandes períodos.
- 4) **Gestão científica:** Representa as dificuldades das empresas devido à baixa qualificação e ineficiência dos trabalhadores (Bastos, 2015b). Introduzido por Frederick Taylor, debruça-se essencialmente sobre fluxos de produção, no caminho de encontrar a única maneira de executar uma operação, e iniciou ainda o estudo de tempos e movimentos. Da gestão científica pautam-se os princípios da automatização física por parte do trabalhador, a especialização do trabalho, a seleção científica dos trabalhadores de acordo com as suas aptidões e o controlo do trabalho.

Rapidamente este conceito começou a apresentar diversas limitações na sua génese. Percebe-se que o objetivo principal da *Mass Production* é aumentar a produtividade, empurrando os produtos para o consumidor, impulsionando a compra. A qualidade dos produtos foi esquecida, e quando os produtos não tinham as vendas esperadas, os custos de armazenamento aumentavam (Hu, S.J., 2013).

O primeiro alerta veio do Japão durante a década de 1970 quando os carros Japoneses vendidos nos Estados Unidos, conseguiam ser mais baratos, melhores e mais eficientes no consumo de combustível. Na década de 80, uma nova gama de produtos chegou do Japão e começaram a dominar o mercado americano, não conseguindo os produtores americanos acompanhar na competitividade (Hu, S.J., 2013).

Outro marco da produção Japonesa, foi através do *International Motor Vehicle Program* (IMVP), onde fabricantes do Japão, Estados Unidos e Europa participaram num estudo que resultou na publicação do livro "*The Machine that Changed the World*" manual que esteve do conceito do *Toyota Production System* e *Lean Manufacturing*.

No final da década de 80, com a tentativa de fornecer produtos personalizados a um custo de produção reduzido, verificou-se o começo de um novo paradigma, a *Mass Customization* (Hu, S.J., 2013). Como resultado desta mudança, verificou-se um aumento pronunciado da variedade de produtos oferecidos ao consumidor, tendo-se constatado o aumento do número de modelos automóveis, passando de 44 em 1969 para 165 em 2006 (Hu, S.J., 2013). Esta tendência, obrigou produtores a disponibilizar produtos variados e personalizados dando resposta à diversificação, preferências e necessidades dos consumidores ao mesmo tempo que a concorrência no mercado aumentava (Hu, S.J. et al., 2011).

A crescente concorrência no mercado global é sempre um desafio para encontrar abordagens inovadoras

para os negócios. A chave para o sucesso no ambiente de produção altamente competitivo é a capacidade da empresa de projetar e desenvolver produtos que podem ser adaptados individualmente às necessidades do cliente (Modrak, Marton, & Bednar, 2015).

A *Mass Customization* é vista ainda como uma contradição, dado que une as vantagens da produção de uma única peça (individual e precisa) e da produção em série (rápida e dispendiosa). A implementação é atraente do ponto de vista do cliente, mas um obstáculo para uma empresa porque traz um risco de falha, especialmente como resultado do aumento dos custos de projeto e fabrico. Ao contrário do paradigma anterior, a *Mass Customization*, permite atender às expectativas de cada cliente ajustando um produto às necessidades do cliente (Zawadzki & Zywicki, 2016).

A customização em massa foi possibilitada por vários conceitos e tecnologias importantes, incluindo a arquitetura da família de produtos, sistemas de produção reconfiguráveis e atraso na diferenciação (Shixin Jack; Hu, 2013).

- 1) **Arquitetura de família de produtos:** Conceito que permite desenvolver uma estratégia de família de produtos com módulos funcionais partilhados, enquanto outros são fornecidos com várias variantes cada, de modo que a combinação na montagem fornecerá variedade aos produtos finais permitindo ao consumidor poder escolher diferentes combinações. Esta abordagem possibilita a produção customizada de acordo com os gostos do consumidor (Tseng & Du, 1998).
- 2) **Sistemas de Produção Reconfiguráveis (RMS):** Proposto pela primeira vez por Koren et al (1999), é um sistema projetado no local para mudanças rápidas na sua estrutura e controlo, a fim de ajustar a sua capacidade de produção e funcionalidade dentro de uma família de peças em resposta a mudanças repentinas do mercado.
- 3) **Diferenciação com atraso:** De forma a gerir a variedade dos sistemas de produção, este método é implementado para atrasar o ponto em que os produtos assumem características únicas. Este atraso reduz o custo e melhora a capacidade de resposta dos sistemas de montagem.

O Século XXI trouxe até ao nosso quotidiano a presença contínua da internet que com a disponibilidade de sistemas de produção responsivos emergentes, como a impressão 3D, apresentam uma oportunidade para um novo paradigma de realização de produtos: *Personalized Production* (Hu, 2013).

Este conceito permite a personalização de produtos adaptados às necessidades e preferências de cada consumidor. Os clientes criam produtos inovadores e valorizam colaborando com os fabricantes e outros consumidores.

## **1.2 Objetivos**

Este trabalho de investigação, tem como objetivo diminuir o tempo de entrega de seis para duas semanas. No final deste projeto, é pretendido aumentar a eficiência da linha de produção, promovendo a sua flexibilidade e rapidez, garantindo a variabilidade de gamas (customização) sem comprometer os prazos de entrega, não falhando o compromisso assegurado com os clientes.

Para atingir os objetivos pretendidos, é necessário:

- Estudar a capacidade produtiva da linha de montagem atual;
- Analisar a carga da linha de produção;
- Estudar e rever o layout;
- Medir tempos de produção;
- Analisar os fluxos de material e informação;
- Verificar produções por tipologias de produtos nos últimos dois anos;
- Verificar as ineficiências da linha.

Concluindo estes passos, será possível caracterizar a linha de produção, e encontrar soluções para a situação em estudo. Destas soluções será necessário verificar:

- Que benefícios se esperam vir a alcançar com as melhorias propostas;
- Quais os obstáculos, desafios e motivações implícitas a estas alterações

## **1.3 Metodologia de investigação**

De forma a responder e atingir os objetivos propostos no ponto anterior, o design da investigação irá combinar as diversas naturezas de investigação, tal como, estudos exploratórios, descritivos e explicativos (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2008).

No que concerne às estratégias de investigação irá recorrer-se à investigação-ação caracterizada por ser uma investigação ativa, com envolvimento dos colaboradores da empresa. Relativamente ao horizonte temporal, o estudo será longitudinal.

Irá proceder-se a uma análise crítica do sistema produtivo atual, identificando os principais problemas existentes ao longo da linha de produção, fazendo o levantamento de documentos indispensáveis à fase de diagnóstico. A análise irá contemplar observação direta da linha de produção, reuniões com a Direção de Produção e operadores para clarificar o funcionamento do sistema, observações de layout e campanhas de medição de tempos de produção.

## 1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação é desenvolvida e encontra-se organizada em sete capítulos. Ao longo do primeiro capítulo é feita a introdução ao projeto, ao qual é apresentado o enquadramento da dissertação, assim como os principais objetivos pretendidos e a metodologia da investigação utilizada.

O segundo capítulo, é relativo à revisão bibliográfica onde constam os conceitos indispensáveis à realização e perceção deste projeto de dissertação, nomeadamente o conceito de *Lean Production*, ferramentas *Lean* e Balanceamento de linhas de produção. Consta também o conceito de *Mass Customization* onde se aborda as suas vantagens, problemas e que soluções veio este paradigma trazer à industrial atual.

No terceiro capítulo é apresentada a empresa onde se desenvolveu esta dissertação, sendo feito uma abordagem à sua origem, localização, visão e missão, produtos e marcas e por fim o layout da unidade de produção.

No quarto capítulo faz-se a descrição e análise crítica da situação atual. Ao longo deste capítulo desenvolve-se e identifica-se vários pontos para a análise, sendo eles a faturação para o ano 2017 e 2018, como são tratadas as encomendas por tipologia de produto (Standard, Sistemas Lineares, pequenas customizações e produtos totalmente customizados), o planeamento da produção e por fim é feito uma análise detalhada e pormenorizada da produção de três produtos com recolha da gama operatória e tempos de produção.

No quinto capítulo, são apresentadas propostas de melhoria relativamente aos problemas identificados no capítulo anterior e realizada uma análise aos resultados obtidos com propostas de melhoria.

Por fim no sexto e último capítulo são apresentadas as principais conclusões e as perspetivas de trabalhos futuros.



## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é apresentada a revisão bibliográfica dos conceitos que suportam o tema da presente dissertação. É feita a apresentação do conceito *Lean Production*, mais especificamente ao *Toyota Production System* (TPS), aos princípios *Lean Thinking* e aos sete desperdícios. De seguida, é apresentada uma descrição de algumas técnicas e ferramentas associadas ao pensamento *Lean*. É introduzido o tema de implantação de sistemas de produção, fazendo-se referência a alguns métodos usados neste contexto. Finaliza-se o capítulo com a introdução do conceito de *Mass Customization*.

### 2.1 Lean Production

Com origem no Japão, mais concretamente na Toyota com a implementação do *Toyota Production System* (TPS), nasce o conceito *Lean Production* nos finais da segunda Guerra Mundial (Monden, 1998). O TPS, tinha como principal intuito aumentar a produtividade na produção automóvel da fábrica e reduzir desperdícios ou mudas (termo Japonês) com a finalidade de reduzir custos (Maia, Alves, & Leão, 2011). Este novo conceito de trabalho, levou a empresa a assumir uma posição de liderança no mercado, face às empresas americanas. Este facto provocou um grande interesse nos investigadores do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) que batizaram este sistema como *Lean Production* (Maia et al., 2011). Em suma, *Lean Production* tem sido um modelo organizacional amplamente divulgado na literatura, como um modelo que leva até às empresas inúmeros benefícios com a sua implementação. Os benefícios são essencialmente redução de custos, fator chave para a vida de uma empresa que se quer estável e com máximo lucro possível (Maia et al., 2011).

O conceito de *Lean Production*, agrupa características da *Craft Production* e da *Mass Production*, dado que aumenta a variedade de produtos oferecidos ao mercado, juntamente com o facto que reduz custos e aumenta a qualidade dos produtos (Womack, J. P; Jones, D. T; & Roos, 1990).

#### 2.1.1 Toyota Production System (TPS)

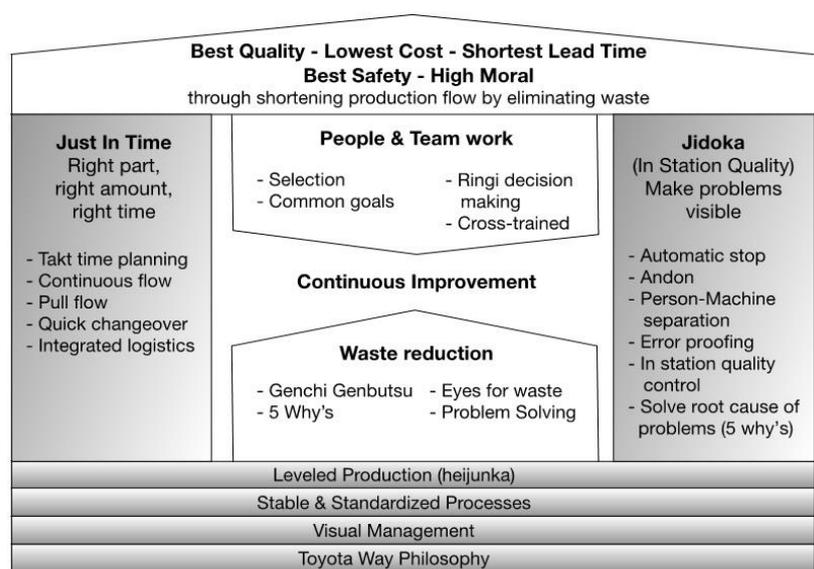
Desenvolvido por Taiichi Ohno, o TPS surgiu pela necessidade de responder às alterações do mercado na década de 40, onde era imposto uma elevada produção de variedade de produtos, em quantidades reduzidas. Dado que a indústria automóvel americana e europeia, vivia numa atmosfera, onde a *Mass Production* estava fortemente implementada, a implementação deste sistema, foi um enorme desafio para a indústria japonesa (Ohno, 1988).

O TPS pode ser visto como filosofia de produção, com o objetivo de reduzir o período de tempo desde que é rececionado o pedido do cliente até à sua expedição, eliminando desperdícios existentes na empresa (Liker, 1997). Os mesmo autor refere ainda que fazer stock do produto, enquanto aguarda a encomenda do cliente é considerado desperdício, sendo ideal, começar a sua produção após o pedido e realizar a sua entrega tão breve quanto possível. O TPS é considerado um sistema e não um conjunto de práticas numa empresa, define-se ainda como um processo (Liker, 1997).

A casa TPS (Figura 1), representa os sistemas e conceitos do *Toyota Production System*. A sua associação a uma casa, tem como objetivo de demonstrar que o conceito funciona se todos trabalharem para tal, ou seja, só há telhado numa casa, se os pilares e a sua base estiverem bem implementados. A fragilidade de um dos pilares do conceito TPS, pode colocar em risco o sucesso do sistema implementado (Liker & Morgan, 2006).

Desenvolvida por Fujio Cho, a casa TPS contempla os princípios centrais no telhado, começando com o objetivo de melhorar a qualidade, diminuir os custos e reduzir tempo de entrega (Liker, 2008). O primeiro pilar, representa o Just-In-Time (JIT), que se assinala por criar fluxos dos materiais ao longo do processo produtivo, para produzir o artigo certo na quantidade e momento certo. O outro pilar representa o Jidoka, conceito associado às máquinas com inteligência artificial, que são capazes de parar a produção quando é detetado um defeito, evitando a sua propagação nos outros produtos da produção (Liker & Morgan, 2006).

No centro desta casa, são representadas as pessoas e equipas de trabalho, uma vez que são estes que vão assegurar a melhoria continua (Liker, 2008).



Source J. Liker

**Figura 1** - Casa Toyota Production System (TPS) (Liker, 2008)

Finalmente, nos alicerces da casa, encontra-se diversos elementos essenciais para atingir os objetivos pelo TPS: Nivelamento da produção (heijunka) que permite nivelar a produção no que respeita ao volume e sua variedade para reduzir a quantidade de stock numa organização; Processos estáveis e standard; Sistema Visual.

### 2.1.2 Lean Thinking

Com a publicação de Womack & Jones (1996), surge a filosofia de *Lean Thinking*, onde nesta, era denotado a importância do pensamento *Lean*, introduzindo cinco princípios para a realização de uma transformação *Lean* eficiente. É necessária uma mudança de cultura nas empresas, para manter as técnicas implementadas de forma a sustentar o esforço envolvido nas práticas do *Lean Production*. (Yamamoto & Bellgran, 2010)

*Lean Thinking* é visto por Womack & Jones (1996) como um método que contradiz a presença de desperdícios nas organizações através da identificação do valor e da sequenciação eficaz de ações de criação de valor, realizando todas as atividades sem interrupção a partir do momento da sua solicitação. *Lean Thinking* foi resumida por Womack & Jones (1996) em cinco princípios que se identificam e descreve de seguida:

- **Valor**

Especificar o valor tendo em conta a perspetiva do cliente final é a primeira etapa e a mais delicada do *Lean Thinking*. O valor deve ser definido relativamente a um produto ou serviço específico, a um determinado preço e num determinado momento, tendo em conta os requisitos especificados pelo cliente. O principal para as organizações é produzir esse produto ou serviço, com o melhor desempenho, garantindo a qualidade pretendida respeitando o custo estipulado.

Deve ser o cliente final a definir o valor, dado que este é distorcido pelas organizações, especialmente engenheiros e especialistas, pois estes adicionam complexidade que não interessa ao cliente.

- **Cadeia de valor**

Cadeia de valor são todas as ações necessárias para levar um produto até ao cliente, desde que o cliente realiza o pedido até ao momento em que é satisfeito. É essencial conhecer toda a cadeia de valor para identificar fontes de desperdício, começando por distinguir as atividades que acrescentam valor ao longo do processo produtivo das que não acrescentam valor ao produto ou serviço. Posteriormente deve-se proceder à eliminação, tanto quanto possível, das atividades que não acrescentam valor (aquelas que apenas resultam em desperdício para a empresa).

- **Fluxo Contínuo**

Depois de eliminar os desperdícios identificados no ponto anterior, procede-se a criação de um fluxo contínuo, sem qualquer interrupção, de todas as etapas de criação de valor, desde o momento em que a matéria-prima entra no sistema produtivo até sair o produto acabado. É possível criar um fluxo contínuo com a eliminação de todos os desperdícios, paragens e recuos existentes entre as fases de design, encomenda e produção.

- **Sistema Pull**

O sistema *pull*, pode ser interpretado com ser o cliente a retirar um produto da organização, ou seja, a venda de um produto, “obriga” a produção do mesmo. Um sistema *pull* tem a capacidade de projetar, planear e produzir especificamente o que o cliente necessita, no preciso momento em que o necessita, é o cliente quem “puxa” a produção a partir do momento em que é realizada a encomenda. Este sistema promove a redução de stock e o tempo de entrega uma vez que há uma redução significativa do tempo de processamento. O sistema *push* é a metodologia oposta, pois caracteriza-se por empurrar o produto até ao cliente, sendo muitas vezes o produto que o cliente não quer.

- **Perfeição**

Por último, temos a procura continua pela perfeição, ou seja, existe uma busca constante na procura da redução do esforço, tempo, espaço, custo e erros identificados na cadeia de valor para que seja possível oferecer ao cliente o produto ou serviço que deseja. A interação de todas as partes envolvidas na organização (fornecedores, distribuidores, funcionários e clientes) permite encontrar o real percurso para a criação de valor.

O pensamento *Lean Thinking* permite fazer mais com menos, ou seja, mínimo de esforço, energia, equipamento, tempo, espaço, materiais e capital para oferecer ao cliente exatamente o que pretende.

(Womack & Jones, 1996)

### 2.1.3 Tipos de desperdícios

Desperdício é definido por Shingo (1989) como qualquer atividade do sistema desperdício não contribui para criação de valor do produto ou serviço, ou seja, tempos de espera, acumulação de produtos semiacabados e movimentação de materiais. O mesmo autor, considera que existem dois tipos de operações na cadeia de valor, as que acrescentam e as que não acrescentam valor ao produto. As que acrescentam valor são as que o cliente está disposto a pagar, enquanto as que não acrescentam valor

são todas aquelas que trazem custos para a empresa, mas que não são incluídas no preço que o cliente paga pelo produto.

Para uma empresa melhorar a sua eficiência implica a eliminação de desperdícios, tornando a percentagem de trabalho o mais próximo possível dos 100%, sendo o primeiro passo para a sua eliminação a identificação exata de cada tipo de desperdício existente (Ohno, 1988). Durante o desenvolvimento do TPS, Taiichi Ohno e Shigeo Shingo identificaram os sete tipos de desperdícios mais conhecidos e presentes nas organizações:

- **Excesso de produção**

O excesso de produção pode ser caracterizado como o principal de todos os desperdícios. Caracteriza-se pela produção de quantidades superiores à procura, sendo a categoria de desperdícios que mais prejudica as organizações dado que contraria a produção JIT. Este desperdício provoca o aumento dos níveis de stock e a utilização de recursos desnecessários. O excesso de produção desencadeia os outros 6 tipos de desperdício, dado que excesso de produção exige transporte adicional, movimentação excessiva, mais tempo de espera e assim consecutivamente. Se houver defeitos durante a produção, haverá mais retrabalho de mais unidades.

- **Esperas**

Provavelmente é o desperdício mais fácil de reconhecer dado que sempre que produtos ou tarefas não são operadas, ocorre espera. As esperas estão relacionadas com o tempo perdido pelas pessoas ou por equipamentos cada vez que aguardam por algo no meio industrial. A espera pode ocorrer devido a fatores como problemas de layout, avarias, defeitos, acidentes e/ou atrasos nas entregas dos fornecedores.

- **Transporte**

Este desperdício inclui movimento materiais, produtos acabados ou intermédios e que são complicados e desnecessários, havendo a transferência de localização. Este tipo de desperdício aumenta custos, tempo de fabrico e danos nos materiais nas empresas.

- **Desperdício do próprio processo**

O trabalho desnecessário está associado ao movimento realizado dos operadores e que não é necessário para as operações, por outro lado considera-se que trabalho é todo o movimento imprescindível para que haja criação de valor ao produto.

- **Stocks**

Stocks excessivos é frequentemente resultado de uma prática “Just in Case”. Nestes casos as empresas optam por stocks para suprimir a procura inesperada de clientes, proteção em casos de atraso na produção, baixa qualidade ou outros problemas. As causas deste género de desperdício são variadas, sendo as mais comuns a existência de um layout fraco; tempos de mudança de ferramentas elevados; estrangulamentos no processo; problemas relacionados com a qualidade (defeitos e inspeções) e diferentes ritmos/velocidades de trabalho.

- **Defeitos**

O desperdício por defeitos pode ser originado por diversos fatores nomeadamente o erro humano. O aumento da frequência de defeitos no produto origina reclamações dos clientes, ao qual se associam custos de reparação e inspeção. Para reduzir este desperdício será necessário detetar a causa do problema.

- **Deslocações**

Associado ao movimento dispensável dos operadores e que não é necessário para as operações, por outro lado considera-se que trabalho é todo o movimento indispensável para a criação de valor ao produto.

Mais recentemente, é comum na bibliografia, a identificação de um oitavo desperdício. Potencial desperdiçado ou conhecimento, é um desperdício decorrente do conhecimento intelectual e habilidades de colaboradores não são aproveitadas ou mal aproveitadas pelas empresas. Deve ser o papel do gestor identificar atividades adequadas a cada colaborador. Para além disso deve sempre procurar motivação dos colaboradores, para que a empresa ganhe em resultados.



**Figura 2** – Oito desperdícios *Lean* (Coutinho, 2020)

Verifica-se que aproximadamente 95% do tempo despendido por uma empresa está relacionado com atividades que não acrescentam valor ao produto ou serviço. (Pinto, 2014)

Todas estas atividades designam-se por Muda, termo japonês que significa qualquer atividade que gere desperdício, uma vez que utilizam recursos e tempo na produção que originam produtos mais custosos do que deviam.

Os 3 M's - Muda, Mura e Muri são termos tradicionais japoneses que foram associados ao TPS, como sendo os tipos de desperdícios encontrados numa empresa. Como visto anteriormente, Muda significa, atividade que gera desperdício, Mura está relacionado com a inconsistência e irregularidade, ou como variação na operação de um processo não causada pelo cliente. Representa o desnivelamento do trabalho ou máquinas. Por último, Muri significa a sobrecarga causada na organização, equipamentos ou pessoas devido ao Muda e Mura, ou seja, irracionalidade, extremamente difícil, excesso ou imoderação. (Silveira, 2014)

## 2.2 Ferramentas Lean

Associado à filosofia *Lean*, existem algumas técnicas e ferramentas, nomeadamente *Kaizen*, técnica 5S e Gestão Visual, *Standard Work*, *One-Piece Flow* e *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Estas ferramentas são utilizadas para realizar intervenções no sistema produtivo de uma empresa, com intuito de obter melhorias na eficiência do processo produtivo.

### 2.2.1 Kaizen

Criado no Japão após a Segunda Guerra Mundial, a origem do *Kaizen* pode ser rastreada até W. Edwards Deming, mas foi Masaki Imai que popularizou o conceito *Kaizen* para se tornar uma revolução no mundo. (Jain, 2015)

*Kaizen* é uma palavra composta envolvendo dois conceitos: Kai (mudança) e Zen (para melhor) que é traduzido como "Melhoria Contínua". *Kaizen* indica um processo de melhoria contínua da forma padrão de trabalho. O conceito de *Kaizen*, centra-se em melhorar um espaço de trabalho de uma empresa passo a passo para melhorar o processo e eliminar os resíduos. (Jain, 2015)

O conceito *Kaizen* é um sistema que envolve todos numa organização, desde a gestão de topo até à equipa de limpeza. Todos são incentivados a apresentar pequenas sugestões de melhoria regularmente. *Kaizen* é uma abordagem que,

- Começa com as pessoas;
- Concentra o seu cuidado nos esforços das pessoas;

- Os processos são constantemente melhorados;
- Melhores processos resultam em melhores resultados;
- Melhores resultados resultam na melhor satisfação dos clientes.

A filosofia *Kaizen* tem tido grande impacto sobre os investigadores dado que aumenta a produtividade de uma empresa, assim como ajuda a produzir produtos de elevada qualidade com esforços reduzidos. (Jain, 2015)

De acordo com Imai (1986), *Kaizen* é um processo de melhoria contínua envolvendo cada um, gestores e trabalhadores.

*Kaizen* pode ser definido como método de integração de diferentes formas de pensar. O seu principal objetivo não é a redução de custos, apesar de ser um dos resultados das atividades desenvolvidas no âmbito desta metodologia (Stefanic, Tosanovic, & Hegedic, 2012).

Para a aplicação desta filosofia, será necessário a criação de equipas multidisciplinares constituídas por engenheiros e operadores com um único objetivo, sendo a primeira fase a identificação do problema a resolver, imediatamente a seguir a definição de metas a atingir para se encontrar a solução. Estas equipas podem atuar em qualquer área da empresa que necessita de melhorias, sendo fundamentais a motivação e encorajamento de todos os participantes a desempenhar o seu papel nas atividades. (Chen, Dugger, & Hammer, 2001)

Este conceito impulsiona a proatividade dos participantes / colaboradores na resolução de problemas e cada tarefa executada leva a redução de custos, melhoria da qualidade dos produtos e ainda aumento da satisfação dos clientes. (Pinto, 2014)

O ciclo de Deming ou PDCA é um modelo de melhoria contínua da qualidade que consiste numa sequência lógica de quatro fases principais: Planear, Executar, Verificar e Agir. Em 1920, o proeminente estatístico Walter A. Shewhart introduziu um modelo que consiste em Planear, Executar, Ver (Plan, Do, See) - que pode ser considerado uma das mais importantes perspetivas de melhoria de processos no estado inicial. Deming elaborou o seu próprio ciclo como sendo a continuação natural do modelo de Shewhart, referindo-se sempre a ele como ciclo de Shewhart.

O ciclo PDCA, é definido por uma sequência de pequenos desenvolvimentos, realizados de forma ordenada, no sentido da melhoria contínua cuja meta é a perfeição. (Pinto, 2014)

Na Figura 3 representa-se o ciclo PDCA que se explica de seguida.

- **Plan (Planear)**

Procura de um processo para melhorar. Identificação do problema e definição de ações a executar de modo a obter os resultados desejados.

- **Do (Fazer/Executar)**

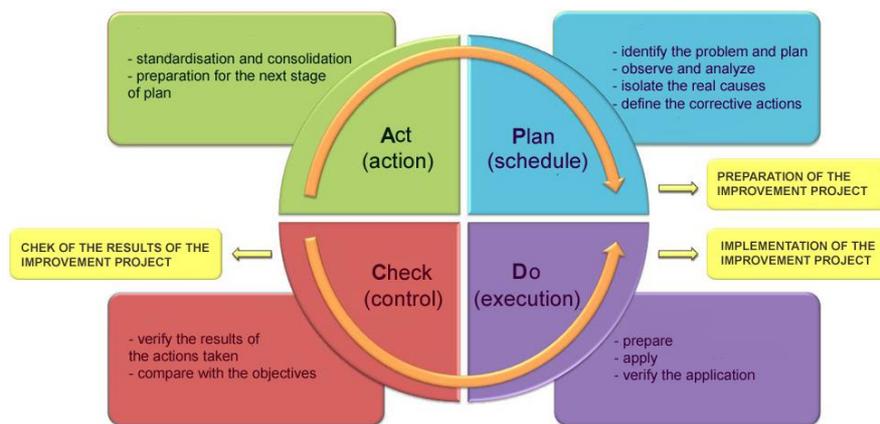
Executar as ações definidas de acordo com o planeado.

- **Check (Verificar)**

Identificar como reduzir as variações. Verificar se os resultados obtidos são os resultados planeados inicialmente.

- **Act (Atuar)**

Padronização dos processos melhorados e iniciar novo ciclo para novas melhorias.

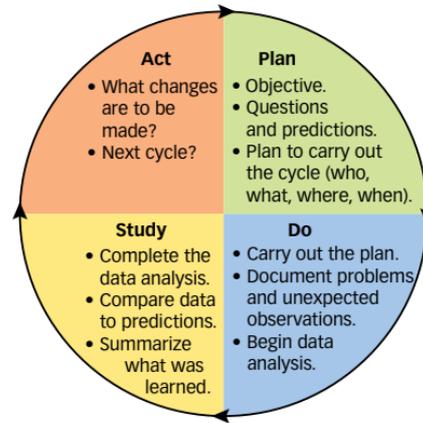


**Figura 3** – Ciclo PDCA (Gaetano Cirino e Vittorio Da Sois, 2014)

Na bibliografia do ciclo PDCA, existem várias referências ao ciclo PDSA (Planear-Executar-Estudar-Atuar). Este ciclo é um processo sistemático de aprendizagem e conhecimento para a melhoria contínua de um produto, processo ou serviço. Em relação ao ciclo PDCA, a diferença está no *Check* (verificar) que dá lugar ao *Study* (Estudar). Neste passo, são estudados os resultados e monitorizados para testar a validade do plano quanto existem sinais de progresso. (Institute, 2020)

É possível verificar ainda que de acordo com o *Deming Institute*, Deming enfatizou o Ciclo PDSA e não o Ciclo PDCA, com uma ênfase no terceiro passo do Estudo (S), não no *Check* (C). Deming salientou que o passo *Check* é sobre implementação de uma mudança, com sucesso ou fracasso. Deming pretendia antes prever os resultados de um esforço de melhoria, estudar os resultados reais e compará-los para rever o plano inicial. Ressalvou ainda que a necessidade de desenvolver novos conhecimentos, a

partir da aprendizagem, é sempre guiada por uma teoria. Por comparação, a fase de verificação do ciclo PDCA concentra-se no sucesso ou falha de um plano, seguido pelas correções necessárias ao plano em caso de falha.



**Figura 4** – Ciclo PDSA (Howe, Faubion, & Boyer, 2018)

### 2.2.2 Técnica 5S e gestão visual

O *Lean Manufacturing* compreende um conjunto de ferramentas e práticas que, quando implementadas adequada e integralmente, ajudam a melhorar o desempenho do sistema. A ferramenta 5S é uma dessas. Esta técnica é um acrónimo para Sort, Set in order, Shine, Standardize e Sustain. (Omogbai, 2017)

A técnica 5S ajuda a reduzir o tempo que não agrega valor, a aumentar produtividade e melhorar a qualidade. (Bayo-Moriones, Bello Pintado, & Merino, 2010)

Esta técnica contraria a acumulação de desperdícios ao longo do tempo, que entre diversos problemas causados, contribuem para que o trabalho executado seja menos eficiente (Liker, 2008). Estes desperdícios incluem inventários desnecessários (WIP) e com defeito, ferramentas e equipamentos fora de utilização e, ainda, mesas e estruturas não necessárias (Monden, 1998)

A técnica 5S pode ser resumida da seguinte forma (Al-Aomar, 2011; Ramdass, 2015)

1. Seiri (Organizar) - Organizar para facilitar o armazenamento e recuperação. Identificar tudo o que é desnecessário à realização das operações num determinado posto de trabalho e fazer a separação do que é útil do que não é.
2. Seiton (Arrumar) - Designar e rotular claramente o local de armazenamento, atribuindo uma localização específica para cada material, colocando mais próximo do trabalhador os materiais utilizados com maior frequência. Deve ser tudo mantido no local adequado para eliminar a

necessidade de pesquisa. Identificar com etiquetas todos os materiais e respetivos lugares, verificando que ocupam o lugar certo.

3. Seiso (Limpeza) - Para manter tudo limpo e arrumado.
4. Seiketsu (Normalização) - Para documentar os métodos de trabalho e fazer a parte 5s da cultura da organização.
5. Shitsuke (Autodisciplina) - Formar um hábito de melhoria contínua procedimentos.

Diversos autores acrescentam Segurança à lista anterior como um sexto S. Estes defendem que a segurança não pode ser esquecida nem desagregado dos restantes uma vez que é um fator de igual importância num sistema organizacional. A implementação da técnica 5S promove a criação de um ambiente seguro, mas para tal é essencial garantir que os funcionários utilizem o devido equipamento de proteção para o seu trabalho de forma correta (EPI – Equipamento de Proteção Individual), ou seja capacete, luvas, óculos e calçado. (JIWAT, 2018)

Os programas 5S mais eficientes são os sujeitos a auditorias regulares pela gestão de topo, possibilitando a continuidade da técnica e promovendo a motivação das equipas de trabalho através da atribuição de prémios. As auditorias promovem a responsabilidade dos trabalhadores relativamente ao seu local de trabalho, havendo o cuidado constante em manter o local limpo e organizado. (Liker, 2008)

Outro autor (Monden, 1998), considera que a técnica 5S possibilita a que o trabalhador utilize apenas o que é necessário, no momento necessário e nas quantidades necessárias. Monden afirma ainda que a técnica 5S contribui para a produção de produtos de maior qualidade com tempo de entrega reduzido, ao mesmo tempo que ajuda as organizações a cultivar boas relações com clientes, fornecedores e visitantes.

A gestão visual é fundamental para a execução da técnica dos 5S. Gestão visual é um processo de suporte ao aumento da eficiência de uma empresa, promovendo para que tudo se torne mais visível e lógico (Pinto, 2014).

O conceito de gestão visual foi desenvolvido com o intuito de destacar os problemas associados à produção num posto de trabalho (Transactions & Techniczne, 2013) contribuindo assim nas operações e processos logo que ocorre um problema (Parry & Turner, 2006). Colocar a informação correta às pessoas certas, no tempo certo é uma das variáveis que promovem o aumento de rendimento da empresa (Tezel, Koskela, & Tzortzopoulos, 2009; Torghabehi, Maki, Kurczewski, & Abdekhodae, 2016). As informações podem ser desde placas, linhas, etiquetas ou um código de cores que ajudam o colaborador na procura e elimina a procurar e acumulação de informações e material (Cruz-Machado & Leitner, 2013)

Para apoiar a gestão visual, recorre-se a certas ferramentas que auxiliam os operadores na execução de tarefas e a verificação de existência de anomalias num processo. (Torghabehi et al., 2016)

- **Ferramentas de entendimento dos processos**

Ferramentas de melhor interpretação dos processos. (VSM, fluxogramas)

- **Ferramentas de desempenho dos processos**

Relacionadas com o feedback do desempenho do processo, controlando a eficiência e eficácia. (Kanban, KPIs screen).

Alguns autores defendem que a gestão visual é a base da melhoria contínua (Tezel et al., 2009), dado que promovem a ligação de todos os trabalhadores nas atividades de gestão e melhoria da qualidade dos processos.

### 2.2.3 Standard Work

Standard Work é uma ferramenta Lean fundamental para a redução da variabilidade, possibilitando o fluxo da produção e do JIT (Bicheno, 2004; Resta, Powell, Gaiardelli, & Dotti, 2015). Só é relevante a utilização da uniformização de operações quando certas tarefas são frequentemente repetidas e não atividades casuais. (Resta et al., 2015) Definida por Ohno, esta ferramenta contempla três elementos principais: tempo de ciclo, sequência de trabalho e inventário padrão (Wilson, 2010)

É considerada por Villiers (2008) a combinação mais eficiente entre homem, máquina e material, cujo desempenho termina num conjunto de operações padronizadas simples e visíveis, sendo qualquer desvio visto como uma anomalia.

Como se trata de uma técnica Lean, os principais objetivos da uniformização do trabalho é a eliminação do desperdício (muda) e o aumento da produtividade, com a replicação de um processo de forma disciplinada (Hall, 1998)

Padronizar operações promove a uniformização dos processos, possibilitando aos trabalhadores realizar as mesmas ações para executar o mesmo trabalho. Se repetidas continuamente as tarefas seguindo o mesmo padrão, é possível alcançar um comportamento de rotina. (Hines, Francis, & Found, 2006)

Monden (1998) refere que para se reduzir os custos relacionados com a produção, é fulcral atingir os três principais objetivos do Standard Work:

- Estabelecer um padrão das operações permitindo que a eficiência, sem movimentos desnecessários e com o número mínimo de trabalhadores.

- Balancear as linhas de produção para tornar o tempo de produção constante em todas os postos de trabalho, introduzindo o conceito de tempo de ciclo nas operações;
- Garantir a quantidade mínima de stock no processo, determinando o número mínimo de unidades necessárias para executar as operações padrão.

Existem quatro regras para as organizações conseguirem implementar uma padronização do processo. (Spear & Bowen, 1999)

- **Regra um: “How people work”**

A totalidade do trabalho deve ser convenientemente especificado, no que concerne ao seu conteúdo, progresso e output;

- **Regra dois: “How people connect”**

A relação consumidor e fornecedor deve ser direta. Os meios de comunicação para fazer pedidos e obter respostas tem que ser claro;

- **Regra três: “How the Production Line is constructed”**

O percurso de cada produto ou serviço deve ser simples e o mais direto possível;

- **Regra quatro: “How to improve”**

Qualquer tipo de melhoria deve ser executado com recurso a métodos científicos, com a supervisão de um líder, iniciando pelo nível mais baixo da organização.

The Experiments of the Toyota Production System			
When organizations are managed according to the four rules, individuals are repeatedly conducting experiments, testing in operation the hypotheses built into the designs of individual		work activities, customer-supplier connections, pathways, and improvement efforts. The hypotheses, the way they are tested, and the response if they are refuted are summarized below.	
Rule	Hypotheses	Signs of a problem	Responses
1	The person or machine can do the activity as specified.  If the activity is done as specified, the good or service will be defect free.	The activity is not done as specified.  The outcome is defective.	Determine the true skill level of the person or the true capability of the machine and train or modify as appropriate.  Modify the design activity.
2	Customers' requests will be for goods and services in a specific mix and volume.  The supplier can respond to customers' requests.	Responses don't keep pace with requests.  The supplier is idle, waiting for requests.	Determine the true mix and volume of demand and the true capability of the supplier; retrain, modify activities, or reassign customer-supplier pairs as appropriate.
3	Every supplier that is connected to the flow path is required.  Any supplier not connected to the flow path is not needed.	A person or machine is not actually needed.  A nonspecified supplier provides an intermediate good or service.	Determine why the supplier was unnecessary, and redesign the flow path.  Learn why the nonspecified supplier was actually required, and redesign the flow path.
4	A specific change in an activity, connection, or flow path will improve cost, quality, lead time, batch size, or safety by a specific amount.	The actual result is different from the expected result.	Learn how the activity was actually performed or the connection or flow path was actually operated. Determine the true effects of the change. Redesign the change.

Figura 5 – As experiências do TPS (Spear & Bowen, 1999)

Todas as regras impõem que atividades, conexões e fluxos tenham “testes internos” para indicar problemas automaticamente. É a resposta contínua aos problemas, que torna este sistema aparentemente rígido tão flexível e adaptável às circunstâncias em mudança. (Spear & Bowen, 1999)

Os benefícios da implementação desta ferramenta são: (Hall, 1998; Monden, 1998)

- Aumento da produtividade com a diminuição do tempo dos processos;
- Diminuição do tempo de “*changeover*”;
- Maior qualidade, menos defeitos;
- Maior motivação dos trabalhadores;
- Promove a melhoria contínua, melhorando sempre o processo anterior.

#### 2.2.4 One-Piece-Flow

*One-Piece-Flow* juntamente com o conceito de produção puxada, compõem os princípios associados à produção JIT, desenvolvida no Japão. O pioneiro deste conceito foi Henry Ford, que durante o seu trabalho na indústria automóvel, apercebeu-se que a abordagem tradicional da montagem de automóveis em que estes se mantêm fixos enquanto operadores de movimentam entre eles não é a mais benéfica. Esta abordagem trazido por Henry Ford, consistiu em colocar uma corsa para puxar os automóveis ao longo da linha, forçando a que todas as operações fossem executadas num carro de cada vez, diminuindo assim expressivamente o tempo de montagem (William & Miller, 1992).

A abordagem *One-Piece-Flow* permite diminuir expressivamente o stock e os prazos de entrega em comparação com a produção em lotes, dado que num sistema de produção em lotes, quando as operações individuais terminam, o produto fica na linha a aguardar que o restante lote fique concluído. Outra condição favorável desta abordagem é a melhoria da qualidade do produto dado que, quando é detetado um defeito, são implementadas ações corretivas imediatamente (Feld, 2000).

Conceber um sistema de produção com fluxo de peça única (*One-Piece-Flow*) envolve a modificação do desenho do layout, das máquinas e dos equipamentos de forma a produzir uma peça de cada vez, na sequência certa das operações, sem interrupções na cadeia produtiva, desde a matéria-prima até ao produto acabado (Coimbra, 2009).

## 2.2.5 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

*Overall Equipment Effectiveness* (OEE) é uma ferramenta desenvolvida por Nakajima (1988) que permite efetuar a medição quantitativa do desempenho dos equipamentos. Desenvolvida a partir do conceito *Total Productive Maintenance* (TPM), que tem como objetivo maximizar a eficácia operacional dos equipamentos. (Muchiri & Pintelon, 2008)

No mundo atual que é cada vez mais competitivo, uma empresa pretende-se eficiente e eficaz para maior produtividade. Verifica-se que uma utilização eficaz dos recursos como trabalhadores, máquinas, materiais e métodos, origina maior produtividade para as empresas. (Relkar & Nandurkar, 2012)

OEE é uma ferramenta simples e prática de monitorização e melhoria da eficácia dos processos de produção associados a máquinas e equipamentos. Identifica as principais fontes de desperdício, calculando as perdas de produtividade e assinala as áreas onde devem ser desenvolvidas melhorias (Vorne Industries, 2019)

O OEE permite avaliar as condições reais de utilização dos equipamentos de uma indústria, com a quantificação dos índices de disponibilidade do equipamento, desempenho e qualidade. O cálculo do OEE permite desta forma avaliar o grau de conformidade com os requisitos de produção (Santos & Santos, 2007)

$$\text{OEE(\%)} = \text{Disponibilidade} \times \text{Desempenho} \times \text{Qualidade}$$

Nakajima (1988) definiu seis perdas relacionadas com os equipamentos:

- Falha dos equipamentos é dividido em duas categorias:
  - perdas de tempo devido à redução da produtividade;
  - perdas de quantidade quando os produtos têm defeito;
- Tempo de setup da máquina, origina tempos de inatividade e defeitos no produto consequentes do ajuste da máquina para a preparação de outro produto;
- Pequenas perdas ocorrem devido à interrupção da produção por mau funcionamento temporário da máquina ou pelo ritmo de produção mais lento;
- Perdas de velocidades da máquina devido à diferença entre a velocidade operacional projetada para a máquina e a velocidade operacional real;
- Redução do rendimento da máquina que ocorre nas fases iniciais de produção, desde que a máquina inicia a produção até esta estabilizar;
- Defeitos de qualidade e retrabalho são considerados perdas de qualidade, provocadas por equipamentos produtivos em mau funcionamento.

O mesmo autor considera que o OEE permite identificar custos escondidos nas indústrias sendo a meta pretendida um OEE de 85%, valor considerado ideal para um desempenho eficaz dos equipamentos.

### 2.3 Balanceamento de linhas de produção

Um dos princípios do *Lean Thinking* é a criação de fluxo na cadeia produtiva, sendo o balanceamento de linhas de produção um elemento basilar (Coimbra, 2009). Basicamente o balanceamento compreende na sequenciação de postos de trabalho juntamente com a atribuição de tarefas a cada posto, de forma a satisfazer as respetivas relações de precedência e otimizar medidas de desempenho (Erel & Sarin, 1998). A atribuição deve ser executada de forma a garantir o equilíbrio entre todas os postos, tendo por base o conceito de *Takt Time* (TT) (Figura 6).

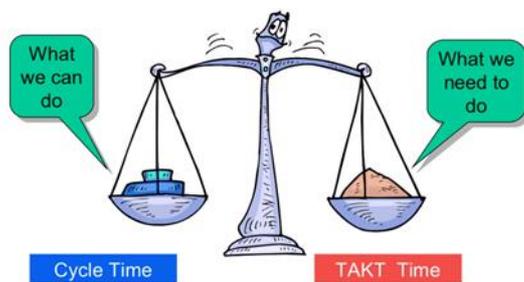


Figura 6 – *Takt Time* vs. Tempo de ciclo (Latestquality, 2018)

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Total Available Production Time}}{\text{Average Customer Demand}}$$

Figura 7 – Cálculo do *Takt Time* (kanbanize, 2020)

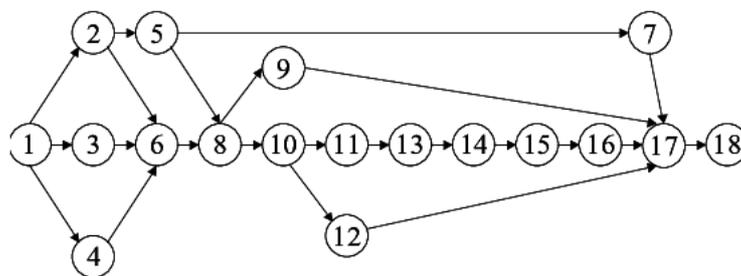
*Takt Time* é ritmo colocado pelo cliente ao fluxo de trabalho, significando que cada posto de trabalho deve terminar as respetivas tarefas mediante esse ritmo (Coimbra, 2009). Corresponde ao tempo determinado pelo pedido feito pelo cliente, refletindo-se no ritmo de trabalho que esse pedido determina no fluxo produtivo. O TT calcula-se através divisão do número de horas de trabalho diárias pelo total de unidades de trabalho necessárias para um dia (Figura 7), não se considerando os intervalos, pausas de almoço, entre outros (Pinto, 2014).

A determinação do balanceamento deseja minimizar o número de postos de trabalho, reduzir o tempo de inatividade homem-máquina e aumentar a taxa de produção. Tem como objetivo agrupar capacidades e trabalhadores num padrão eficaz, otimizando os fluxos de produção e os processos de montagem (Kumar & Mahto, 2013).

Tendo em consideração que o balanceamento é um processo bastante subjetivo, requer um elevado conhecimento prévio acerca do produto, layout, processos, materiais e ferramentas utilizadas na linha e, ainda, o levantamento de todas as informações pertinentes para a execução das tarefas. Vulgarmente

inicia-se o balanceamento com a elaboração de um cronograma produtivo, uma listagem de todas as operações intrínsecas à execução do produto e uma tabela referente aos tempos-padrão de cada operação (Schofield, 1979).

Nomeia-se por *Assembly Line Balancing Problem* (ALBP) o problema de decisão associado ao estudo de um balanceamento de linhas. Qualquer tipo de ALBP fundamenta-se na descoberta de uma solução viável para o equilíbrio da linha, recorrendo a um gráfico de precedências (Figura 8) onde se sintetiza a informação necessária para a resolução do problema. O gráfico inclui, nós em forma de círculos para cada tarefa do processo, o tempo de execução de cada tarefa, no interior de cada nó e setas que representam as precedências obrigatórias entre as tarefas (Becker & Scholl, 2006).



**Figura 8** – Exemplo de gráfico de precedências (Insa, Pedro, Sabater, & Romano, 2005)

De forma a obter-se um balanceamento exequível e estável é fundamental que nenhuma precedência seja desobedecida e que o Tempo de Ciclo (TC) de cada posto de trabalho, seja o mais próximo possível do TT, sem nunca o superar (Boysen, Fliedner, & Scholl, 2007).

O balanceamento de linhas tem como objetivo utilizar operadores e máquinas de forma eficiente, ao mesmo tempo que torna mais flexível o sistema produtivo. Balancear uma linha de produção com menos recursos tem sido um problema importante na indústria (Ağpak & Gökçen, 2005)

A variação dos tempos de realização das tarefas é outro parâmetro que contribui para a existência de diferentes versões de ALBP. As tarefas simples ou postos de trabalho bastante automatizados apresentam uma variância de tempos relativamente baixa, designando-se por tempos determinísticos. Tarefas executadas com alguma mutabilidade, devido à desmotivação ou falta de experiência do trabalhador provocam uma variância de tempos a ter em consideração, designando-se estes por tempos estocásticos (Becker & Scholl, 2006).

Entre todos os tipos de problemas ALB (*Assembly Line Balancing*), o mais usual é o SALB (*Single Assembly Line Balancing*). Não obstante, este método apresenta limitações dado que não reflete a

complexidade de um balanceamento de linhas em contexto real. Existe um conjunto de extensões ao tipo de problema SALB que procuram solucionar situações mais complexas. No entanto, o método de resolução de problemas SALB continua a ser considerado o centro do estudo de balanceamento de linhas de produção (Boysen et al., 2007).

## **2.4 Mass customization**

A *Mass Customization* é um conceito importante de negócio que inúmeras marcas têm vindo a adotar, sendo transversal para o marketing no desenvolvimento de linhas de produtos e serviços, durante o processo de reconhecimento do público-alvo de uma marca ou empresa. (Martin, 2015)

Este conceito refere-se ao desenvolvimento, produção, marketing e entrega de um produto ou serviço personalizado que oferece várias opções de personalização, permitindo ao consumidor encontrar exatamente o que precisa a um preço aceitável. (Joseph et al., 1993)

A MC tornou-se um paradigma predominante de fabrico a partir do final da década de 80 dos anos 20, numa tentativa de oferecer produtos personalizados com um custo aproximado aos produtos fabricados em massa. (Peeples, 1993)

A transição de paradigmas entre a *Mass Production* para a *Mass Customization*, levou até ao consumidor um aumento significativo de variedade de produtos oferecidos, motivados pelo desejo de dar resposta às necessidades e preferências dos consumidores e à concorrência no mercado. (Hu et al., 2011)

Enquanto alguns fabricantes tentavam adaptar os seus produtos para satisfazer as necessidades de mercado, mais variedades foram criadas com base em certos projetos base. (Hu et al., 2011)

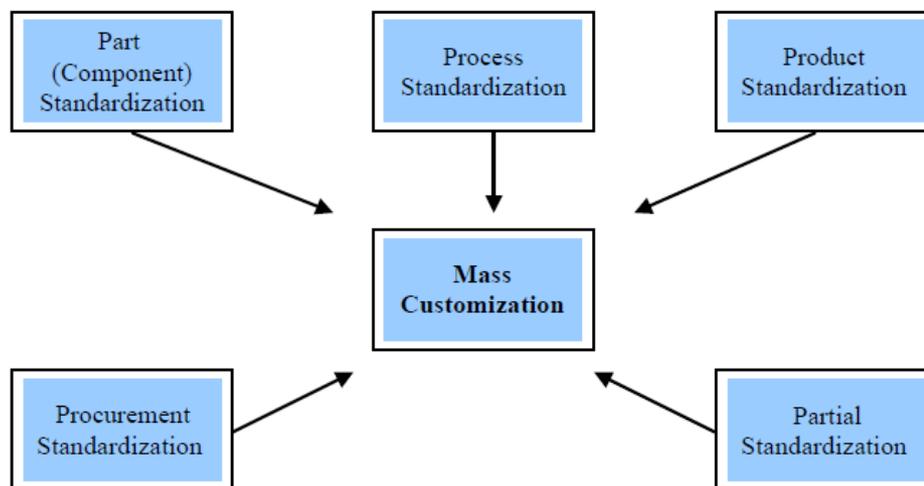
Atualmente a MC é uma solução de marketing útil para reter consumidores e construir uma relação de longo prazo. Produtores e consumidores convivem num processo de cocriação, tendo os consumidores oportunidade de comparar produtos mais favoráveis aos seus gostos, estando dispostos a pagar custos extra para essa personalização. Esta sinergia, leva os produtores a obter informações sobre diferentes níveis de preferências dos clientes. Consequentemente, são capazes de oferecer uma experiência de compra altamente personalizada. (Endo & Kincade, 2008)

Na Figura 9 é possível verificar um objeto do quotidiano com diversas opções de cor, adaptando-se às necessidades e gostos do consumidor.



**Figura 9** - Exemplo de um produto disponível em diversas cores

#### 2.4.1 Métodos para obter *Mass Customization*



**Figura 10** – Métodos para alcançar a *Mass Customization* (Selladurai, 2004)

A Figura 10 representa os métodos operacionais que facilitam o conceito de *Mass Customization* na prática. Estes incluem quatro abordagens de padronização - padronização de peças, padronização de processos, padronização de produtos e padronização de compras (Swaminathan, 2001). Quando uma empresa usa componentes comuns a diversos produtos, alcança vários benefícios, diminuindo custos devido às economias de escala, reduz stocks, e melhora a previsão das necessidades dos componentes. Robertson e Ulrich (1998) fizeram a distinção entre os componentes comuns serem internos ou externos. Os autores afirmam que se houver componentes comuns internos (por exemplo, fios escondidos sob o capô de um automóvel) em vez dos componentes externos (como o painel), é menos óbvio para os clientes, não diferenciando os produtos.

O risco da baixa diferenciação do produto, pode levar a uma canibalização do produto - público-alvo não percebe a diferenciação dos produtos (Selladurai, 2004).

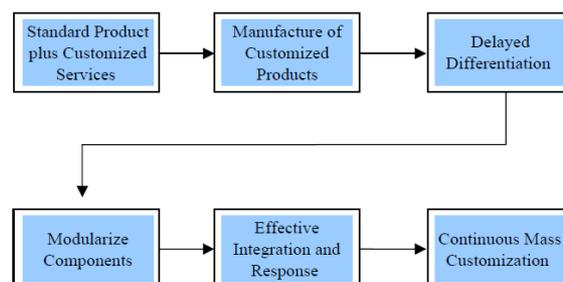
Para além disto, a *Mass Customization*, é facilitada através do uso da padronização de processos. Quando as empresas podem atrasar a personalização para o mais tarde possível no processo, estas podem fazer uso dos muitos benefícios da padronização de processos. A HP (Hewlett-Packard), adiciona alguns de seus componentes como os manuais de utilização e fontes de alimentação nas impressoras a serem enviadas para os mercados europeus nos centros de distribuição na Europa, atrasando sua personalização até as últimas etapas da produção e distribuição (Feitzinger & Lee, 1997).

A padronização de produtos, permite às empresas uma variedade de produtos, mas o stock apenas de alguns deles (itens padronizados), usando o Regra 80/20. Se os clientes solicitarem produto que não estão em stock, a empresa pode produzi-los depois de receber esse pedido ou usar um processo denominado de “Downward substitution” para dar resposta a esse pedido. (Selladurai, 2004).

A padronização de compras, permite às empresas comprarem equipamentos e componentes comuns para realizar as operações. Apesar da variedade de produtos fabricados, estes precisam de equipamentos de produção semelhante e um conjunto partilhado de componentes, permitindo à empresa de beneficiar com a redução de custos na compra de matérias pois são em larga escala.

Para além das quatro abordagens já mencionadas, existe ainda a padronização parcial. Esta, permite às empresas oferecer aos clientes um número limitado de opções mantendo os produtos padronizados. Exemplo disso, verificamos na industrial automóvel que o cliente escolhe a cor do carro a partir de uma lista definida pela marca (preto, branco, verde, azul, vermelho e cinza) assim como, tamanho da jante (17 a 20 polegadas por exemplo) entre outros. O cliente pode seleccionar um produto padronizado, mas pode personalizar a sua compra porque pode escolher um conjunto de opções pré-seleccionadas pelo fabricante.

Pine (1995), debateu cinco formas que permitem a transição de uma empresa de produção em massa (MP) para a personalização em massa (MC). Inclui a personalização dos serviços em torno dos produtos padrão, produzindo produtos personalizáveis, fornecendo diferenciação atrasada, garantindo resposta rápida às necessidades do cliente e modularizando componentes. Pine sustentou que quase todas as empresas seguem esse caminho de progressão em direcção à personalização em massa (Figura 11).



**Figura 11** - Sequência do desenvolvimento da padronização para a customização em massa.

#### 2.4.2 Benefícios da Mass Customization

Após diversas pesquisas Ahlstrom e Westbrook (1999) descrevem os principais benefícios da mass customization:

- Aumento da satisfação do cliente;
- Aumento da participação de mercado;
- Aumento do conhecimento do cliente;
- Redução do tempo de resposta ao pedido;
- Redução dos custos de fabrico;
- Aumento do lucro.

Dignan (2002) referiu algumas das principais medidas de sucesso num artigo, onde refere a Dell como exemplo de sucesso, especialmente em termos de eficiência. Os níveis stock são de quatro dias, aproximadamente 90% dos componentes são comprados on-line, cada fábrica recebe novos componentes a cada duas horas, o inventário de componentes é medido em horas e não em dias, o número de etapas num processo de produção foram cortados em 50%, o índice de despesas é o mais baixo do setor, com cerca de 9%; e suas redes de distribuição e fornecedores altamente integradas dão à empresa uma grande vantagem competitiva sobre sua concorrência. Outro exemplo referido pelo autor, destaca que após os ataques de 11 de setembro de 2001, as restrições de viagens aéreas e fronteiras afetaram as redes de distribuição de todas as empresas americanas. Contudo, a Dell conseguiu identificar rapidamente onde a produção seria afetada e aumentou sua produção nas fábricas europeias e asiáticas. Priorizou os pedidos dos clientes de acordo com a importância e conseguiu entregar rapidamente e atender às necessidades de muitas empresas que haviam perdido milhares de computadores no ataque.

#### 2.4.3 Desvantagens da Mass Customization

Ahlstrom e Westbrook (1999), na mesma pesquisa descrevem algumas desvantagens descritas pelas empresas da mass customization:

- Aumento do custo do material;
- Aumento do custo de fabrico;
- Entregas fora do prazo;
- Desempenho do fornecedor;
- Aumento no tempo de resposta aos pedidos do cliente;

- Redução na qualidade do produto.

Aparentemente, a maioria dessas desvantagens são relacionadas com os custos. Embora o custo possa ser uma vantagem da customização em massa, por vezes também pode ser uma desvantagem devido ao custo premium que o sistema de produção incide por incluir a flexibilidade da customização e sacrificar algum grau de eficiência de custo que geralmente está associado à padronização. Além disso, o processo de produção na maioria das empresas pode não ter evoluído totalmente para um processo de personalização em massa, continuando a produzir lotes de produtos standard.

A Toyota Motor Company refere ainda que os custos de produção dispararam (Joseph et al., 1993). Especialistas da Toyota afirmam que, além da recessão do Japão e da economia em declínio, algumas dificuldades enfrentadas pelas práticas de implementação da *MC* também estavam a contribuir para a redução do lucro da Toyota e a força competitiva em declínio. A Toyota descobriu da pior forma que a *MC* é claramente diferente da melhoria contínua. Descobriram que tanto a melhoria contínua como a *MC* precisam de estruturas organizacionais, valores, funções e sistemas de gestão muito diferentes, técnicas de aprendizagem e relacionamento com os clientes (Joseph et al., 1993).

### **3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA**

Neste capítulo será feita uma breve apresentação da empresa na qual se desenvolveu a presente dissertação. O capítulo inicia-se com uma breve descrição da empresa, seguindo-se uma explicação dos principais produtos e serviços, organização, marcas e mercados.

Posteriormente, apresenta-se o *layout* geral, onde são representadas as áreas produtivas e faz-se uma caracterização dos principais processos produtivos. Por último, aborda-se a estratégia de planeamento da produção adotada pela empresa.

#### **3.1 Identificação e localização**

Fundada em Vila Nova de Gaia, nos anos 60 do século XX por Osvaldo de Araújo Guimarães e Matos, a Osvaldo Matos, S.A. estabeleceu-se no sector dos artigos em plástico, mais especificamente no fabrico de cones de bobinas para a indústria têxtil, sempre com o instinto de colocar o cliente no centro do seu trabalho e criar soluções à medida, iniciando uma reputação de flexibilidade.

Face à crescente saturação do mercado tradicional da empresa nos anos 70, a Osvaldo Matos, S.A. passa a fabricar difusores de plástico para o setor da iluminação, aproveitando a oportunidade de mercado existente para estes componentes.

A experiência obtida na área dos difusores e o conhecimento adquirido ao nível dos produtos e do mercado da iluminação, levaram a que a Osvaldo Matos viesse a apostar, a partir do início dos anos 80, no fabrico e comercialização de soluções de iluminação.

Na década de 90 desenvolve várias parcerias internacionais e começa a destacar-se na área dos projetos de iluminação para centros comerciais, escolas, museus, hotéis e outros espaços públicos de qualidade. Nesta nova fase, a Osvaldo Matos fomenta a relação de parceria com grandes nomes da arquitetura nacional, como Siza Vieira, Souto de Moura e Fernando Távora. Foi ainda no final dos anos 90 que iniciou o seu processo de internacionalização com a exportação de soluções de iluminação para clientes nacionais com projetos noutros países.



**Figura 12** - Fotografia exterior das instalações atuais da Osvaldo Matos

Em 2012 é feita a mudança para as novas instalações (Figura 12) e é estabelecida a O/M light, marca premium dedicada ao desenvolvimento de luminárias com ótimo conforto visual e controlo luminoso preciso, com o intuito de dar resposta à exigência do mercado internacional.

Atualmente uma rede europeia de distribuidores difundem a marca O/M light, para além da unidade fabril e escritório no Brasil.

### **3.2 Visão e missão**

A visão da Osvaldo Matos é ser uma marca reconhecida no setor da iluminação, não só pelo seu conhecimento técnico no domínio da luz, como também pelo seu património histórico de experiência na conceção, produção, distribuição, instalação e pós-venda, como pela capacidade técnica e abordagem criativa das suas equipas. A sua missão é desenvolver soluções de iluminação eficazes e criativas, em parceria com os seus clientes, criando produtos de elevada qualidade. É também estudar e compreender a luz, apoiando o cliente no desenvolvimento da solução mais eficaz, trabalhando para a integração entre a luz e arquitetura, através do design industrial.

### 3.3 Produtos e marcas

A Osvaldo Matos oferece uma vasta gama de produtos e serviços de iluminação, sempre com o intuito de satisfazer as necessidades dos clientes. Sob a marca O/M, são oferecidas luminárias para centros comerciais, escolas, museus, hotéis e outros espaços públicos (Tabela 1)

**Tabela 1** - Descrição da gama de produtos da O/M light

Gama	
Pro	 <p data-bbox="432 786 1401 840">Luminárias de alto rendimento construídas com sistemas óticos avançados.</p>
Spot On	 <p data-bbox="432 1048 1401 1099">Luminárias de realce e iluminação de percursos.</p>
Linear&Sys	 <p data-bbox="432 1317 1401 1368">Luminárias lineares em perfil de alumínio ou em policarbonato.</p>
Diffuse	 <p data-bbox="432 1585 1401 1637">Iluminação decorativa projetada por arquitetos de renome portugueses.</p>
Safe	 <p data-bbox="432 1854 1401 1897">Sistemas de iluminação de emergência minimalistas.</p>

A Osvaldo Matos S.A., enquanto prestadora de serviços em projetos de iluminação, tem a sua marca própria de fabrico de produtos de iluminação, e representa um conjunto de marcas internacionais em Portugal, que proporcionam à empresa, oferecer uma vasta gama de artigos diferenciados aos seus clientes. (Figura 13)



**Figura 13** - Marca Osvaldo Matos e marcas representadas

### **3.4 Layout e processo produtivo**

A estrutura organizacional da empresa baseia-se numa gestão vertical, integrando os processos necessários para o desenvolvimento e fabrico dos seus produtos. A produção da empresa, esta distribuída por dois pavilhões. O primeiro desempenha a função de armazém de matérias primas de grandes dimensões (perfis, tubos, difusores, embalagens), como receção de matérias primas e expedição de produtos finais. Paralelamente, no piso superior, existe um laboratório fotométrico.

No segundo pavilhão encontra-se alocado os escritórios, armazém e produção (Figura 14).



**Figura 14** - Fábrica e armazém Osvaldo Matos

A produção da Osvaldo Matos encontra-se dividida por secções e por pisos. No piso -1, encontra-se a serralharia. No piso 0, integra as operações de pintura, montagem e eletrificação, embalagem e controlo, e um segundo armazém de matérias-primas (Figura 15).



**Figura 15** - Piso -1 e Piso 0 da unidade de produção

## **4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE CRÍTICA DA SITUAÇÃO ATUAL**

Neste capítulo, é apresentado uma análise de todo sistema produtivo da Osvaldo Matos. Inicialmente é elaborado um estudo de forma a perceber nos últimos dois anos, quais as famílias de produtos com maior faturação e ao mesmo tempo, perceber qual a percentagem de produtos customizados e standard produzidos no mesmo período.

É realizada uma descrição do tipo de encomendas e seus procedimentos, assim como do planeamento da produção.

É realizada uma descrição detalhada da linha, onde será acompanhada a produção de produtos vários, seguida de uma análise crítica da situação inicial. Termina-se este capítulo com a identificação dos principais problemas, para os quais são apresentadas propostas de melhoria no capítulo posterior.

### **4.1 Estudo e análise da produção pela faturação**

Como já foi abordado nos capítulos anteriores, o principal fator de diferenciação da Osvaldo Matos é a capacidade de responder às necessidades do cliente no que respeita à oferta de soluções de iluminação. Esta característica que define e distingue a marca, tem trazido nos últimos períodos uma percepção que para responder a estas necessidades, os prazos de entrega dos produtos standard, têm se tornado demasiado extensos. A internacionalização da empresa e a crescente procura, tem aumentado de ano para ano a faturação e conseqüentemente a produção, não estando a empresa a corresponder com os parâmetros que os clientes estão habituados na concorrência no que respeita a tempos de entrega, onde por exemplo, um concorrente consegue dar resposta em 2 semanas, a Osvaldo Matos está à data a demorar 4 a 8 semanas.

Tendo em conta esta realidade, foi necessário fazer o levantamento da tipologia de produtos, onde se analisou todas as referências produzidas nos anos de 2017 e 2018. Após este levantamento, as referências foram separadas por gama e posteriormente por tipo de produto, ou seja, *standard* ou *custom*.

#### 4.1.1 Recolha e análise de dados

- Ano 2017

Após recolhido os dados no sistema de gestão foi feita uma tabela que contém as seguintes colunas:

- Família de produtos;
- Produto;
- Percentagem de vendas do produto na família;
- Percentagem de vendas standard na família;
- Percentagem de vendas de produtos *Custom* na família.

Tendo em conta que os produtos estão divididos por famílias, a análise será feita considerando a mesma divisão.

Iniciando esta análise pela família Pro, verifica-se que esta tem um peso de 21.7% na totalidade de produtos O/M. No que respeita ao nível de customização, esta família teve na sua totalidade 57.8% de pedidos customizados face a 42.2% de vendas standard. (Tabela 2)

**Tabela 2** - Valores contabilizados para a família Pro (2017)

Família	Produto	Percentagem Vendas	Percentagem Vendas Standard	Percentagem Vendas Custom
Pro	One	21,7%	42,2%	57,8%
	Base Plus			
	Tua			
	Uw			
	Tubo Evo			
	inVision			

A família Spot On, é representativa de 5.8% no valor total das vendas de produtos O/M. Relativamente à customização teve apenas no ano em análise, 31.8% face a 68.2% de vendas standard. (Tabela 3)

**Tabela 3** - Valores contabilizados para a família Spot On (2017)

Família	Produto	Percentagem Vendas	Percentagem Vendas Standard	Percentagem Vendas Custom
Spot On	Onit	5,8%	68,2%	31,8%
	Beam			
	Base			
	Dot			

A família seguinte, é a que representa maior peso nas vendas de produtos O/M com 56.9%. A percentagem de customização é de 55.6% face a 44.4% de vendas standard (Tabela 4).

**Tabela 4** - Valores contabilizados para a família Linear&Sys (2017)

Família	Produto	Percentagem Vendas	Percentagem Vendas Standard	Percentagem Vendas Custom
Linear&Sys	O975	56,9%	44,4%	55,6%
	Tubo 50			
	Tubo 70			
	nUde			
	U35			
	U45			
	U60			
	U120			
	Uin			
	U2			
	H45			
	H60			
	MGB			
	Limit			
Edge				

A penúltima família em análise é a Diffuse com um peso de 8.5% nas vendas totais. Tendo em conta a tipologia de produtos (produtos de autor), esta família tem praticamente a totalidade das vendas como produtos standard. (Tabela 5)

**Tabela 5** - Valores contabilizados para a família Diffuse (2017)

Família	Produto	Percentagem Vendas	Percentagem Vendas Standard	Percentagem Vendas Custom
Diffuse	Sky	8,5%	99,9%	0,1%
	Aleixo			
	Barcelos			
	Caracol			
	Esquadro			
	Flap			
	Leaf			
	UpLik			
	Line			
	Simple			
	Lecture			

A última família em análise é a Safe, com um peso de 7.1% das vendas. A customização neste capítulo também pelo tipo de produtos não tem impacto representando apenas 0.5% do total das vendas da família. (Tabela 6)

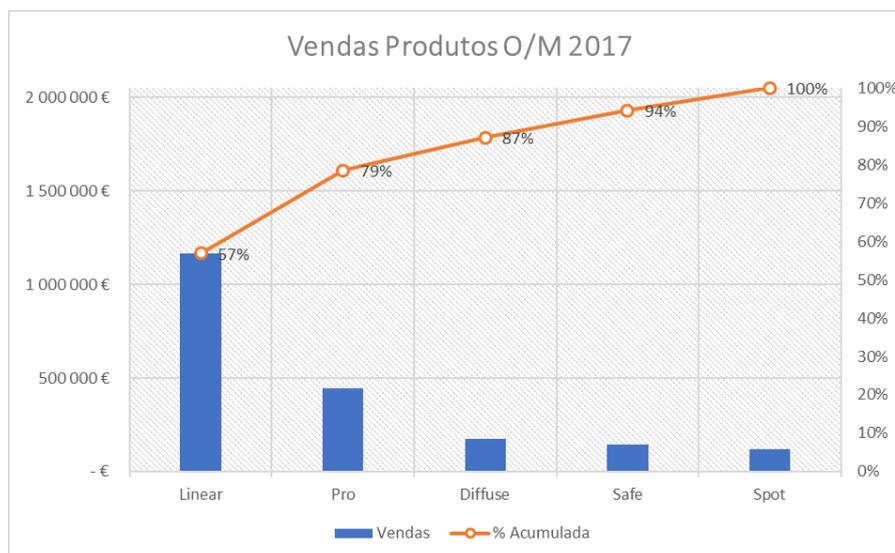
**Tabela 6** - Valores contabilizados para a família safe (2017)

Família	Produto	Percentagem Vendas	Percentagem Vendas Standard	Percentagem Vendas Custom
Safe	AS	7,1%	99,5%	0,5%
	BS			
	LS			
	OS			

A fim de se verificar as famílias com maior impacto na produção, realizou-se um diagrama de Pareto que se ilustra na Tabela 7 e Figura 16.

**Tabela 7** - Dados totais das vendas de produtos O/M em 2017

Gama	%	% Acumulada
Linear	57%	57%
Pro	22%	79%
Diffuse	8%	87%
Safe	7%	94%
Spot	6%	100%



**Figura 16** - Diagrama de Pareto das vendas dos produtos O/M em 2017

A partir da Figura 16, verifica-se que as famílias com maior impacto nas vendas são a Linear e Pro. Estas famílias, são as que também representam maior índice de pedidos customizados.

- Ano 2018

Para o ano de 2018, repetiu-se a mesma análise, recorrendo aos dados de vendas para o respetivo ano. Iniciando a análise pela família Pro, verifica-se em primeiro lugar, que esta tem novos produtos, lançados no ano em estudo. Esta família tem um peso de 24.4% na totalidade de produtos O/M, o que representa um aumento face ao ano anterior. No que respeita ao nível de customização, esta família teve na sua totalidade 70.5% de pedidos customizados, face a 29.5% de vendas standard. (Tabela 8)

**Tabela 8** - Valores contabilizados para a família Pro (2018)

Família	Produto	Percentagem Vendas	Percentagem Vendas Standard	Percentagem Vendas Custom
Pro	One	24,4%	29,5%	70,5%
	One Plus			
	Over			
	inVision			
	inVision Plus			
	Tua			
	Uw			
	Tubo Evo			
	Base Plus			

Na família Spot On, esta representa 8.4% no valor total das vendas de produtos O/M. Relativamente à customização teve apenas no ano em análise, 7.9% face a 92.1% de vendas standard. (Tabela 9)

**Tabela 9** - Valores contabilizados para a família Spot On (2018)

Família	Produto	Percentagem Vendas	Percentagem Vendas Standard	Percentagem Vendas Custom
Spot On	Onit	8,4%	92,1%	7,9%
	Beam			
	Base			
	Dot			

Na família seguinte, face a 2017 esta continua a ser a que representa maior peso nas vendas de produtos O/M com 50.4%. A percentagem de customização é de 64.0% face a 36.0% de vendas standard. (Tabela 10)

**Tabela 10** - Valores contabilizados para a família Linear&Sys (2018)

Família	Produto	Percentagem Vendas	Percentagem Vendas Standard	Percentagem Vendas Custom
Linear&Sys	O975	50,4%	36,0%	64,0%
	Tubo 50			
	Tubo 70			
	nUde			
	U35			
	U45			
	U60			
	U120			
	Uin			
	U2			
	H45			
	H60			
	MGB			
	Limit			
Edge				

Na análise da família Diffuse com um peso de 7.9% nas vendas totais, houve um aumento face a 2017 da customização passando a representar 14.9%. (Tabela 11)

**Tabela 11** - Valores contabilizados para a família Diffuse (2018)

Família	Produto	Percentagem Vendas	Percentagem Vendas Standard	Percentagem Vendas Custom
Diffuse	Sky	7,9%	85,1%	14,9%
	Aleixo			
	Barcelos			
	Caracol			
	Esquadro			
	Leaf			
	Up-Lik			
	Line			
	Simple			
	Lecture			

A última família em análise, verifica-se um aumento do peso das vendas, passando a representar 9% das vendas. A customização neste capítulo também viu aumentar o seu peso para 3.8% face a 2017. (Tabela 12).

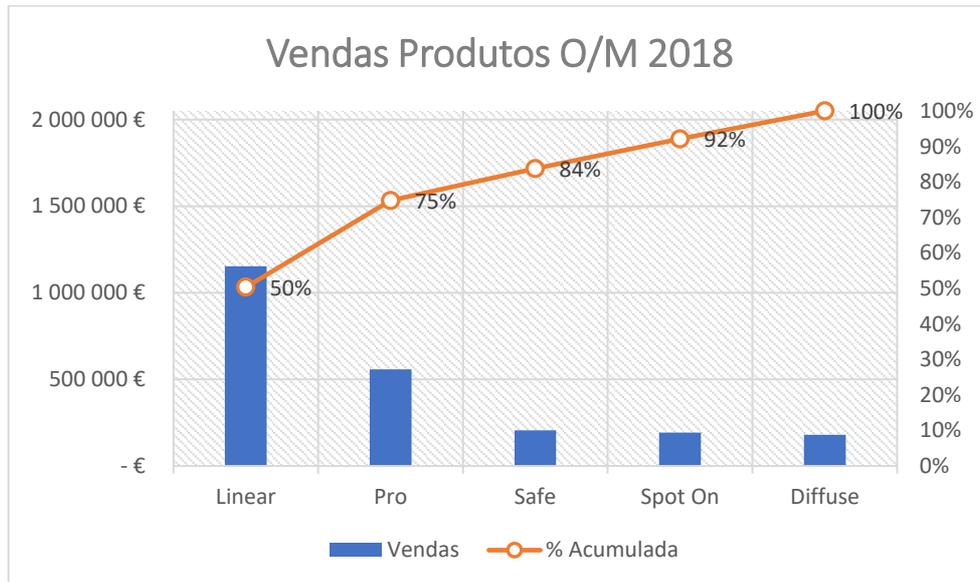
**Tabela 12** - Valores contabilizados para a família Safe (2018)

Família	Produto	Percentagem Vendas	Percentagem Vendas Standard	Percentagem Vendas Custom
Safe	AS	9%	96,2%	3,8%
	BS			
	LS			
	OS			

Em semelhança a 2017, volta-se a verificar as famílias com maior impacto na produção, e realiza-se um diagrama de Pareto que se ilustra na Tabela 13 e Figura 17.

**Tabela 13** - Dados totais das vendas de produtos O/M em 2018

Gama	%	% Acumulada
Linear	50,4%	50%
Pro	24,4%	75%
Safe	9,0%	84%
Spot On	8,4%	92%
Diffuse	7,9%	100%



**Figura 17** - Diagrama de Pareto das vendas dos produtos O/M em 2018

A partir da Figura 17, verifica-se que as famílias com maior impacto nas vendas são a Linear, Pro e Safe. Estas famílias, são as que também representam maior índice de pedidos customizados à exceção da Safe, que apesar de não ser a mais representativa nos pedidos customizados, apresentam um aumento de pedidos face a 2017.

#### 4.1.2 Conclusão

Após a recolha e análise dos dados, verifica-se existe um aumento da procura por produtos customizados de 2017 para 2018 tal como se verifica na tabela abaixo. (Tabela 14)

**Tabela 14** - Valores contabilizados para a família Pro (2017)

Família	2017			2018		
	Percentagem Vendas	Percentagem Vendas Standard	Percentagem Vendas Custom	Percentagem Vendas	Percentagem Vendas Standard	Percentagem Vendas Custom
Pro	21.7%	42.2%	57.8%	24.4%	29.5%	70.5%
Spot On	5.8%	68.2%	31.8%	8.4%	92.1%	7.9%
Linear&Sys	56.9%	44.4%	55.6%	50.3%	36%	64%
Diffuse	8.5%	99.9%	0.1%	7.9%	85.1%	14.9%
Safe	7.1%	99.5%	0.5%	9.0%	96.2%	3.8%
Total	100%			100%		

Este comportamento na procura por produtos à medida do cliente, leva a concluir que deve haver maior preocupação por parte da empresa, em satisfazer esta necessidade ao cliente, nomeadamente em preparar a estrutura administrativa e de chão de fábrica para reduzir os tempos de entrega, assunto que se detalha no ponto seguinte.

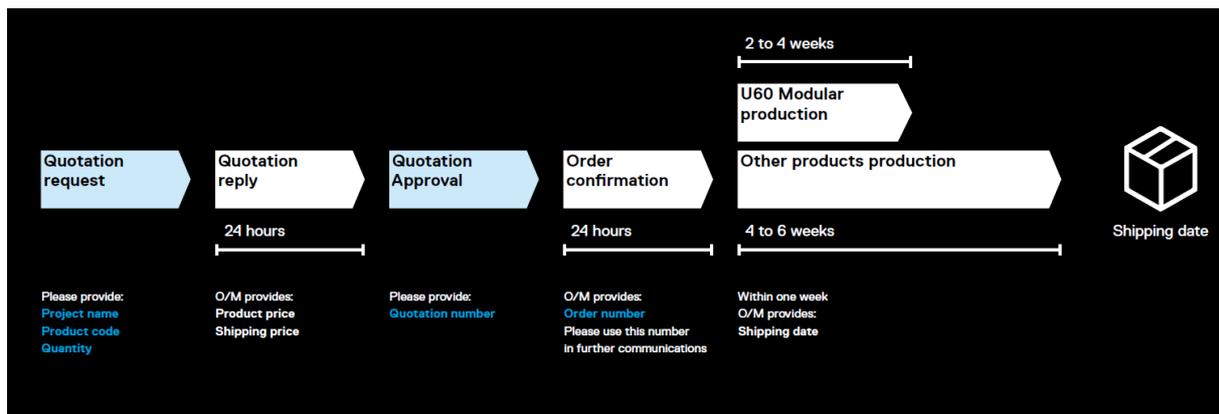
## 4.2 Tratamento de encomendas

Tendo em conta a variabilidade de gamas dos produtos e os diversos pedidos dos clientes em soluções à medida, a estratégia de produção adotada pela empresa baseia-se no sistema Make-To-Order, produzindo mediante encomenda formalizado pelo cliente. Quando o departamento comercial receciona um pedido de encomenda, existem diferentes tipos de encomenda:

- Produtos standard / Catálogo;
- Sistemas Lineares (modelos 29)
- Customizações de produtos standard (modelos 5).
- Produtos totalmente customizados (modelos 6).

Dependendo do tipo de produto, existe um tratamento diferenciado com prazos e passos distintos. De seguida, irá ser feito uma análise aos procedimentos internos com recurso aos documentos existentes da empresa.

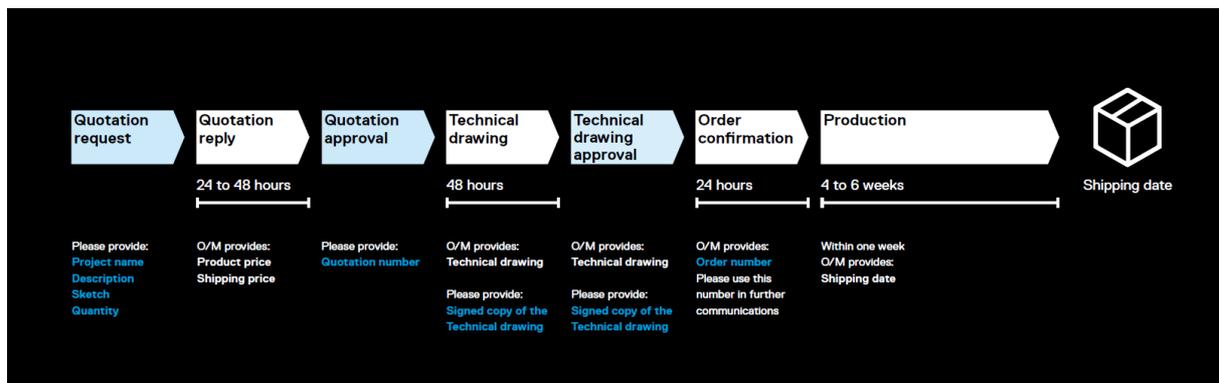
#### 4.2.1 Produtos de catálogo / Standard



**Figura 18** - Ilustração de procedimentos internos para produtos de catálogo

Após a receção da encomenda, é dado ao cliente cotação com o custo (produto e expedição) num prazo de 24 horas. Se aprovado pelo cliente, em 24 horas o apoio ao cliente deve confirmar a encomenda abrindo uma ordem de venda. O período de entrega normal é de 4 a 6 semanas para todos os produtos à exceção da gama U60 modular que é de 2 a 4 semanas. (Figura 18)

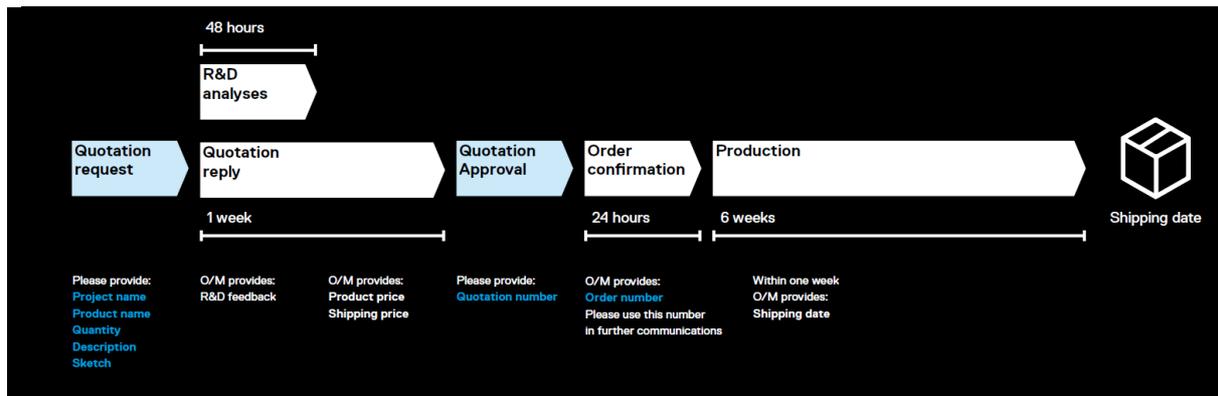
#### 4.2.2 Sistemas Lineares



**Figura 19** - Ilustração de procedimentos internos para sistemas lineares

Neste tipo de produtos, após a receção da encomenda, é dado cotação ao cliente num prazo de 24 a 48 horas com os custos de produto e expedição. Se aprovado pelo cliente, é gerado um modelo 29 pelo comercial responsável pela encomenda a solicitar um desenho do sistema linear ao departamento de I&D. Este desenho é enviado ao cliente para aprovação num prazo de 48 horas. Após a aprovação é executada ordem de venda. O prazo estipulado para envio ao cliente é de 4 a 6 semanas. (Figura 19)

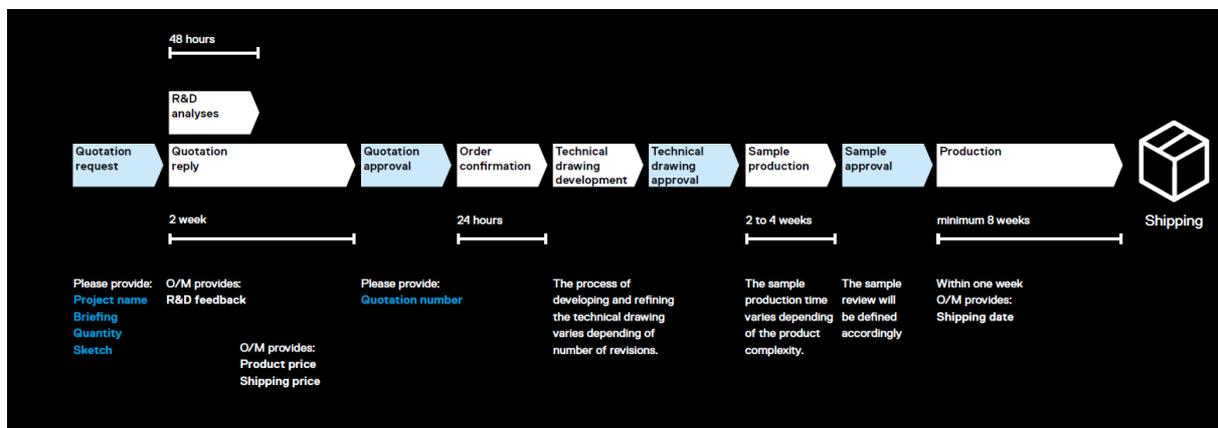
### 4.2.3 Customizações de produtos standard



**Figura 20** - Ilustração de procedimentos internos para customizações de produtos de catálogo

Em casos de receção deste tipo de encomendas, decorre 1 semana até dar cotação ao cliente, uma vez que está estipulado um prazo de 48 horas para prévia análise e validação do departamento de R&D (abertura de um modelo 5 de desenvolvimento) e o restante para elaborar cotação. Se aprovado pelo cliente, é aberta ordem de venda num prazo de 24 horas. O prazo estipulado para produção é de 6 semanas. (Figura 20)

### 4.2.4 Produtos totalmente customizados



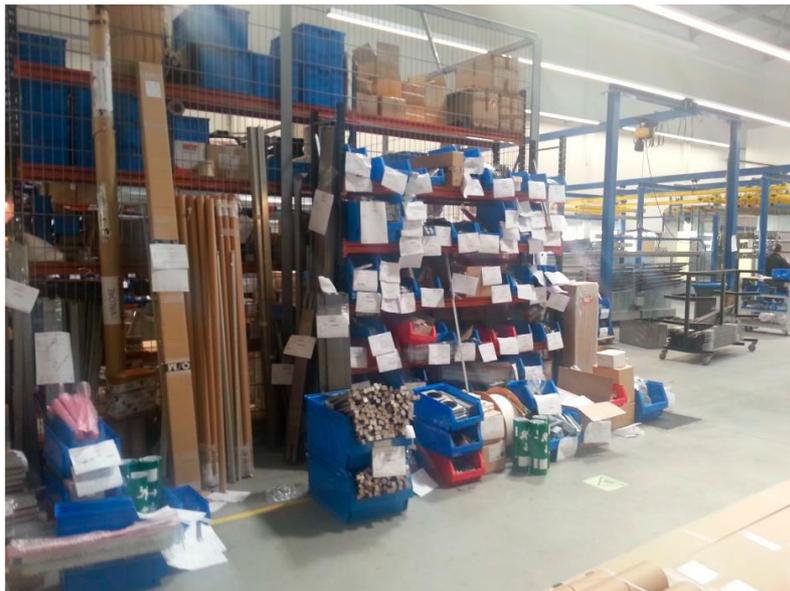
**Figura 21** - Ilustração de procedimentos internos para produtos totalmente customizados

Na receção de encomendas de produtos totalmente customizados, existe 2 semanas até dar cotação ao cliente, dado que está estipulado um prazo de 48 horas para análise e validação do departamento de R&D (abertura de um modelo 6) e o restante para elaborar cotação. Se aprovado pelo cliente, é aberta ordem de venda num prazo de 24 horas. Segue-se um período de desenvolvimento que não está estipulado podendo variar conforme a complexidade do produto e do número de revisões necessárias. O passo seguinte será o fabrico de uma amostra que pode demorar 2 a 4 semanas. Quando a amostra for aprovada pelo cliente, existe um período de pelo menos 8 semanas para produção. Dado que o tempo poderá variar, a data de expedição só é comunicada uma semana antes do envio. (Figura 21)

### 4.3 Planeamento da produção

Como verificado anteriormente, cada encomenda de acordo com a sua tipologia sofre um tratamento diferenciado. Tendo em conta esta variabilidade, é necessário que a produção se sustente num planeamento. O planeamento da encomenda acontece após a emissão da ordem de produção que é feito após a emissão da ordem de venda. Com a ordem de produção emitida em sistema, é executado o MRP (Material Requirement Planning) para verificar as necessidades de matéria-prima. O planeamento tem por base a elaboração de um plano de acordo com as prioridades que se enumeram de seguida: respeitar o prazo de 4 a 8 semanas comunicado ao cliente, disponibilidade de matéria prima (de acordo com o MRP), tipologia de produto, destino da encomenda (nacional ou internacional), necessidade de pintura.

Após o planeamento, as ordens de produção são entregues no armazém para separar o material. Após separação, é colocado em caixas e armazenado no armazém da produção, conforme ilustra a figura seguinte.



**Figura 22** - Armazém de produção com material separado

De seguida, as ordens de produção são passadas ao responsável até se iniciar a produção do respetivo produto, que irá recolher a caixa à prateleira.

## 4.4 Produção

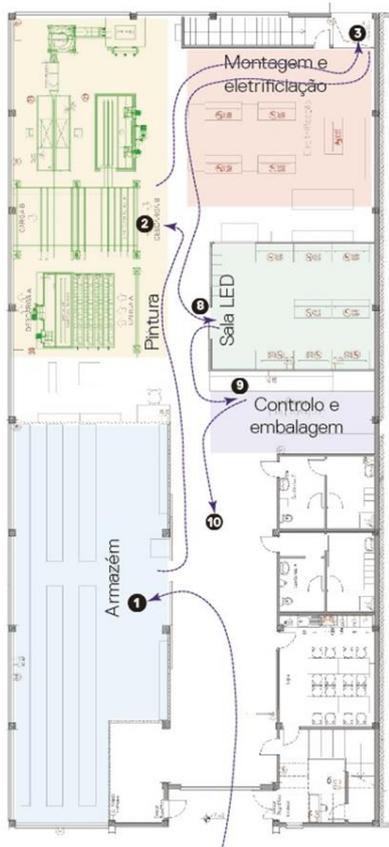
De acordo com a análise elaborada às famílias mais representativas na faturação e na customização no primeiro ponto deste capítulo, será caracterizada neste ponto, a gama operatória de três produtos: Tua e One da família Pro, e U60 da família Linear & Sys. Será representado o fluxo de materiais, o layout da linha de produção e descrito detalhadamente o processo produtivo, assim como os tempos registados para as operações da gama operatória.

### 4.4.1 Tua

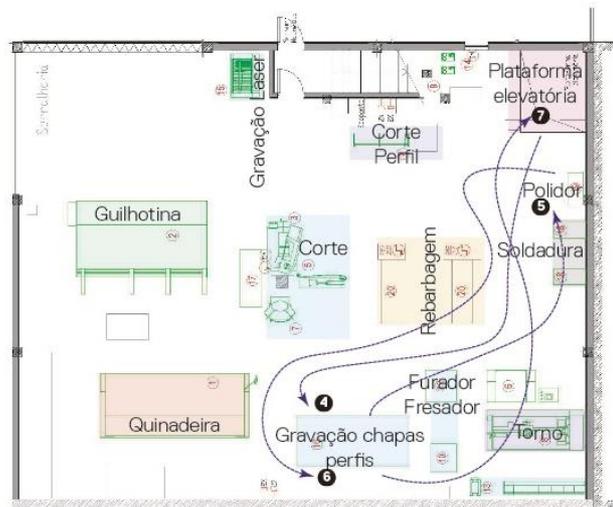
O primeiro produto a ser observado é o Tua da família Pro. Nesta produção serão feitas 30 unidades tratando-se de uma encomenda sem customização. De seguida nas Figura 23 à Figura 25, representa-se o fluxo de material.



**Figura 23** - Fluxo de material entre edifícios



**Figura 24** - Fluxo de produção no piso 0 do chão de fábrica



**Figura 25** - Fluxo de produção na serrallaria

De seguida, analisa-se a gama operatória e descreve-se todos os procedimentos e os tempos registados. Como descrito no capítulo anterior, toda a matéria prima é rececionada no armazém 2, como representado na Figura 23. Depois de rececionado e validado pelo responsável de qualidade, é enviado para a unidade fabril e armazenado no armazém conforme ilustra a Figura 24. Quando a ordem de produção é lançada e feito o planeamento, o responsável de armazém separa o material e coloca em lote que posteriormente armazena no armazém de produção. O produto segue assim o seu fluxo de produção (Figura 24 e Figura 25).

Neste produto, o primeiro processo da gama operatória começa na pintura. Neste processo são pintados 7 componentes. A pintura é um processo totalmente manual composto por três fases. Na primeira fase, o artigo a ser pintado passa por um processo de limpeza e desengorduramento (Figura 26 e Figura 27). Nesta fase, o operador tem que colocar na grua as peças a serem tratadas e vai banhando nas tinas a fim de limpar as impurezas. Neste produto, como as peças têm tratamento cataforese, ou seja, tem um tratamento superficial de anti corrosão, estas não necessitam de limpeza.



**Figura 26** - Desengorduramento das peças



**Figura 27** - Limpeza das peças

A segunda fase do processo de pintura passa, pela preparação e pintura da peça. A preparação varia conforme a peça, mas normalmente implica tapar roscas caso existam, ou outras zonas que não possam ser pintadas. Posteriormente penduram-se as peças no carro de pintura (Figura 28). A pintura acontece, quando todas as peças se encontram penduradas e prontas a pintar. Este processo decorre numa cabine isolada e com pistola manual (Figura 29)



**Figura 28** - Colocação no carro na cabine



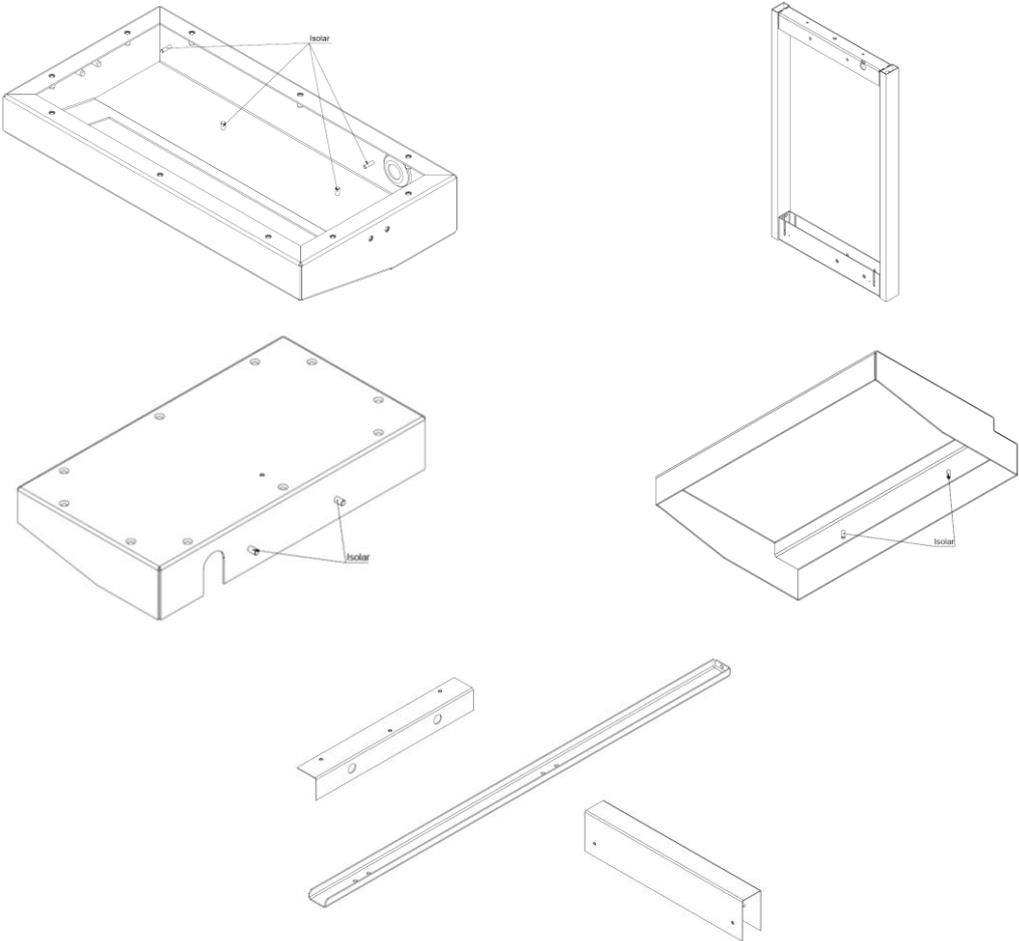
**Figura 29** - Pintura na cabine

A última fase da pintura é a estufa. Depois de a peça estar pintada, o operador retira o carro da cabine de pintura e coloca na estufa que se encontra ao lado durante 15 minutos para curar a tinta (Figura 30).



**Figura 30** - Colocação da peça na estufa de cura

Como já referido anteriormente este produto requer a pintura de sete componentes que se ilustra na Figura 31.

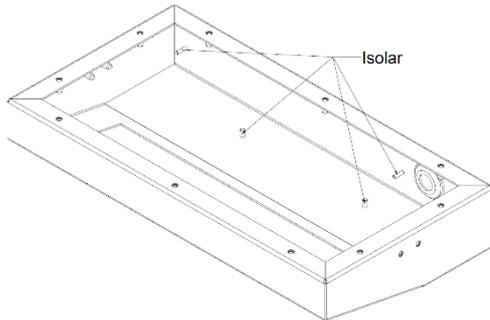


**Figura 31** - Conjunto de peças a serem pintadas

Para cada componente acima identificado, foi registado o tempo de preparação e pintura que se regista de seguida. Na

Tabela **15**, encontram-se os tempos médios medidos para *Caixa Estanque* (Figura 32 a Figura 35).

*TUA, caixa estanque com tratamento cataforese*



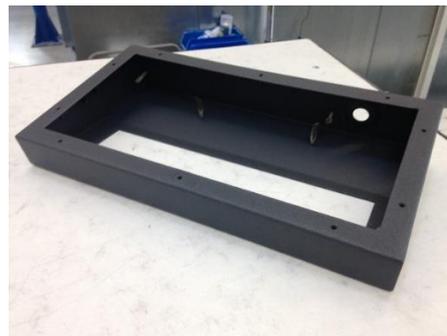
**Figura 32** – Representação 3D da caixa estanque



**Figura 33** – Fotografia da peça isolada



**Figura 34** – Fotografia das peças em suportes para pintura



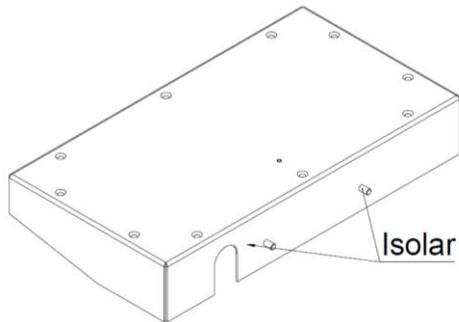
**Figura 35** – Peça pintada

**Tabela 15** - Registo de tempos médios para preparação e pintura da Caixa estanque

	Isolar Roscas (individualmente)	Pendurar (conjunto de 2 peças)	Pintura (10 peças)	Estufa (processo fixo)	Retirar do carro	$\Sigma$
Média	0:01:19	0:02:02	0:05:39	00:15:00	0:00:31	<b>00:24:32</b>

Terminado a pintura do componente *Caixa Estanque*, procede-se à pintura da *Tampa para caixa* (Figura 36). Na Tabela 16, encontram-se os tempos médios medidos para a Tampa para caixa.

*TUA, tampa para caixa, versão com pé, com tratamento cataforese*



**Figura 36** – Representação 3D da tampa para caixa



**Figura 37** – Fotografia da peça isolada



**Figura 38** – Fotografia das peças em suportes para pintura



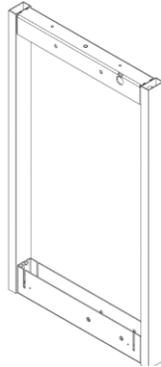
**Figura 39** – Peça pintada

**Tabela 16** - Registo de tempos médios para preparação e pintura da Tampa para Caixa

	Isolar Roscas (Peça)	Pendurar (conjunto de 2 peças)	Pintura (10 peças)	Estufa (Tempo fixo)	Retirar do carro	$\Sigma$
Média	00:00:47	00:01:11	00:04:15	00:15:00	00:00:30	<b>00:21:43</b>

Concluída a pintura do componente *Tampa para caixa*, inicia-se a pintura da Estrutura soldada (Figura 40). Na Tabela 17, encontram-se os tempos médios medidos para a *Estrutura soldada*.

*TUA, estrutura soldada, pé SM com 600mm, com tratamento cataforese*



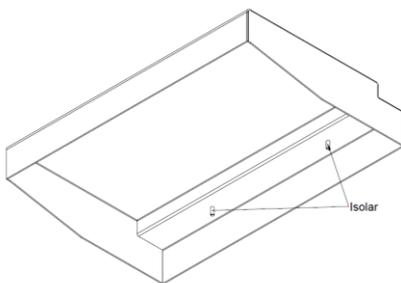
**Figura 40** – Representação 3D da Estrutura Soldada, pé 600mm

**Tabela 17** - Registo de tempos médios para preparação e pintura da estrutura soldada

	Pendurar	Pintura (7 peças)	Estufa (processo fixo)	$\Sigma$
Média	00:01:08	0:04:10	0:15:00	<b>0:19:10</b>

Inicia-se a pintura da *SMcover* (Figura 41). Na Tabela 18, encontram-se os tempos médios medidos para a *Tampa para caixa*.

*TUA, SMcover com degrau com tratamento cataforese*



**Figura 41** – Representação 3D do SMcover



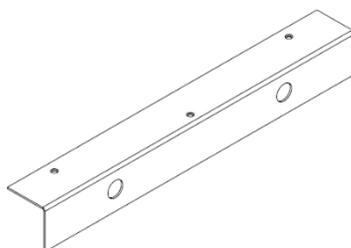
**Figura 42** – Fotografia das peças em suportes para pintura

**Tabela 18** - Registo de tempos médios para preparação e pintura da SMcover

	Isolar Roscas (individualmente)	Pendurar (conjunto de 2 peças)	Pintura (10 peças)	Estufa (processo fixo)	Retirar do carro	$\Sigma$
Média	0:00:30	0:00:25	0:03:49	0:15:00	0:00:30	<b>0:20:14</b>

Terminada a pintura do componente *SMcover*, inicia-se a pintura da tampa para parte superior (Figura 43). Na Tabela 19, encontram-se os tempos médios medidos para a *parte superior do pé*.

*TUA, tampa para parte superior do pé com tratamento cataforese*



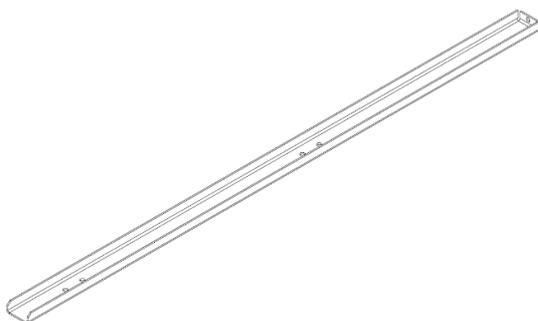
**Figura 43** – Representação 3D da parte superior do pé

**Tabela 19** - Registo de tempos médios para preparação e pintura da tampa da parte superior

	Pendurar (conjunto de 2 peças)	Pintura (10 peças)	Estufa (processo fixo)	Retirar do carro	$\Sigma$
Média	0:00:25	0:04:10	0:15:00	0:00:35	<b>0:20:10</b>

Na Tabela 20, encontram-se os tempos médios medidos para *barra estabilizadora*.

*Tua 600, barra estabilizadora 850mm com tratamento cataforese*



**Figura 44** – Representação 3D da barra estabilizadora

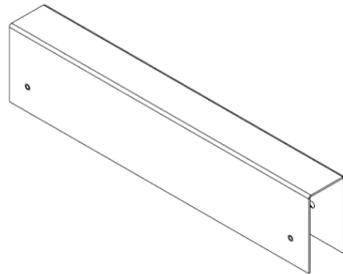
**Figura 45** - Fotografia das peças penduradas

**Tabela 20** - Registo de tempos médios para preparação e pintura da tampa da parte superior

	Pendurar (conjunto de 10 peças)	Pintura (10 peças)	Estufa (processo fixo)	Retirar do carro	$\Sigma$
Média	0:00:22	0:03:45	0:15:00	0:00:30	<b>0:19:37</b>

Terminada a pintura do componente anterior, inicia-se a pintura da *tampa para parte inferior* (Figura 46). Na Tabela 21, encontram-se os tempos médios medidos para *tampa inferior*.

*Tua, tampa para parte inferior do pé SM com tratamento cataforese*



**Figura 46** – Representação 3D da tampa inferior

**Tabela 21** - Registo de tempos médios para preparação e pintura da tampa para parte inferior

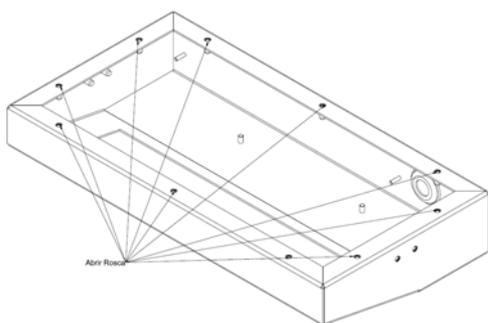
	Fazer arames (total)	Pendurar (individual)	Pintura (10 peças)	Estufa (processo fixo)	$\Sigma$
<b>Média</b>	00:02:06	00:00:24	00:04:10	00:15:00	<b>0:21:40</b>

Depois de concluída a pintura dos componentes, estes são agrupados em lote e levados para a sala LED (sala ionizada) onde posteriormente vão ser montados. No entanto existe uma peça que necessita de uma operação na serralharia que fica no piso inferior da linha de produção. Esta peça é levada para a serralharia em lote através do monta cargas. Na serralharia, as peças são colocadas na bancada para abrir a rosca conforme ilustra a Figura 49. Depois de abrir a rosca com recurso a um equipamento manual, esta peça leva um policarbonato que é colado pelo mesmo colaborador. Este policarbonato já foi previamente cortado e não foi considerado nesta análise a operação de corte. De seguida apresenta-se na tabela os tempos registados para as operações acima descritas (Tabela 22).



**Figura 47** - Lote de peças para colagem e abertura de rosca

*TUA, caixa estanque OM36B02P02V02 c/ tratamento cataforese*



**Figura 48** – Zona de abertura de rosca



**Figura 49** – Preparação para colagem do policarbonato



**Figura 50** – Policarbonatos não conformes



**Figura 51** – Peça acabada

**Tabela 22** - Tempo médio para operações na caixa estanque

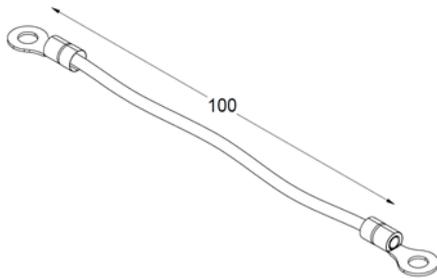
	Abrir roscas	Limar arestas	Colagem do policarbonato	$\Sigma$
Média	00:02:13	00:00:32	00:02:12	0:04:57

Após a colagem do policarbonato (Figura 51), este deve secar segundo recomendações do fabricante do silicone durante 24h. Dado que a serralharia é um ambiente com muitas impurezas e poeira no ar, estas peças são levadas para a sala LED para secar e posterior montagem. As peças voltam a ser levadas para o piso superior pelo monta cargas e acondicionadas na sala para secagem. A penúltima etapa da gama operatória é a montagem. Esta decorre na sala LED (sala ionizada) devido a especificidade e cuidados a ter na montagem do produto e manuseio do LED. Antes de iniciar a montagem do produto, são preparados os componentes elétricos e mecânicos (parafusos, rebites) e etiquetas do produto. Para a montagem deste produto, verificou-se a necessidade de previamente preparar: conjunto PCBA e refletor e suporte, cortar cabos e colocar terminais olhal, cortar e descarnar cabo exterior de ligação, conjunto chapa e driver.

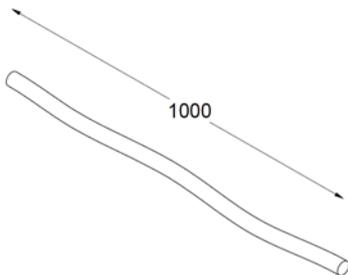
Registaram-se os tempos médios de preparação que se regista abaixo.



**Figura 52** – conjunto PCBA + Refletor + Suporte  
Tempo de preparação médio: 0:02:30



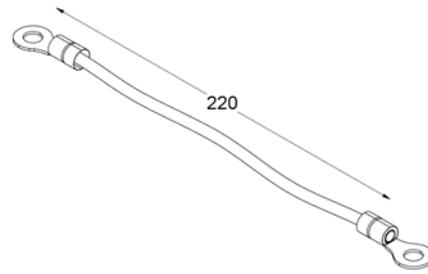
**Figura 54** – Cabo + terminal olhal  
Tempo de preparação médio: 00:01:28



**Figura 56** – Cabo exterior de ligação  
Tempo de preparação médio corte: 0:00:15  
Tempo de preparação médio descarnar: 0:00:20



Figura 53 – Conjunto chapa suporte + driver  
Tempo de preparação médio: 0:01:15



**Figura 55** – Cabo + terminal olhal  
Tempo de preparação médio: 00:01:28

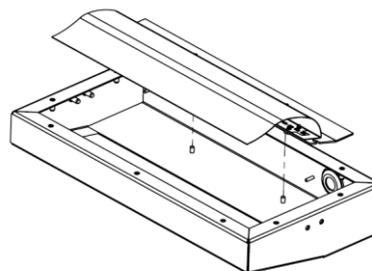
Completo a preparação de todos elétricos, inicia-se a montagem com os seguintes passos:

1. Retirar película do policarbonato e fitas protetoras da rosca colocadas na pintura na peça n°1;



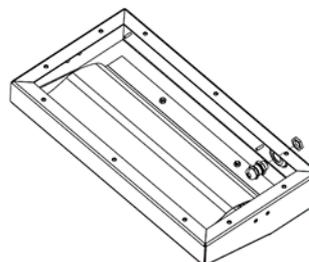
**Figura 57** - Remoção de película do policarbonato

2. Limpeza de impurezas com pistola de ar;
3. Colocar conjunto PCBA + Refletor montados previamente na peça n°1 e apertar;



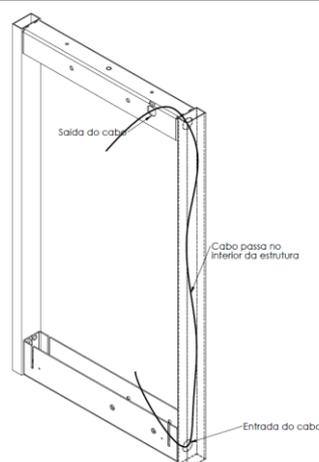
**Figura 58** - Aperto do conjunto PCBA e refletor

4. Colocação e aperto do bucim;



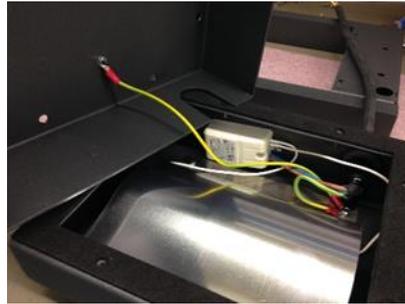
**Figura 59** - Aperto do Bucim

5. Ligar PCBA ao driver;
6. Passar o cabo elétrico exterior pelos pés (peça n°3) e depois passar pela peça n°1 através do bucim previamente montados.



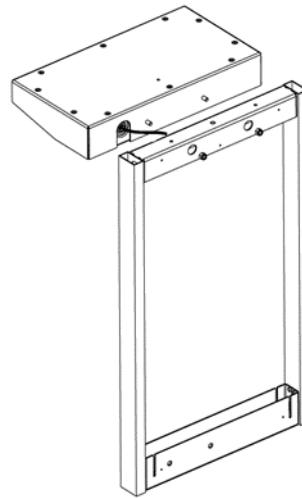
**Figura 60** - Passagem de cabo elétrico pelo pé

7. Apertar bucim;
8. Ligar ao driver e fechar;
9. Colocar terminal no cabo terra;
10. Colar vedante na peça n°1;
11. Apertar conjunto driver + suporte na peça n°1;
12. Colocar cabo terra;



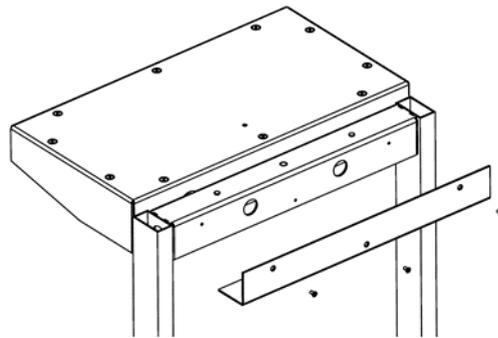
**Figura 61** - Colocação do Cabo terra

- 
13. Colocar cabo terra na peça n°2;
  14. Colocar a peça n°2 e apertar sobre a peça n°1;
  15. Apertar conjunto peça n°2 e 1 aos pés (peça n°3)



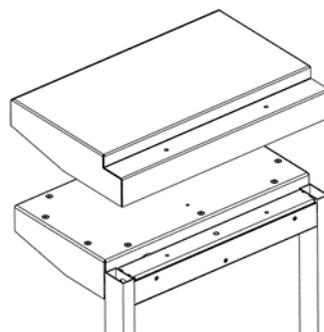
**Figura 62** - Aperto do conjunto aos pés

- 
16. Colocar cabo terra e ligar à peça n°3
  17. Colocar e apertar a peça n°5 ao conjunto anterior;



**Figura 63** - Aperto da tampa

18. Apertar a peça n°4 ao conjunto anterior;

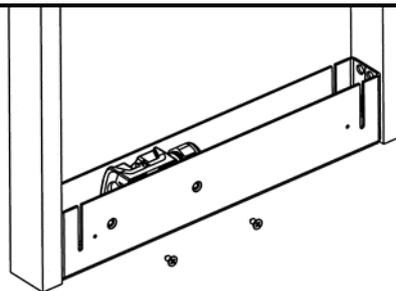


**Figura 64** - Colocação de tampa ao conjunto

19. Colocar cabo elétrico na Caixa estanque IP e fazer ligação;

20. Fazer teste elétrico de funcionamento;

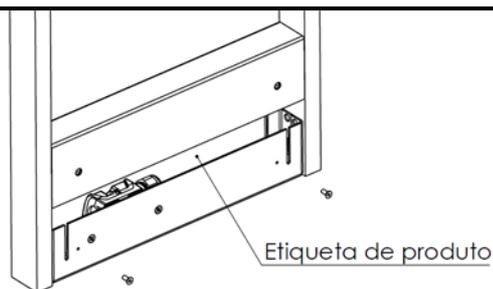
21. Apertar caixa estanque IP à luminária;



**Figura 65** - Aperto de caixa estanque

22. Colocar etiqueta de produto na luminária

23. Colocar e apertar tampa (peça n°7);



**Figura 66** - Colocação da tampa e aperto

Registaram-se os tempos médios de preparação que se regista na Tabela 23.

**Tabela 23** - Tempo médio registado para montagem da luminária

Tempos de médios para montagem	
Média	00:21:46

Por último, o processo da gama operatório seguinte é a embalagem. Esta operação inicia-se com o operador a montar a caixa como mostra a seguinte figura.



**Figura 67** - Embalagem montada

De seguida, é colocado bolhas de ar no fundo da embalagem. O Tua posteriormente é colocado num saco em plástico transparente para proteção do pó. De seguida é colocado dentro da embalagem e “revestido” com bolhas de ar. São colocados os acessórios de fixação, ficha de montagem e é fechada a caixa com fita cola.

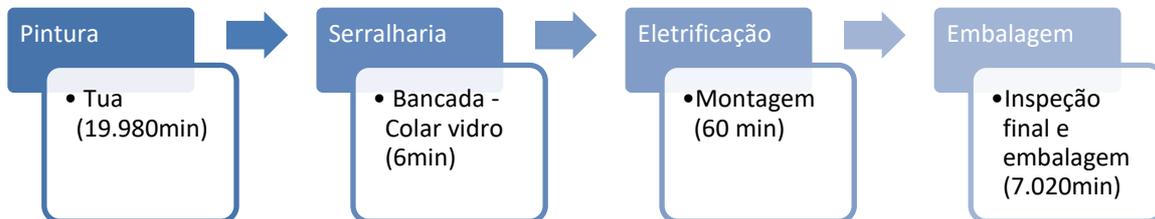
Quando finalizado, o operador coloca a embalagem no corredor de expedição, concluindo a operação. Regista-se o tempo médio de embalagem, sem considerar neste tempo, que os acessórios foram previamente separados e colocados em sacos, assim como todas as fichas de montagem impressas e acessórios de cravar devidamente separados e protegidos.

**Tabela 24** - Tempo médio para embalagem da luminária.

Tempos de médios para embalagem	
Média	00:03:31

Concluída a produção das 30 unidades deste produto, verificou-se a gama operatória presente nas ordens de produção em sistema SAP.

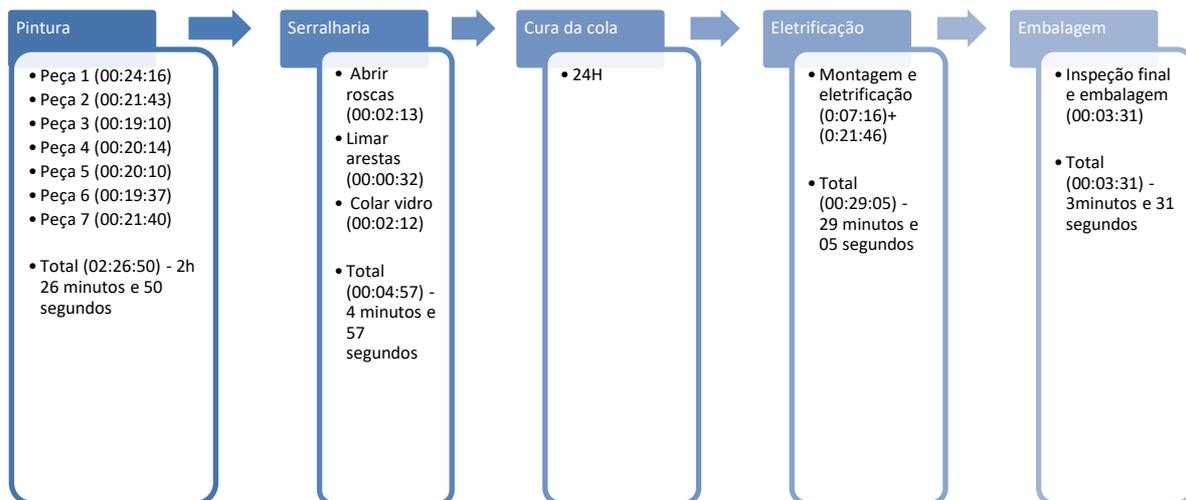
A Figura 68 representa a situação atual.



**Figura 68** - Tempos registados em SAP para a ordem de produção do artigo

De acordo com os dados da Figura 68, o tempo total para a produção de uma unidade de Tua é 93 minutos, o equivalente a 1 hora e 33 minutos.

Com a campanha de medição efetuada, resume-se na Figura 69 os dados.



**Figura 69** - Tempos registados durante a campanha de medição

Analisados os dados que constam da Figura 68, o tempo total para a produção de uma unidade de Tua é 24 horas 38 minutos e 53 segundos (Tabela 25).

Para estes cálculos, considerou-se que o processo de pintura ocorre com a pintura em simultâneo de várias peças. Para isso dividiu-se o tempo da pintura pelo número de peças produzidas, dando o tempo para a pintura das 7 peças para uma unidade do produto.

**Tabela 25** - Tabela resumo dos tempos registados para o produto TUA

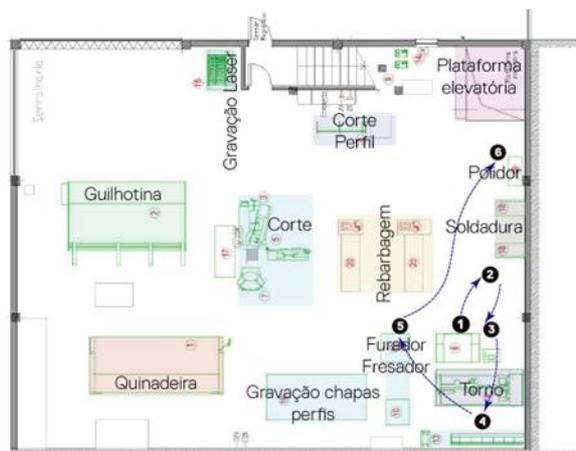
	Pintura	Serralharia	Cura	Preparação componentes*	Montagem	
	00:24:16	00:02:13	24:00:00	00:02:30	00:21:46	
	00:21:43	00:00:32		00:01:15		
	00:19:10	00:02:12		00:01:28		
	00:20:14			00:01:28		
	00:20:10			00:00:15		
	00:19:37			00:00:20		
	00:21:40					
<b>Σ</b>	2:26:50	0:04:57	24:00:00	0:07:16	0:21:46	26:39:03
<b>Σ</b>	0:04:54	0:04:57	24:00:00	0:07:16	0:21:46	24:38:53

#### 4.4.2 One Trimless

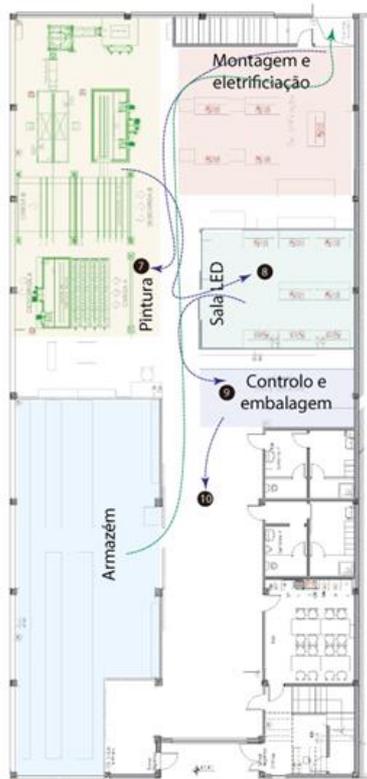
O produto seguinte foi o One Trimless da família Pro. Nesta produção serão feitas 165 unidades tratando-se de uma encomenda sem customização. De seguida nas Figura 70 à Figura 72, representa-se o fluxo de material.



**Figura 70** - Fluxo de material entre edifícios



**Figura 71** - Fluxo de produção na serralharia



**Figura 72** - Fluxo de produção no piso 0 do chão de fábrica

De seguida, analisa-se a gama operatória e descreve-se todos os procedimentos e os tempos registados. Quando a matéria prima é rececionada e enviada para o armazém do edifício da produção, este é colocado em lote no corredor, antes de ser guardado em armazém.



**Figura 73** - Lote de corpos One S Trimless por colocar em armazém



**Figura 74** - Lotes de matéria prima por colocar em armazém

Depois de planeado, o responsável de armazém separa o material e coloca em caixas conforme se verifica nas imagens

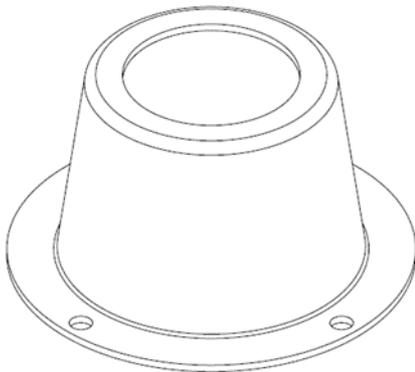


**Figura 75** - Lote de material no armazém de produção

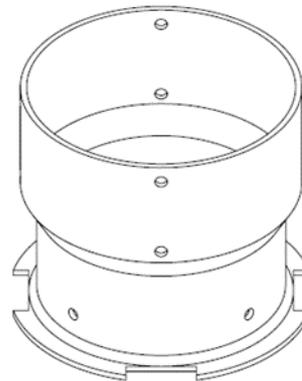


**Figura 76** - Lote de material para produção

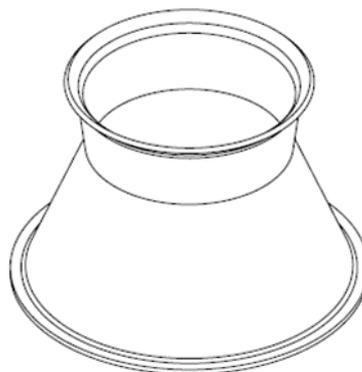
Neste produto, o primeiro processo da gama operatória começa na serralharia. Neste processo são preparados três componentes que se ilustram nas figuras abaixo.



**Figura 77** - One S, Ctrlight em alumínio 1,2mm



**Figura 78** - One S trimless, Corpo em alumínio 1,6mm



**Figura 79** - One S trimless, 25°, refletor secundário em alumínio 1,2mm

A primeira operação da gama operatória decorre na prensa. Esta máquina necessita de um gabari onde o operador corta o topo da peça conforme se ilustra nas figuras abaixo. Este gabari tem que ser previamente colocado na máquina, correspondente ao tempo de setup que se indica na Tabela 26.

*Observações efetuadas – Serralharia (One S, Ctrlight)*



**Figura 80** – Peça no gabari para corte



**Figura 81** – Peça na máquina



**Figura 82** – Peça antes da operação



**Figura 83** – Peça cortada

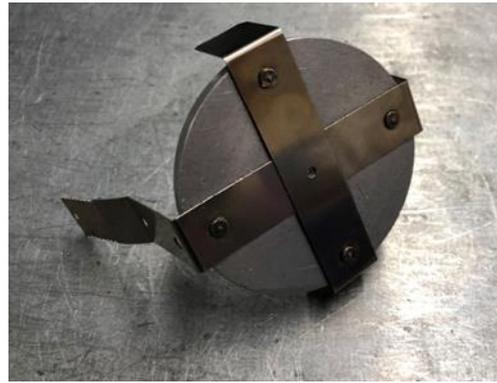
**Tabela 26** - Registo de tempos para corte do Ctrlight

	Setup	Corte
	00:12:03	-
Tempo médio por peça	-	00:00:07
Tempo médio 165 unidades	-	00:18:24

A segunda operação decorre em fases. Na primeira, o operador com o auxílio de uma base com marcações (Figura 84) e um gabari com as molas do One (Figura 85), faz quatro marcações na peça (Figura 86). Posteriormente e na segunda fase, recorrendo às marcações anteriores o operador na prensa (Figura 88), com um gabari adequado, faz a furação que posteriormente servirão para rebitar a mola do One (Figura 89).



**Figura 84** – Gabari para marcação



**Figura 85** – Gabari com molas



**Figura 86** – Peça a ser marcada



**Figura 87** – Peça marcada



**Figura 88** – Peça a ser furada



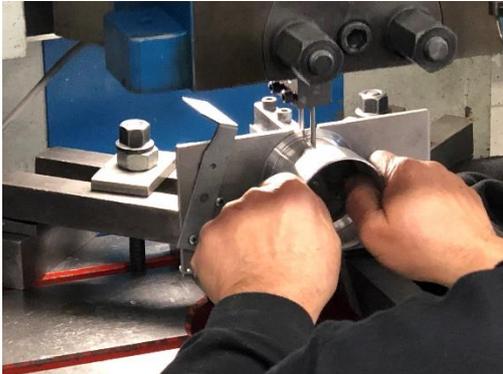
**Figura 89** – Peça antes e depois

Registam-se os tempos para as operações descritas na tabela seguinte. (Tabela 27)

**Tabela 27** - Registo de tempos para marcação e furação do corpo

	Fase 1	Fase 2	
	Marcação	Setup	Furação
Tempo médio por peça	00:00:29	00:10:40	00:00:15
Tempo total 165 unidades	01:19:45	–	00:41:15

Ainda na prensa, a operação seguinte exige novo setup no gabari e efetua-se nova furação para as molas que irão suportar o refletor secundário. (Figura 91) Registam-se os tempos na tabela seguinte. (Tabela 28)



**Figura 90** – Corpo One no gabari



**Figura 91** – Corpo antes e depois da operação

**Tabela 28** - Registo de tempos para furação do corpo do One

	Setup	Furação
Tempo médio por peça	00:08:53	00:00:17
Tempo total 165 unidades	-	00:46:03

O penúltimo processo nesta peça é fazer o rasgo por onde passaram as molas (Figura 92). O operador depois de preparar a máquina, faz o rasgo na peça, sendo em primeiro lugar num lado, rodando a peça para fazer no outro.



**Figura 92** – Corpo com operação executada



**Figura 93** – Peça cortada



**Figura 94** – Peça a ser cortada

Registam-se os tempos medidos para a operação descrita na Tabela 29.

**Tabela 29** - Registo de tempos para rasgo no corpo do One

	<b>Setup</b>	<b>Furação</b>
Tempo médio por peça	00:10:40	00:00:11
Tempo total (165 unidades)	-	00:28:54

Por fim, a última operação nesta peça é martelar a peça, (Figura 95) para corrigir empenos que se fazem durante a fase anterior (abrir os rasgos).



**Figura 95** – Peça a ser martelada



**Figura 96** – Corpo antes e depois

**Tabela 30** - Registo de tempos para corrigir empenos

	<b>Operação</b>
Tempo médio por peça	00:00:05
Tempo total (165 unidades)	00:13:36

A operação seguinte decorre no torno. O operador coloca a peça no torno, (Figura 97) e com uma lixa suaviza a aresta como se observa na Figura 99.

*Observações efetuadas – Serralharia (One S trimless, 25°, refletor secundário)*



**Figura 97** – Peça no torno



**Figura 98** – Peça em trabalho



**Figura 99** – Refletor antes e depois da operação de torno

Regista-se os tempos observados na Tabela 31.

**Tabela 31** - Registo de tempos para lixar refletor secundário

	<b>Setup</b>	<b>Lixar</b>
	00:08:54	-
Tempo médio por peça	-	00:00:39
Tempo total (165 unidades)	-	01:47:34

A fase seguinte na peça, consiste em fazer dois furos na peça para que esta possa ser pendurada na pintura. Para isso, é montado no engenho de furar um gabari para esta operação (Figura 100). O operador com o engenho de furar e uma broca faz os furos nos dois lados. Por serem muitas peças, o operador optou por utilizar o engenho parado e utilizar a broca como uma prensa. Esta situação não originou rebarba o que permitiu poupar tempo, pois a peça não necessitou de passar pela lima para tirar a rebarba. Registam-se os tempos na Tabela 32.



**Figura 100** – Gabari montado



**Figura 101** – Peça em trabalho



**Figura 102** – Refletor com e sem furação

**Tabela 32** - Registo de tempos para furar refletor secundário

	<b>Setup</b>	<b>Furação</b>
	00:14:03	-
Tempo médio por peça	-	00:00:08
Tempo total (165 unidades)	-	00:21:21

De seguida o operador volta a trabalhar no “ctrlight” para fazer os furos de fixação. Para isso, é montado no engenho de furar o gabari conforme ilustra a Figura 104. O operador faz então a furação nos dois lados da peça. Depois da furação concluída é feito a quebra de aresta conforme a Figura 107.

*Observações efetuadas – Serralharia (One S, Ctrlight)*



**Figura 103** – Peça no engenho de furar



**Figura 104** – Peça em trabalho



**Figura 105** – Peças antes da operação



**Figura 106** – CTRL depois da operação



**Figura 107** – Peça com quebra de aresta no furo

Regista-se os tempos na Tabela 33.

**Tabela 33** - Registo de tempos para furação e escarear

	Setup	Furação	Escarear Furo
	00:08:03	-	
Tempo médio por peça	-	00:00:12	00:00:05
Tempo total (165 unidades)	-	00:32:41	00:13:45

A fase seguinte é no torno, onde o operador com a lixa passa na zona assinalada na Figura 109 para limar a aresta.



**Figura 108** – Lixa no torno



**Figura 109** – Zona de operação

**Tabela 34** - Registo de tempos para lixa

	Setup	Corte
	00:02:52	-
Tempo médio por peça	-	00:00:03
Tempo total (165 unidades)	-	00:07:38

Por fim, a última fase na serralharia acontece quando o operador lima os furos na face de baixo para eliminar a rebarba do furo (Figura 111). Regista-se os tempos na Tabela 35.



**Figura 110** – Limar os furos



**Figura 111** – antes e depois

**Tabela 35** - Registo de tempos para lima

	Corte
Tempo médio por peça	00:00:04
Tempo total (165 unidades)	00:11:00



**Figura 112** – Peças prontas em lote

As peças são colocadas em lote em caixas e enviadas para o piso 0 para a pintura.

Neste processo são pintados os componentes anteriormente preparados na serralharia. Antes de iniciar a pintura é necessário submeter as peças a um processo de limpeza e desengorduramento. Para tal, as peças são colocadas em lote como ilustra a Figura 113 e Figura 114.



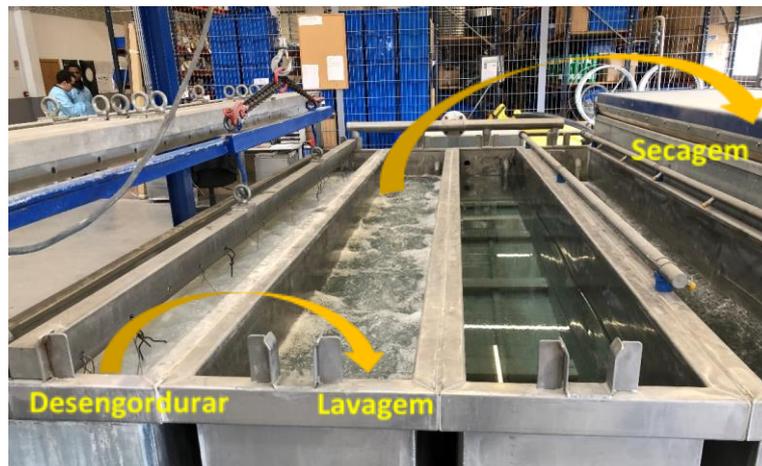
**Figura 113** – Peças a serem carregadas na tina de desengordurar



**Figura 114** – Peças penduradas para limpeza

O processo de limpeza e desengorduramento ocorre em três fases:

- Desengordurar
  - Desengordurante num período de 15 a 60 minutos consoante material e nível de impureza
- Lavagem
  - Água limpa num período entre 3 a 5 minutos
- Secagem
  - Ar quente por um período de 15 minutos



**Figura 115** - Tinas de limpeza

**Tabela 36** – Registo de tempos para o desengorduramento e limpeza

	Setup	Pendurar	Desengordurar	Lavagem	Secagem	Retirar
Tempo total (165 un)	00:02:14	00:14:58	00:15:00	00:05:00	00:15:00	00:13:26

O processo de desengordurar e lavagem ocorre a 50 °C conforme ilustra a figura seguinte.



**Figura 116** – Temperatura de funcionamento das tinas

*Observações efetuadas – Pintura (One S trimless, 25°, refletor secundário)*



**Figura 117** – Peças penduradas para pintura



**Figura 118** – Peças penduradas para pintura



**Figura 119** – Peças pintadas no carro



**Figura 120** – Detalhe de peça pintada

Após a lavagem, as peças são retiradas do carro e colocadas em lote numa caixa. Como se estava a trabalhar na cabine de pintura com a cor branco, iniciou-se a pintura com o refletor secundário. As peças são penduradas com ganchos no carro em conjuntos de 7 ou 8 conforme a Figura 117. Registou-se os tempos conforme tabela abaixo.

**Tabela 37** - Registo de tempos para pintura do refletor secundário

Composição do carro de pintura – 49 Peças							Total 165 un.
Pendurar	Pintura	Estufa	Pintura*	Estufa (processo fixo)	Retirar do carro	$\Sigma$	$\Sigma$ 02:30:27
00:07:54	00:04:45	00:03:06	00:04:27	00:15:00	00:08:26	00:43:38	
Composição do carro de pintura – 62 Peças							
Pendurar	Pintura	Estufa	Pintura*	Estufa (processo fixo)	Retirar do carro	$\Sigma$	
00:17:59	00:05:56	00:02:30	00:05:42	00:15:00	00:11:09	00:58:16	
Composição do carro de pintura – 54 Peças							
Pendurar	Pintura	Estufa	Pintura*	Estufa (processo fixo)	Retirar do carro	$\Sigma$	
00:13:29	00:04:18	00:02:40	00:04:42	00:15:00	00:08:24	00:48:33	



**Figura 121** – Peça com defeito na pintura



**Figura 122** – Defeito visível na pintura

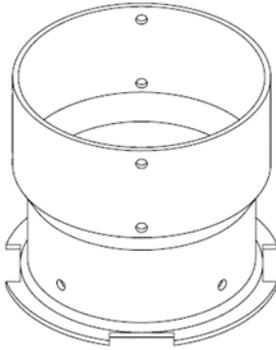
Como se pode observar pela tabela acima, as peças passam duas vezes pelo processo de pintura. Esta situação deve-se ao facto de a tinta não agarrar à peça com uma só passagem dada a geometria da peça (diâmetro muito reduzido).

Mesmo com este procedimento, ao retirar as peças do carro, foi feito um carro extra para nova pintura.

**Tabela 38** - Registo de tempos para Repintura

Composição do carro de pintura – 17 Peças						Total
Pendurar	Forno	Pintura	Estufa (processo fixo)	Retirar do carro	$\Sigma$	$\Sigma$ 00:28:25 + 02:30:27 = 02:58:52
00:05:38	00:03:21	00:01:01	00:15:00	00:03:25	00:28:25	

*Observações efetuadas – Pintura (One S trimless, corpo)*



**Figura 123** - Peça a pintar



**Figura 124** - Corpo do One Pendurado

**Tabela 39** - Registo de tempos para pintura do corpo

Composição do carro de pintura – 55 Peças					Total
Pendurar	Pintura	Estufa (processo fixo)	Retirar do carro	$\Sigma$	$\Sigma$ 01:39:42
00:04:15	00:06:22	00:15:00	00:02:20	00:27:57	
Composição do carro de pintura – 38 Peças					
Pendurar	Pintura	Estufa (processo fixo)	Retirar do carro	$\Sigma$	
00:05:05	00:05:43	00:15:00	00:03:55	00:29:43	
Composição do carro de pintura – 72 Peças					
Pendurar	Pintura	Estufa (processo fixo)	Retirar do carro	$\Sigma$	
00:11:27	00:07:55	00:15:00	00:07:40	00:42:02	

Observações efetuadas – Pintura (One S trimless, ctrlight)

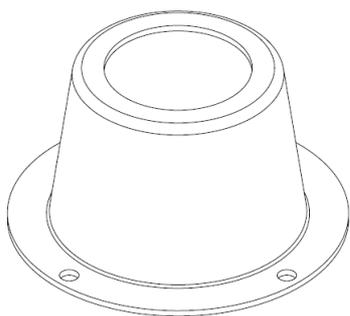


Figura 125 - Peça a pintar



Figura 126 - Ctrlight do One pendurado e pintado

Tabela 40 - Registo de tempos para pintura do corpo

Composição do carro de pintura – 64 Peças					Total
Pendurar	Pintura	Estufa (processo fixo)	Retirar do carro	$\Sigma$	
00:10:28	00:06:55	00:15:00	00:06:48	00:39:11	
Composição do carro de pintura – 55 Peças					
Pendurar	Pintura	Estufa (processo fixo)	Retirar do carro	$\Sigma$	
00:04:52	00:06:43	00:15:00	00:03:19	00:29:54	
Composição do carro de pintura – 46 Peças					
Pendurar	Pintura	Estufa (processo fixo)	Retirar do carro	$\Sigma$	
00:04:21	00:05:27	00:15:00	00:02:41	00:27:29	



Figura 127 - Peças pintadas em lote

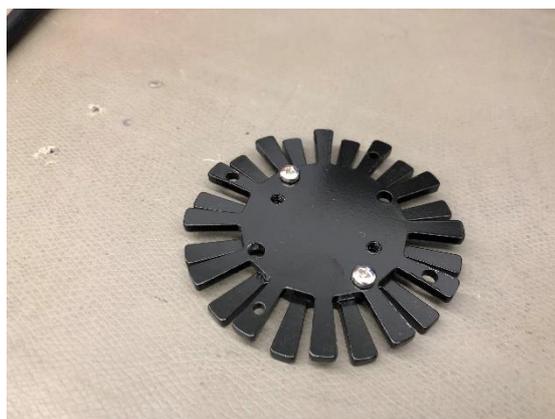


Figura 128 - Peças pintadas em lote

Depois de pintados os componentes é iniciado a montagem e eletrificação do One na sala LED (sala ionizada). Os componentes mecânicos e elétricos são juntos em lote junto do operador que irá fazer a montagem. Com todos os componentes preparados, iniciou-se a montagem da luminária. A montagem decorreu unidade a unidade e registou-se o tempo médio de montagem para cada uma.



**Figura 129** – Dissipadores com tratamento cataforese



**Figura 130** – Dissipador montado

**Operação:** Aparafusar os dissipadores

**Ferramenta:** Chave Philips

**Tempo médio/unidade:** 00:00:15

**Tempo médio 165 unidades:** 00:41:15

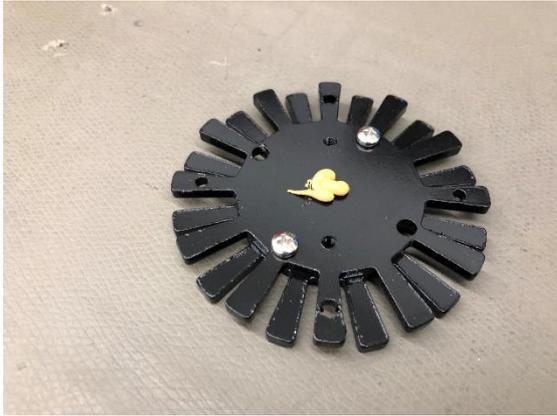


**Figura 131** – PCB LED para One S

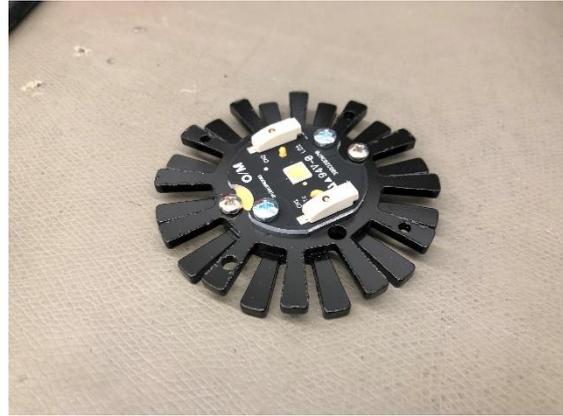
**Operação:** Retirar etiqueta

**Tempo médio/unidade:** 00:00:15

**Tempo médio 165 unidades:** 00:41:15



**Figura 132** – Dissipadores com massa térmica



**Figura 133** – Dissipador montado com PCBA

**Operação:** Colocar massa térmica no dissipador e aparafusar PCBA

**Ferramenta:** Pistola de massa térmica e chave Philips

**Tempo médio/unidade:** 00:00:20

**Tempo médio 165 unidades:** 00:54:46



**Figura 134** – Serra cabo



**Figura 135** – Mola

**Operação:** Rebitar serra cabo na mola e roscar espaçador na mola

**Ferramenta:** Máquina de rebitar

**Tempo médio/unidade:** 00:00:22

**Tempo médio 165 unidades:** 01:00:30



**Figura 136** – Mola de fixação do refletor secundário

**Operação:** Rebitar 4 molas ao corpo

**Ferramenta:** Máquina de rebitar

**Tempo médio/unidade:** 00:01:01

**Tempo médio 165 unidades:** 02:47:45



**Figura 137** – Corpo One S trimless



**Figura 138** – Refletores com gito

**Operação:** Retirar do gito de injeção aos refletores

**Tempo médio/ 2 unidade:** 00:00:05

**Tempo médio 165 unidades:** 00:06:52



**Figura 139** – Refletores



**Figura 140** – Cabo preto com 50 cm

**Operação:** Cortar cabo preto com 50cm

**Tempo médio/unidade:** 00:00:03

**Tempo médio 165 unidades:** 00:08:15



**Figura 141** – Cabo descarnado (ponta PCBA)

**Operação:** Descarnar cabo

**Tempo médio/unidade:** 00:00:12

**Tempo médio 165 unidades:** 00:33:00

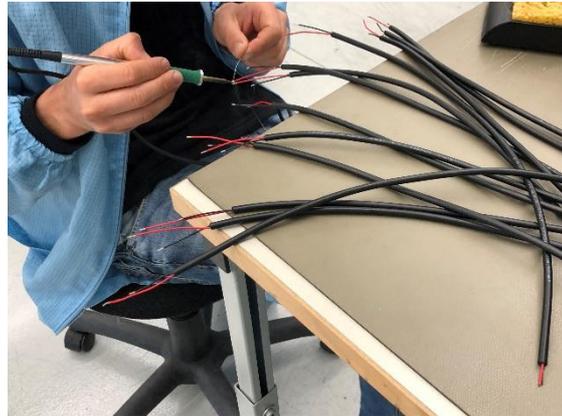


**Figura 142** – Cabo descarnado (ponta driver)

**Operação:** Descarnar cabo

**Tempo médio/unidade:** 00:00:08

**Tempo médio /unidade:** 00:22:00



**Figura 143** – Colocação de solda

**Operação:** Soldar

**Ferramenta:** Máquina de soldar e solda

**Tempo médio/cabo:** 00:00:11

**Tempo médio 165 unidades:** 00:29:04



**Figura 144** – Conjunto montado

**Operação:** Colocar fio no PCBA + Passar cabo pelo dissipador + Colocar Lightcore + Ctrlight + Mola + passar cabo pelo “serra cabo”

**Tempo médio/unidade:** 00:02:24

**Tempo médio 165 unidades:** 06:36:00



**Figura 145** – Conjunto montado

**Operação:** Retirar tampas e programar driver para 140mA

**Tempo médio/unidade:** 00:00:13

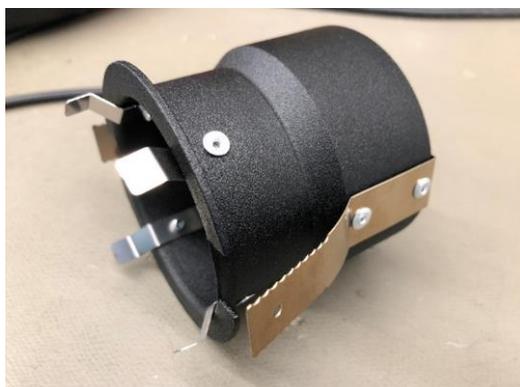
**Tempo médio 165 unidades:** 00:35:17



**Figura 146** – Lote de subconjunto montado



**Figura 147** – Luminária montada



**Figura 148** – One S trimless sem refletor secundário

**Operação:** Ligar driver + teste elétrico + colocar o subconjunto no corpo da luminária + rebitar a mola ao corpo + colar etiqueta + colocar refletor secundário

**Tempo médio/unidade:** 00:02:40

**Tempo médio 165 unidades:** 07:20:00

**Tabela 41** - Tempo médio de montagem para uma luminária

Tempos de montagem medidos	
Média	0:08:09

Concluída a montagem, as peças foram enviadas para a embalagem no lote de 50 unidades.



**Figura 149** – Lote de luminárias para embalagem

Por especificidade da encomenda, as luminárias foram embaladas em lotes de 21 unidades por embalagem. Este processo ocorreu da seguinte forma: Preparação da embalagem, colocação de placa de esferovite no fundo da embalagem, embrulhar luminária num saco de plástico e colocar na embalagem, colocar luminária na embalagem. Entre cada “nível”, fez-se a separação por uma placa de cartão. Por fim colocou-se a ficha de montagem, fechou-se a embalagem com fita O/M e colocou-se a etiqueta da embalagem.



**Figura 150** – Embalagem preparada



**Figura 151** – Luminária em saco de filme de plástico



**Figura 152** – Embalagem fechada



**Figura 153** – Lote de embalagens para expedição

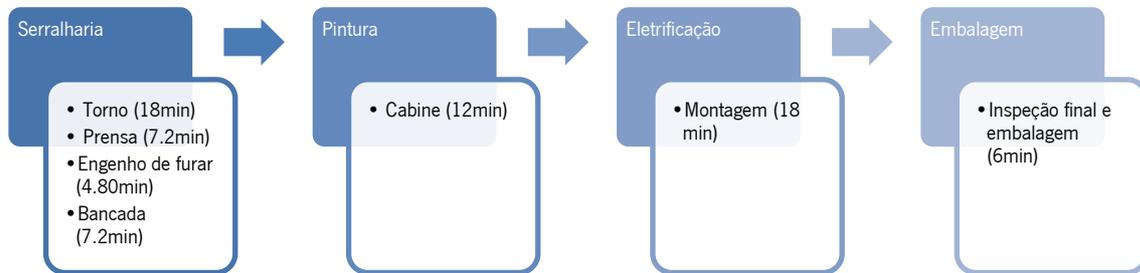
No final da embalagem registam-se os tempos que se coloca na Tabela 42.

**Tabela 42** - Registo de tempos para embalagem do One trimless

<b>Tempos de embalagem para 21 unidades</b>	
Média	0:14:07

Concluída a produção das 165 unidades deste produto, verificou-se a gama operatória presente nas ordens de produção em sistema SAP.

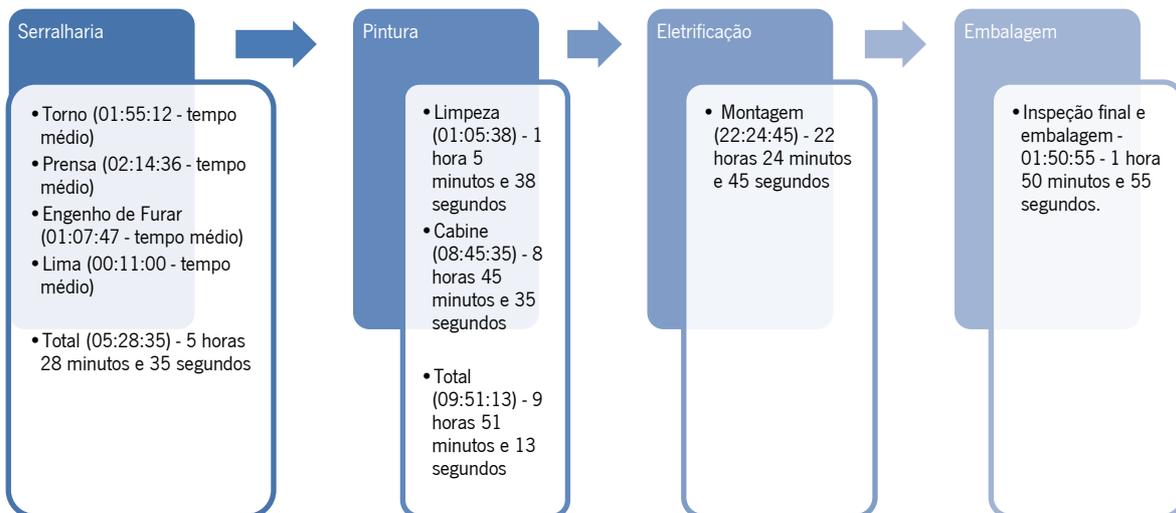
A Figura 154 representa a situação atual.



**Figura 154** - Tempos registados em SAP para a ordem de produção do One

De acordo com os dados da Figura 154, o tempo total para a produção de uma unidade de One é 73.2 minutos, o equivalente a 1 hora e 13 minutos.

Com a campanha de medição efetuada, resume-se na Figura 155 os dados.



**Figura 155** - Tempos registados durante a campanha de medição

Analisados os dados que constam da Figura 155, o tempo total para a produção de uma unidade de One é 14 minutos e 21 segundos (Tabela 43).

**Tabela 43** - Tabela resumo dos tempos registrados para o produto One

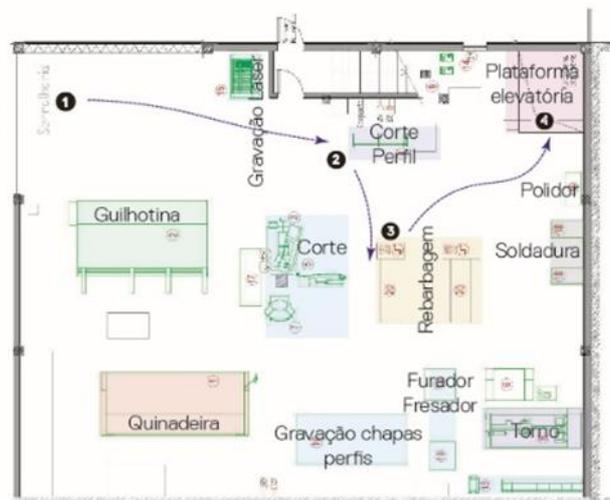
Serralharia	Pintura	Eletrificação e Montagem	Embalagem	
01:55:12	01:05:38	22:15:59	01:50:55	
02:14:36	08:45:35			
01:07:47				
00:11:00				
<b>Σ</b>	05:28:35	09:51:13	22:15:59	01:50:55
				39:26:42
<b>Σ</b>	0:01:59	0:03:35	00:08:06	0:00:40
				00:14:21

#### 4.4.3 U45

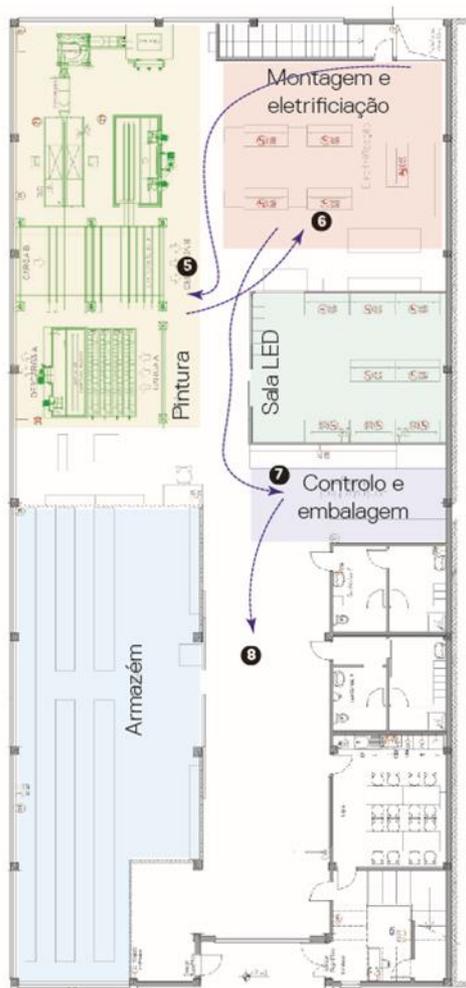
O produto final que se acompanha a produção é a U45 da família Linear&Sys. Nesta produção, serão necessários cortar aproximadamente 302 metros de perfil, tratando-se de uma encomenda com customização não só em termos de dimensões, como a cor das luminárias não tem RAL standard. De seguida nas Figura 156 à Figura 158, representa-se o fluxo de material.



**Figura 156** - Fluxo de material entre edifícios



**Figura 157** - Fluxo de produção na serralharia



**Figura 158** - Fluxo de produção no piso 0 do chão de fábrica

De seguida, analisa-se a gama operatória e descreve-se todos os procedimentos e os tempos registados. A matéria prima é recebida e verificada no armazém 2. O material elétrico é enviado para a unidade fabril e armazenado no armazém 1. O perfil de alumínio mantém-se no armazém 2 e só é transportado para a unidade fabril quando pedido para iniciar o projeto.

O primeiro processo da gama operatória é o corte de perfil. Os perfis são solicitados pelo responsável da serralharia ao armazém. O perfil é transportado do armazém 2 diretamente para a serralharia de camião. Na serralharia são rececionados e colocados em palete no chão (Figura 161) ou no suporte para perfis na serralharia (Figura 162).



**Figura 159** – Recolha do perfil à mão



**Figura 160** – Recolha do perfil por empilhador



**Figura 161** – Lote de perfil em palete



**Figura 162** – Lote de perfil no suporte

Quando se inicia o corte de perfil, o operador faz a leitura do desenho, a fim de verificar quantos perfis necessita de cortar e qual a dimensão de corte. De seguida é ajustada a máquina na dimensão requerida e colocado o perfil junto da máquina. Antes de cortar o perfil na dimensão exata, o operador corta cerca de 5cm (Figura 164) ao topo para remover a zona que tem alguns defeitos de anodização. Seguidamente é feito o corte à medida, verificada a dimensão e colocado em *lote*. Este processo repete-se consoante o número de desenhos. Dado que os perfis são recebidos embrulhados em filme 2 a 2, o corte é feito assim, salvo quando é necessário apenas 1 perfil em que se desembrulha, guardar-se o perfil que não vai ser cortado e corta-se o necessário.

Observações efetuadas - Corte



Figura 163 – Máquina de corte



Figura 164 – Corte de perfil



Figura 165 – Perfil colocado em suporte da máquina



Figura 166 – Corte de perfil

Regista-se na Tabela 44 o tempo medido para leitura de desenho e colocação de dimensão na máquina.

Tabela 44 - Registo das leituras de desenho e colocação da dimensão na máquina

	Leitura desenho	Medida na máquina
Média	00:00:28	00:00:24

Tabela 45 - Registo de tempos de corte

	Corte (2 a 2 perfis)			
	2992.11mm	2809mm	2822mm	2813.5mm
	00:01:26	00:01:16	00:01:13	00:01:56
	00:01:10	00:01:01	00:01:55	00:01:33
	00:01:07	00:01:06	00:01:33	00:01:36
	00:01:54		00:01:35	00:01:27
			00:01:43	00:01:30
			00:02:43*	
Medida	10x2992=23936	6x2809=16854	11x2822=31042	10x2813.5=28135
Tempo Total	00:05:37	00:03:23	00:07:59	00:08:02

Na Tabela 45 registou-se os tempos verificados para o corte de perfil, processo esse que se verificou bastante homogéneo.

Terminado o corte de perfil, estes são colocados em lote no chão a aguardar o próximo processo.

O processo seguinte decorre na bancada, e é dividido em várias operações que se detalha de seguida:

- Recolher perfil do lote (Figura 167);
- Colocação na bancada e retirar filme plástico de proteção do perfil (Figura 168);
- Verificar dimensão do perfil e marcar furos de fixação e ligação elétrica (Figura 169);
- Furação manual e no engenho de furar (se tiver ligação elétrica) (Figura 170 e Figura 171);
- Retirar reforço do perfil (Figura 172);
- Retirar rebarba a todo comprimento do perfil com máquina e gabari (Figura 173);
- Lixar para tirar rebarba a todo comprimento e nos topos (Figura 174);
- Passar com escova de aço nos topos (Figura 175);
- Sopro com pistola de ar para retirar limalhas e escrever dimensão no interior (Figura 176).



**Figura 167** - Lote do perfil cortado



**Figura 168** - Retirar filme dos perfis



**Figura 169** - Verificação da dimensão e marcação da furação



**Figura 170** - Furação manual para furos de fixação



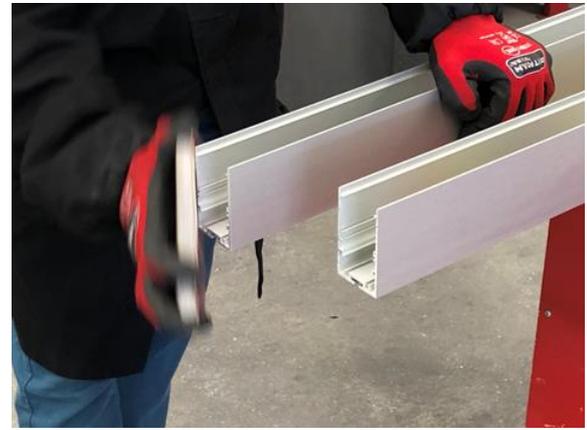
**Figura 171** - Furação no engenho para furo de passagem de corrente



**Figura 172** - Remoção do reforço do perfil



**Figura 173** - Remoção da rebarba



**Figura 174** - Remoção da rebarba nos topos com lixa



**Figura 175** - Passagem de escova de aço nos topos



**Figura 176** - Sopro de ar para remover limalha

Registam-se os tempos para a preparação dos perfis na tabela

**Tabela 46** - Registo do tempo de preparação dos perfis na serralharia

Luminárias: 1 unidade Total: 5 Perfis	1 Perfil c/furo de fixação + corrente	2 Perfis c/ furo de fixação	2 Perfis c/ furo de fixação	$\Sigma$
Tempo	00:08:36	00:08:29	00:08:22	00:25:27
Dimensão da secção	2638.6mm			
Dimensão Total da luminária	13203mm			
Luminárias: 1 unidade Total: 4 Perfis	(1 Perfil c/ furo de fixação + corrente) + 1 Perfil c/furo de fixação		2 Perfis c/ furo de fixação	$\Sigma$
Tempo	00:13:58		00:09:07	00:23:05
Dimensão da secção	2527.25mm			
Dimensão Total da luminária	10119mm			
Luminárias: 1 unidade Total: 2 Perfis	(1 Perfil c/ furo de fixação + corrente) + 1 Perfil c/furo de fixação			$\Sigma$
Tempo	00:11:31			00:11:31
Dimensão da secção	1971.25mm			
Dimensão Total da luminária	3953mm			
Luminárias: 1 unidade Total: 2 Perfis	(1 Perfil c/ furo de fixação + corrente) + 1 Perfil c/furo de fixação			$\Sigma$
Tempo	00:12:04			00:12:04
Dimensão da secção	2391.5mm			
Dimensão Total da luminária	4793mm			
Luminárias: 3 unidades Total: 9 Perfis	1 Perfil c/ furo de fixação + corrente	2 Perfis c/ furo de fixação + corrente)	2 Perfil c/ furo de fixação (x3)	$\Sigma$
Tempo	00:07:50	00:11:36	00:11:07	00:48:56
			00:09:10	
			00:09:13	
Dimensão da secção	2155mm	2155mm		
Dimensão total da luminária	6475mm			

Luminárias: 1 unidade Total: 3 Perfis	(1 Perfil c/ furo de fixação + corrente)		2 Perfis c/ furo de fixação		$\Sigma$
Tempo	00:08:07		00:10:34		00:18:41
Dimensão da secção	2435.6mm		2435.6mm		
Dimensão Total da luminária	7317mm				
Luminárias: 2 unidade Total: 6 Perfis	(1 Perfil c/ furo de fixação + corrente) + (1 Perfil c/ furo de fixação)	1 Perfil c/ furo de fixação	1 Perfil c/ furo de fixação + corrente	2 Perfil c/ furo de fixação	$\Sigma$
Tempo	00:08:57	00:04:37	00:05:28	00:08:35	00:27:37
Dimensão da secção	2061.67mm				
Dimensão Total da luminária	6195mm				
Luminárias: 1 unidade Total: 2 Perfis	(1 Perfil c/ furo de fixação + corrente) + (1 Perfil c/ furo de fixação)				$\Sigma$
Tempo	00:10:46				00:10:46
Dimensão da secção	2111.5mm				
Dimensão Total da luminária	4233mm				
Luminárias: 1 unidade Total: 2 Perfis	(1 Perfil c/ furo de fixação + corrente) + (1 Perfil c/ furo de fixação)				$\Sigma$
Tempo	00:13:08				00:13:08
Dimensão da secção	2952.5mm				
Dimensão Total da luminária	5915mm				
Luminárias: 2 unidades Total: 6 Perfis	(2 Perfis c/ furo de fixação + corrente) + (2 Perfis c/ furo de fixação)		1 Perfil c/ furo de fixação		$\Sigma$
Tempo	00:14:38		00:12:37		00:37:55
Dimensão da secção			00:10:40		
Dimensão da secção	2809mm				
Luminárias: 2 unidades Total: 6 Perfis	8437mm				

Luminárias: 1 unidade Total: 9 Perfis	1 Perfil c/ furo de fixação + corrente)	2 Perfis c/ furo de fixação	$\Sigma$
Tempo	00:07:42*	00:13:57	00:55:51
		00:11:41	
		00:11:45	
		00:10:46	
Dimensão da secção	2992.11mm		
Dimensão Total da luminária	26939mm		
Luminárias: 1 unidade Total: 11 Perfis	1 Perfil c/ furo de fixação + corrente)	2 Perfis c/ furo de fixação	$\Sigma$
Tempo	00:09:13*	00:11:30	01:08:39
		00:12:26	
		00:09:51	
		00:12:58	
		00:12:41	
Dimensão da secção	2983.36mm		
Dimensão Total da luminária	32827mm		
Luminárias: 1 unidade Total: 11 Perfis	1 Perfil c/ furo de fixação + corrente)	2 Perfis c/ furo de fixação	$\Sigma$
Tempo	00:06:34	00:12:53	01:08:39
		00:09:44	
		00:09:41	
		00:09:56	
Dimensão da secção	2961mm		
Dimensão Total da luminária	26659mm		

O processo de serralharia termina com a colocação em lote dentro da plataforma elevatória, ou na zona próxima ao mesmo.



**Figura 177** - Lote de perfil terminado no elevador



**Figura 178** - Lote de perfil terminado junto do elevador

O processo seguinte da gama operatória é a pintura. Nesta fase são submetidos a pintura os topos e perfis. Os perfis são colocados num “suporte” para facilitar o seu transporte para a área de pintura.



**Figura 179** - Perfil para pintar no suporte móvel

O processo de pintura é semelhante ao já referido nos produtos anteriores. Como o material a pintar é alumínio anodizado, não necessita de passar pelo processo de limpeza nas tinas. Neste tipo de produto, o artigo é colocado nos carros de pintura e manualmente é passado um pano com desengordurante para limpar as impurezas.



**Figura 180** - Perfis pendurados



**Figura 181** - Perfil na cabine de pintura

Na tabela seguinte registou-se os tempos para pintura. A tabela é constituída pelos tempos de pendurar os perfis, soprar com pistola de ar, desengordurar com pano, pintar, tempo de estufa e retirar do carro de pintura. (Tabela 47)

**Tabela 47** - Registo de tempos para a pintura

<b>Composição do carro de pintura – 4 Perfis</b>						
Pendurar	Sopro	Desengordurar	Pintura	Estufa	Retirar do carro	$\Sigma$
00:02:00	00:00:16	00:01:06	00:07:29	00:15:00	00:00:27	00:26:18
<b>Composição do carro de pintura – 4 Perfis</b>						
Pendurar	Sopro	Desengordurar	Pintura	Estufa	Retirar do carro	$\Sigma$
00:02:10	00:00:18	00:01:02	00:08:24	00:15:00	00:00:25	00:27:19
<b>Composição do carro de pintura – 6 Perfis + 20 topos + 9 topos internos</b>						
Pendurar	Sopro	Desengordurar*	Pintura	Estufa	Retirar do carro	$\Sigma$
00:06:40	00:00:40	00:02:35	00:11:09	00:15:00	00:01:08	00:37:12
<b>Composição do carro de pintura – 4 Perfis + 11 topos</b>						
Pendurar	Sopro	Desengordurar*	Pintura	Estufa	Retirar do carro	$\Sigma$
00:03:24	00:00:26	00:01:43	00:07:31	00:15:00	00:00:33	00:28:37
<b>Composição do carro de pintura – 5 Perfis</b>						
Pendurar	Sopro	Desengordurar	Pintura	Estufa	Retirar do carro	$\Sigma$
00:02:30	00:00:21	00:02:00	00:09:51	00:15:00	00:00:38	00:30:20
<b>Composição do carro de pintura – 6 Perfis</b>						
Pendurar	Sopro	Desengordurar	Pintura	Estufa	Retirar do carro	$\Sigma$
00:03:03	00:00:25	00:01:30	00:09:20	00:15:00	00:00:51	00:30:09
<b>Composição do carro de pintura – 75 topos internos</b>						
Pendurar	Sopro	Desengordurar	Pintura	Estufa	Retirar do carro	$\Sigma$
00:04:05	00:01:12	Não aplicado	00:04:45	00:15:00	00:04:56	00:29:58
<b>Composição do carro de pintura – 5 Perfis + 4 topos</b>						
Pendurar	Sopro	Desengordurar	Pintura	Estufa	Retirar do carro	$\Sigma$
00:03:02	00:00:36	00:01:50	00:07:50	00:15:00	00:01:30	00:29:48
<b>Composição do carro de pintura – 5 Perfis</b>						
Pendurar	Sopro	Desengordurar	Pintura	Estufa	Retirar do carro	$\Sigma$
00:02:32	00:00:30	00:01:21	00:07:16	00:15:00	00:01:13	00:27:52
<b>Composição do carro de pintura – 6 Perfis</b>						
Pendurar	Sopro	Desengordurar	Pintura	Estufa	Retirar do carro	$\Sigma$
00:03:03	00:00:32	00:01:39	00:10:16	00:15:00	00:01:28	00:31:58
<b>Composição do carro de pintura – 6 Perfis + 7 topos</b>						
Pendurar	Sopro	Desengordurar	Pintura	Estufa	Retirar do carro	$\Sigma$
00:03:55	00:00:40	00:01:30	00:08:02	00:15:00	00:02:20	00:31:27

Composição do carro de pintura – 5 Perfis						
Pendurar	Sopro	Desengordurar	Pintura	Estufa	Retirar do carro	$\Sigma$
00:01:24	00:00:20	00:01:22	00:07:53	00:15:00	00:01:23	00:27:22
00:01:07	00:00:32	00:01:20	00:08:20	00:15:00	00:01:11	00:27:30
00:01:36	00:00:22	00:01:18	00:07:38	00:15:00	00:01:02	00:26:56
Composição do carro de pintura – 7 Perfis						
Pendurar	Sopro	Desengordurar	Pintura	Estufa	Retirar do carro	$\Sigma$
00:03:40	00:00:28	00:01:55	00:06:58	00:15:00	00:01:53	00:29:54

Neste processo, a pintura dos perfis e topos decorreu ao mesmo tempo partilhando às vezes o mesmo carro, como se verifica na tabela anterior. Depois de concluída a pintura os perfis e topos são colocados num suporte junto da eletrificação.



**Figura 182** – Perfis pintados

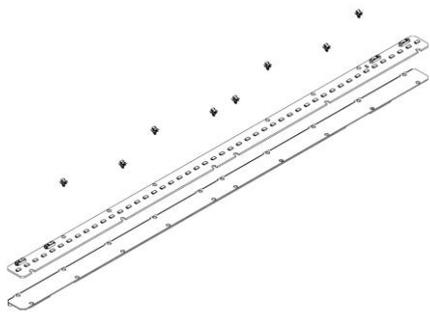


**Figura 183** – Topos interior pintados

Na gama operatória, o processo seguinte é a eletrificação e montagem. Esta decorre separa por fases, ou seja, exige a preparação prévia de alguns componentes antes de se fazer a montagem final. Ilustrase de seguida as fases constituintes.

- Montar as réguas (Figura 184);
- Eletrificar as réguas (Figura 185);
- Montar os suportes das réguas (Figura 186);
- Montar os topos (Figura 187);

Na encomenda existem diferentes tipos de ligação, ou seja, ligação On/off e ligação DALI. O sistema DALI é um sistema de regulação do fluxo das luminárias. Dependendo do tipo de ligação o tempo de eletrificação varia.



**Figura 184** - Montagem de PCB à régua

Operações:  
*Clipar* o PCBA à régua, rebitar driver e ligadores.

- Tempo de preparação médio: 00:03:50



**Figura 185** – Réguas eletrificadas

Operações:  
Eletrificar PCB e driver.

- Tempo de preparação médio: 00:12:51 (régua de 1679 c/DALI)

- Tempo de preparação médio: 00:07:44 (régua de 839 c/DALI)



**Figura 186** – Suportes de régua

Operações:  
Colocar aparafuso.

- Tempo de preparação médio: 00:00:09



**Figura 187** – Conjunto de topo U45

Operações:  
Aparafusar topo interior ao topo e colocar vedante em espuma.

- Tempo de preparação médio: 00:02:46

Após todos os componentes preparados é feita a montagem das luminárias. Cada luminária tem um tamanho específico o que faz variar os tempos de montagem. Inicialmente os operadores recolhem os perfis referentes à luminária. Colocam as uniões de perfil (Figura 188), topos, acessórios de fixação das réguas e ligações terra (Figura 189). Por fim posicionam as réguas e fixam aos suportes (Figura 190 e Figura 191).

*Observações efetuadas – Montagem*



**Figura 188** – Uniões de Perfil



**Figura 189** – Cabo terra e suportes de régua



**Figura 190** – Colocação de régua eletrificada



**Figura 191** – Conjunto de luminárias com régua

Na Tabela 48 seguinte registam-se os tempos observados para a montagem de diversas luminárias. Durante o processo foi possível verificar a montagem de luminárias com diversos tamanhos.

**Tabela 48** - Registo de tempos para montagem das luminárias U45

1x 7313mm - Total: 3 Perfis	
Tempo	00:25:41
1x26939mm - Total: 9 Perfis	
Tempo	01:33:35
1x13203mm - Total: 5 Perfis	
Tempo	00:55:30
2x5915mm - Total: 2 perfis/luminária	
Tempo	01:02:39
1x3953mm - Total: 2 perfis	
Tempo	00:25:44
4x 3111mm - Total: 2 Perfis / luminária	
Tempo	Tempo

Depois de terminada a montagem os perfis são levados para a área da embalagem. Estes produtos pelo seu comprimento, são fornecidos ao cliente divididos por partes como ilustra a Figura 192. Na área de embalagem, são colocados nos suportes de parede enquanto aguardam a sua vez para embalagem.



**Figura 192** – Perfis no suporte



**Figura 193** – Embalagens utilizadas

Quando o operador inicia a embalagem, o perfil é colocado no cavalete, limpo com líquido de limpeza e inspecionado. Seguidamente, o perfil é embrulhado em filme, cartão e selado com fita O/M. Por fim é colocado etiqueta do produto no exterior e armazenado no corredor de expedição.



**Figura 194** – Lote de luminárias para expedição



**Figura 195** – Lote de réguas para expedição

Do visualizado, constatou-se que o tempo de preparação médio corresponde a 00:05:08.

Nota que na altura estavam presentes 2 colaboradores, o que não corresponde à norma, sendo apenas uma colaboradora para o posto de trabalho em causa.

## 5. APRESENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA E ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Neste capítulo são apresentadas as propostas de melhoria relativamente aos problemas descritos no capítulo anterior.

### 5.1 Cálculo do Takt Time e Tempo de Atravessamento

Após a campanha de medição aos produtos descritos no capítulo anterior nas secções 4.4, faz-se o cálculo do Takt Time (TT) e o Tempo de Atravessamento (TA).

Da análise aos dados obtidos sugere-se melhorias ao processo analisado.

A Osvaldo Matos produz de segunda a sexta, 8 horas por dia com paragem de 10 minutos (10:00 às 10:00), ou seja, diariamente opera 7 horas e 50 minutos. (08:30 - 10:00 / 10:10 - 13:00 / 14:00 - 17:30)

#### 5.1.1 Tua

- Takt Time (TT)

A produção das 30 unidades da luminária Tua ocorreu entre as 08:30 do dia 13 de março e as 14:20 do dia 18 de março de 2019.

13	14	15	16	17	18
Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo	Segunda
07:50:00	07:50:00	07:50:00	-	-	04:20:00

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tempo total disponível de trabalho (segundos)}}{\text{Procura do cliente (unidades)}}$$

*Cálculos auxiliares:*

---

$$7 \text{ horas e } 50 \text{ minutos} = 7 \times 3600 \text{ segundos} + 50 \times 60 \text{ segundos} = 28200 \text{ segundos}$$

$$4 \text{ horas e } 20 \text{ minutos} = 4 \times 3600 \text{ segundos} + 20 \times 60 \text{ segundos} = 15600 \text{ segundos}$$

$$\text{Takt Time} = \frac{(28200 \times 3) + 15600}{30} = \frac{102000}{30} = 3400 \text{ segundos}$$

- Tempo de Ciclo (TC) e Tempo de Atravessamento (TA)

Tal como já evidenciado no capítulo anterior, o Tua divide a sua gama operatória em cinco operações (Pintura, Serralharia, Cura de cola, Eletrificação e Embalagem)

Para cada operação da gama operatória calcula-se o Tempo de Ciclo (TC) em segundos.

Na Pintura, foram manipuladas sete peças. Cada peça necessitou de ser preparada antes de ser pintada. A preparação incluía isolar roscas (em duas peças) e pendurar. Depois de pintar existe a necessidade de retirar do carro de pintura. Na Tabela 49 verifica-se os TC para cada operação. Em situações de vários registos, considerou-se o dado mais elevado. Nas peças onde não foi possível fazer o levantamento de dados, considerou-se para essa peça o valor mais elevado para essa operação.

**Tabela 49** - Tempo de ciclo para as operações de pintura

Isolar 2 peças Operadores = 1	Pendurar 7 peças Operadores = 2	Pintura Operadores = 1	Estufa	Tirar 7 peças
TC = 00:01:19 TC = 00:01:19	TC = 00:02:02 TC = 00:02:02 TC = 00:02:02 TC = 00:02:02 TC = 00:02:02 TC = 00:02:02 TC = 00:02:02 <b>∑ = 00:14:38 / 2 = 00:07:07</b>	<b>Peça 1</b> (10 unidades) TC = 00:05:39/10 TC = 00:00:34 <b>Peça 2</b> (10 unidades) TC = 00:04:15/10 TC = 00:00:26 <b>Peça 3</b> (7 unidades) TC = 00:04:10/7 TC = 00:00:36 <b>Peça 4</b> (10 unidades) TC = 00:03:49/10 TC = 00:00:23 <b>Peça 5</b> (10 unidades) TC = 00:04:10/10 TC = 00:00:25 <b>Peça 6</b> (10 unidades) TC = 00:03:45/10 TC = 00:00:23 <b>Peça 7</b> (10 unidades) TC = 00:04:10/10 TC = 00:00:25	TC = 00:15:00	<b>Peça 1</b> TC = 00:00:31 <b>Peça 2</b> TC = 00:00:30 <b>Peça 3</b> TC = 00:00:35 <b>Peça 4</b> TC = 00:00:30 <b>Peça 5</b> TC = 00:00:35 <b>Peça 6</b> TC = 00:00:30 <b>Peça 7</b> TC = 00:00:35
<b>∑TC= 00:02:38 = 158 segundos</b>	<b>∑TC= 00:07:07 = 427 segundos</b>	<b>∑TC= 00:03:12 = 192 segundos</b>	<b>∑TC= 00:15:00 = 900 segundos</b>	<b>∑TC= 00:03:46 = 226 segundos</b>

Para a pintura o TA não se considera a estufa dado que é um processo que ocorre em paralelo com outras operações, sendo assim:

$$TA = TC \times n^{\circ} \text{ de unidades produzidas} \Leftrightarrow (158+427+192+226) \times 30 = 30090 \text{ segundos}$$

Após a Pintura, uma das sete peças é junta em lote e enviada para a serralharia para colar o policarbonato. Cada peça necessita de ser preparada antes de ser colada. A preparação incluía abrir as roscas e limar as arestas. Na Tabela 50 verifica-se os TC para cada operação.

**Tabela 50** - Tempo de ciclo para as operações de serralharia

Abrir rosca Operadores = 1	Limar arestas Operadores = 1	Colagem Operadores = 1
TC = 00:02:13 = 133 segundos	TC = 00:00:32 = 32 segundos	TC = 00:02:12 = 132 segundos

$$TA = TC \times n^{\circ} \text{ de unidades produzidas} \Leftrightarrow (133+32+132) \times 30 = 8910 \text{ segundos}$$

Após o processo de colagem, o fabricante recomenda uma cura de 24h que não foi respeitada na totalidade. Dado que o processo terminou por volta as 16:30 e que o dia de trabalho termina às 17:30, apenas ocupou 1 hora de trabalho pela espera. A montagem iniciou-se as 8:30 do dia seguinte.

Após a colagem, é montada a luminária. Antes da montagem é feito uma pré-montagem de alguns componentes. Na Tabela 51 verifica-se os TC para cada operação.

**Tabela 51** - Tempo de ciclo para as operações de montagem

Pré-montagem Operadores = 1	Montagem Operadores = 1
TC = 00:02:30	TC = 00:21:46 = 1306 segundos
TC = 00:01:15	
TC = 00:01:28	
TC = 00:01:28	
TC = 00:00:35	
$\sum$ TC = 00:07:16 = 436 segundos	

$$TA = TC \times n^{\circ} \text{ de unidades produzidas} \Leftrightarrow (436+1306) \times 30 = 52260 \text{ segundos}$$

Após a montagem, é iniciada a embalagem. Na Tabela 52 verifica-se os TC para cada operação.

**Tabela 52** - Tempo de ciclo para as operações de montagem

Embalagem Operadores = 1
TC = 00:03:31 = 211 segundos

$$TA = TC \times n^{\circ} \text{ de unidades produzidas} \Leftrightarrow 211 \times 30 = 6330 \text{ segundos}$$

- **Situação Atual**

Durante a visita e acompanhado todo o processo de fabrico do Tua verificou-se algumas ineficiências.

Na Pintura o processo é bastante manual com fatores de elevada variabilidade dificultando a medição de tempos. Esta variabilidade verifica-se devido a:

- O operador pode pendurar a peça de forma aleatória e consoante o que considera melhor;
- Dependendo da ordem de produção, pode pendurar em conjunto com peças iguais ou com outras diferentes;
- De acordo com a experiência prévia pode conseguir gerir melhor o espaço para pendurar e com isso pintar mais peças ao mesmo tempo;
- Dependendo da geometria da peça, pode haver necessidade de pintar novamente, e como consequência ter de aquecer a peça na estufa, estando dependente se a estufa está ocupada ou não.
- Exige a elaboração prévia de sistemas em arame e/ou parafusos para pendurar as peças para pintura. Este processo muda consoante o produto e exige um conhecimento prévio o que dificulta outro operador fazer esta operação sem ajuda. Todos estes sistemas feitos, ou parte deles são lixo, o seja, desperdício pós pintura.
- Existe a necessidade de isolar roscas com fita, podendo ser evitado caso o fornecedor, facultasse as peças já com porcas que as protegessem, o que aconteceu em algumas peças. Foi verificado um número considerado de peças com defeito no tratamento cataforese, originando defeitos posteriores na pintura e por consequência necessidade de pintar novamente. Estas peças deviam ter sido reclamadas na sua receção no armazém de receção de mercadorias.

Na serralharia, o trabalhador recolhe as peças que estão na pintura e através da plataforma elevatória, leva-as para o piso -1. Posteriormente transporta para perto da fresadora.

Relativamente a este processo, verifica-se que:

- Não foi verificado nenhuma bancada para esta operação, sendo feita em cima da máquina (fresadora);
- O operador antes de iniciar esta operação tem de preparar a máquina de furar e procurar o macho adequado para abrir a rosca. Este processo, origina movimentos dentro da serralharia atrasando o processo.

Concluída a abertura de rosca, o operador pega nos policarbonatos já cortados e desloca-se para a máquina que estava junto da plataforma elevatória para limar as arestas. Concluída a operação, volta a deslocar-se para junto da fresadora para iniciar o processo de colagem.

- Não foi verificada nenhuma bancada adequada para esta operação, decorrendo em cima da máquina (fresadora).
- Verificou-se um considerado número de policarbonatos com defeitos. Neste caso foi cortado previamente policarbonatos a mais, caso contrário, obrigaria a cortar os policarbonatos novamente e limar as arestas.

Concluído o processo, as peças são levadas novamente para o piso 0 através da plataforma elevatória. A cura da cola ocorre na sala LED por ser um ambiente mais limpo evitando a deposição de pó.

Conforme já proposto, de forma a evitar movimentos e danos nas peças pintadas, sugere-se que o operador da serralharia faça o corte e a limagem das arestas nos policarbonatos e concluída a operação, os policarbonatos são levados em tabuleiro e colocados na sala LED. Os operadores da sala LED, fazem a abertura de rosca e colagem do policarbonato onde depois são deixados a secar durante 24h. Esta modificação evita o movimento das peças entre pisos só por causa da colagem. Conforme já verificado pelos cálculos acima, esta modificação, reduz os custos de produção em cerca de 10%

Na eletrificação e montagem verificou-se que:

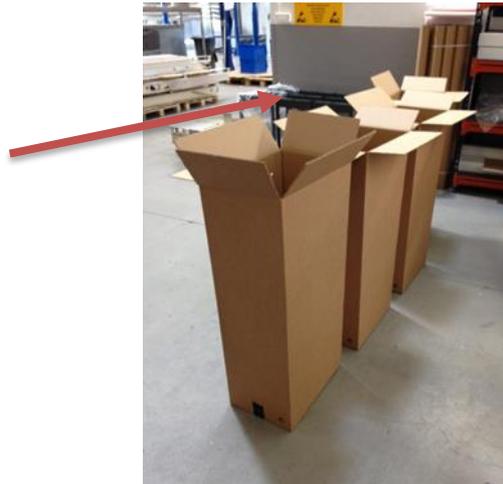
- Não existe informação completa na BOM que auxilia a montagem do produto nomeadamente em questões elétricas, como por exemplo, no momento de corte de cabos e descarnar, haver necessidade de medir e testar, quando a informação poderia estar na ficha de produto;
- Produto com muitos componentes o que dificulta a montagem;
- Necessidade de melhoria do produto para facilitar a montagem.

Ao longo da campanha de medição, foram recolhidos dados que auxiliem montagens futuras, como medidas para descarnar fios e suas dimensões.

Foi verificado que por vezes não é feita uma avaliação ao trabalho feito. Foram passados para embalagem luminárias com refletor sujo e/ou torto, obrigando a retrabalho.

Por fim na embalagem, este processo inicia-se com a junção de todos os acessórios de montagem num saco de plástico. De seguida são impressas as fichas de montagem, e depois são acoplados 2 a 2 as barras estabilizadoras e protegidas com filme.

Concluído este processo, a embalagem inicia-se com a colocação de fita cola O/M no fundo da caixa.



**Figura 196** - Luminárias no chão em cima de um cartão sujeitas a pó

É colocado no fundo da caixa plástico de bolhas (air bags). Os Tua são inspecionados visualmente, nomeadamente a zona do refletor e colocado num saco plástico para proteção do pó e dedadas. São colocados na caixa e “embrulhados” em airbag. São colocados os acessórios, ficha de montagem e barras estabilizadoras na embalagem. Por fim é colocado fita O/M em volta da caixa e assim selada a caixa. Para terminar a operadora, coloca a embalagem no corredor de expedição.

Foi verificado que as caixas vinham fragilizadas (muitas abriam-se) porque tinham apanhado humidade, obrigando a reforço ou até mesmo deitar a caixa ao lixo. As airbags não são o método mais eficaz de acomodação do produto. Mesmo sendo cheias no momento, estas perdem o ar ao fim de alguns dias, o que durante a expedição pode ser crítico, pois, o produto fica mais exposto a contacto e possíveis quedas da embalagem. Verificou-se que é necessária uma quantidade enorme destas airbags para acomodar um único produto. De futuro devem ser estudadas alternativas que melhor acomodem o produto nem que se degradem antes da chegada ao cliente.

Recorrendo aos dados da produção da luminária, esta é feita com execução da totalidade das peças acumulando um lote. Quando a operação termina, esse lote é transferido para o processo seguinte e assim consequentemente. Falamos então de uma produção empurrada.

Se for somado todos os tempos de atravessamento e dividir por um dia de trabalho, verifica-se o tempo necessário para a produção das 30 unidades do produto.

$$\text{Lead Time} = \Sigma TA \Leftrightarrow 30090 + 8910 + 52260 + 6330 = 97590 \text{ segundos}$$

Com o valor obtido, divide-se por um dia de trabalho útil, para obtermos os dias da produção.

$$\text{Dias para produção} = \frac{97590}{28200} = 3.46 \text{ dias}$$

- **Proposta de melhoria**

Após a pintura, existe uma operação que exige o transporte do lote de uma peça para a serralharia. Esta operação exige a colocação do lote no elevador para colocar as peças no piso inferior. Posteriormente as peças são levadas para o posto de trabalho que se verificou não ser o mais apropriado pois tratava-se da mesa de corte da CNC. Na serralharia o operador com um berbequim abre as roscas na peça, passa a pistola de ar para limpar impurezas e cola os policarbonatos previamente cortados.

Após a colagem as peças são levadas novamente para o piso superior através do elevador para fazer a "cura" da cola na sala de led que é um local mais limpo. Este processo de secagem é de 24 horas segundo recomendações do fabricante que por vezes não é respeitado como se verificou pela campanha observada. Esta espera de 24h é tempo que não é aproveitado dado que não se pode avançar com a montagem do produto sem a peça.

A proposta de melhoria será na pintura, o operador rececionar em primeiro lugar o lote de peças ao qual será colado o policarbonato, efetuar a sua pintura e avançar para a colagem que poderá ocorrer no mesmo piso dado que não existe nenhuma operação específica que obrigue a que seja a serralharia a fazer, sendo mais fácil transportar os policarbonatos para cima dado a sua dimensão reduzida, do que o inverso. Esta pequena alteração evita desperdício de espera das peças acabadas e movimentos das peças, dois dos sete desperdícios LEAN.

Em simultâneo que a peça está a ser colada, as restantes peças estão a ser pintadas. A partir da Tabela 49, construiu-se a Tabela 53, onde se obtém em média o tempo por peça.

**Tabela 53** - Tempo por peça para operação de pintura

Isolar 2 peças Operadores = 1	Pendurar 7 peças Operadores = 2	Pintura Operadores = 1	Estufa	Tirar 7 peças
158 segundos	427 segundos	192 segundos	900 segundos	226 segundos
158÷2=79 segundos	427÷7=61 segundos	192÷7=27.4 segundos	900 segundos	226÷7= 32.3 segundos

$$TA = TC \times n^{\circ} \text{ de unidades produzidas} \Leftrightarrow (79+61+27.4+32.3) \times 30 = 5991 \text{ segundos}$$

O tempo de atravessamento para as restantes peças (6 lotes de 30 unidades cada) o TA será:

$$TA = TC \times \text{número de unidades produzidas}$$

$$TA = (79+61+27.4+32.3) \times (30) = 5991 \text{ segundos}$$

$$TA = (61+27.4+32.3) \times (5 \times 30) = 18105 \text{ segundos}$$

O TA de 24096 segundos ocorrerá ao mesmo tempo que a peça 1, está a ser colada e curada.

Para esta proposta de melhoria, o Lead Time passa a ser calculado por:

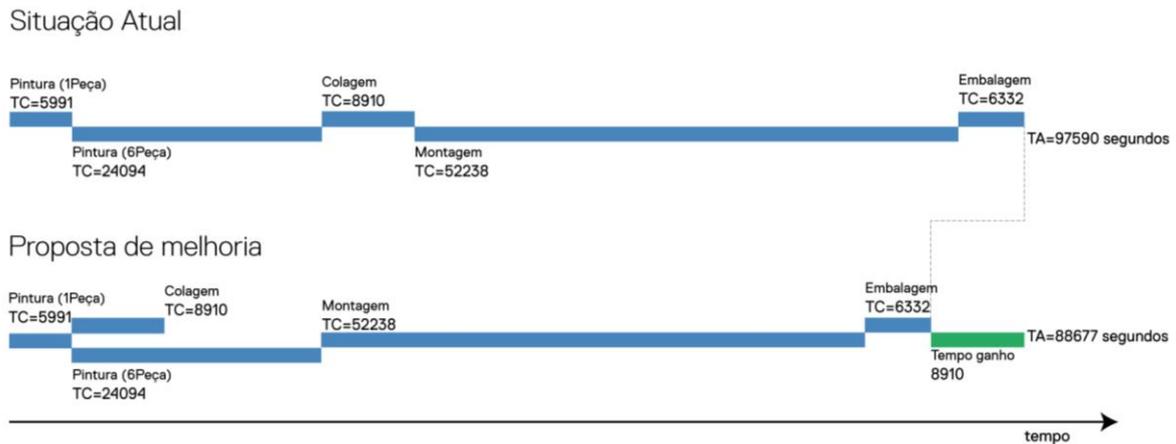
$$\text{Lead Time} = \Sigma TA \Leftrightarrow 5991 + 24096 + 52260 + 6330 = 88677 \text{ segundos}$$

Com o valor obtido, divide-se por um dia de trabalho útil, para obtermos os dias da produção.

$$\text{Dias para produção} = \frac{88677}{28200} = 3.14 \text{ dias}$$

- **Comparação de dados**

Para poder comparar as duas situações e verificar os seus ganhos, elaborou-se um gráfico que se apresenta na Figura 197. Como se pode observar, existe um ganho de 8910 segundos.



**Figura 197** – Comparação de dados para melhoria do processo do Tua

Atualmente o tempo de atravessamento, conforme de verifica pela Figura 197 é de 97590 segundos. Se este valor for traduzido para horas obtemos 27,1 horas.

$$\text{Tempo em horas} = \frac{97590}{3600} = 27,10 \text{ horas}$$

Está contabilizado que uma hora de trabalho na empresa, tem um custo de 13€, sendo que o custo total da produção é obtido da seguinte forma:

$$\text{Custo da produção} = 13 \times 27,10 = 352,30 \text{ €}$$

Dividindo o custo total da produção por o número de unidades produzidas, obtemos o custo de produção por unidade.

$$\text{Custo da produção por unidade} = \frac{352,30}{30} = 11,74 \text{ €}$$

Efetuada o mesmos cálculos para a proposta de melhoria, tendo em consideração que o tempo de atravessamento é de 88677 segundos. Traduzido para horas obtém-se:

$$\text{Tempo em horas} = \frac{88677}{3600} = 24,63 \text{ horas}$$

Contabilizando o custo de produção a 13€ por hora, o custo da produção é:

$$\text{Custo da produção} = 13 \times 24,63 = 320,19 \text{ €}$$

Dividindo o custo total da produção por o número de unidades produzidas, obtém-se o custo de produção por unidade.

$$\text{Custo da produção por unidade} = \frac{320,19}{30} = 10,67 \text{ €}$$

Comparando os dados, obtém-se uma redução de 1.07€, representado aproximadamente 9% de poupança.

$$11,74 - 10,67 = 1,07 \text{ €}$$

$$\text{Poupança (\%)} = \frac{1,07 \text{ €}}{11,73 \text{ €}} = 0,09 \times 100 \cong 9\%$$

A eficiência do processo de fabrico deste produto é aproximadamente de 25%.

$$\text{Eficiência} = \frac{\Sigma TC}{N^{\circ} \text{ de operações} \times TT} = \frac{1003+297+1742+211}{4 \times 3340} = 0,245 \times 100 \cong 25\%$$

Como o tempo de atravessamento calculado é próximo do Lead Time produtivo observado, conclui-se que a campanha de medição e tratamento dos respetivos dados, está a traduzir corretamente o funcionamento do sistema.

### 5.1.2 One Trimless

- Takt Time (TT)

A produção das 165 unidades da luminária One trimless ocorreu entre as 16:00 do dia 10 de abril e as 14:20 do dia 13 de maio de 2019.

Não foi possível calcular o Takt Time para o produto em análise, dado que a empresa não dispõe de um sistema de monitorização fiável. Apesar de a empresa ter um sistema de registo de tempo de operações em chão de fábrica, os mesmos são apagados automaticamente após o encerramento da ordem de produção, sendo impossível obter um histórico com robustez estatística. Esta encomenda esteve em chão de fábrica mais de um mês, com diversas paragens tendo em consideração que não era uma encomenda prioritária, avançando outras encomendas e projetos.

- **Situação Atual**

Durante a visita e acompanhado todo o processo de fabrico do One trimless S verificou-se algumas ineficiências.

Na Serralharia apurou-se que em todos os componentes, existem demasiadas operações associadas. O caso de aplicar marteladas na peça, para corrigir possíveis empenos provocados pela prensa é dos que mais se destaca. Foram observadas algumas peças com empeno vindos do fornecedor, o que origina pequenos acertos durante as operações. As operações de serralharia, eram apenas do domínio total de um operador.

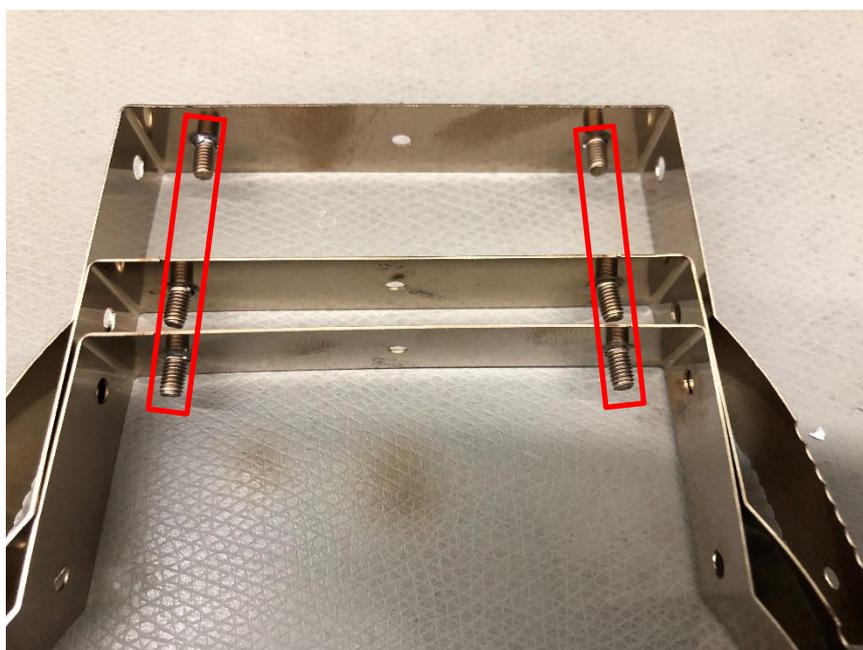
Na pintura dada a geometria dos refletores secundários, a tinta não fica devidamente impregnada na peça (Figura 198). Origina 2º de mão na pintura para corrigir estas falhas. Existem zonas, que ficam com excesso de pintura.



**Figura 198** – Peça com defeito na pintura

Na montagem e eletrificação, foi verificado que os operadores não têm conhecimento profundo de todos os procedimentos, surgindo muitas dúvidas durante a montagem. Este desconhecimento obrigou a montar e a desmontar peças.

Durante a montagem foi verificado não conformidades em alguns componentes, nomeadamente na mola que é fabricada externamente. Esta mola, como ilustra a Figura 199, é cortada a Laser, furada e quinada. Posteriormente são cravadas as roscas. Estas roscas na zona onde são cravadas, ficam com material a mais e empenadas. Esta situação não promove que o espaçador que lá é roscado encoste à superfície da mola. Foi necessário com a broca, abrir em todos os espaçadores uma pequena caixa (165x2=330 unidades) para colmatar esta dificuldade.



**Figura 199** – Defeitos na mola

Durante a programação dos drivers, foi verificado que a ordem de produção indicava um dado que o driver fornecido na estrutura não permitia, ou seja, era indicado que a corrente de funcionamento devia ser 150mA, mas o driver não permitia esse valor. Foi necessário esclarecer com várias pessoas, até se perceber que se tinha trocado o LED utilizado por outro com outra corrente. Nesse sentido, foi trocado o driver na estrutura, mas não foi colocado a informação correta na ordem de produção (Figura 201).



**Figura 200** – Instruções de programação no driver



ELE29

Programado a 150mA

Eletrificação

Mont/Elet.TE-Corrente/DALI/KIT

18,0

**Figura 201** – Indicação na ordem de produção

Foi verificado que os dissipadores se encontram produzidos com tratamento cataforese, imputando um custo de 0.135€ por unidade para este tratamento. Verificou-se que este tratamento, não é necessário bastando apenas que seja pintado com uma pintura preta normal lisa, para dissipação do calor.

A retirada deste tratamento para esta encomenda, significaria uma poupança de  $0.135 \times (165 \times 2) = 44.55€$



**Figura 202** – Dissipadores com tratamento cataforese

- **Proposta de melhoria**

Como já mencionado, na verificação do estado atual do processo de fabrico desta luminária, existe uma ineficiência, dado que os trabalhadores na montagem, não conseguem identificar se tem na sua posse todos os componentes para a montagem e mesmo durante a mesma, não dispõem de informação, como uma BOM nos seus postos de trabalho onde podem retirar dúvidas.

Dentro das ferramentas Lean, propõe-se o Standar Work com o objetivo da uniformização do trabalho eliminando desperdício e aumentando a produtividade, criando disciplina de trabalho.

É sugerido então o desenvolvimento de um documento que além da BOM (Bill of Materials) que ajuda, tanto no armazém a separação do material, como depois na montagem.

O documento deve ter um desenho explodido, exemplificativo do produto, com a legenda de cada peça. A peça deve conter o código interno e a sua localização em armazém. Estes dados irão permitir fazer uma *check list* com o ordem de produção.

Para além desta informação, deve conter imagens auxiliares à execução do produto.

Elaborou-se um documento exemplar que se apresenta no anexo I deste documento (Figura 212).

Este documento, deve depois de aprovado pela administração da empresa, ser replicado à totalidade dos produtos.

### 5.1.3 U60

- Takt Time (TT)

A produção dos 344 metros das luminárias U45 ocorreu entre o dia 3 de abril e o dia 31 de maio de 2019.

Mais uma vez, não foi possível calcular o Takt Time para o produto em análise, dado que a empresa não dispõe de um sistema de monitorização fiável. Apesar de a empresa ter um sistema de registo de tempo de operações em chão de fábrica, os mesmos são apagados automaticamente após o encerramento da ordem de produção, sendo impossível obter um histórico com robustez estatística. Esta encomenda esteve em chão de fábrica aproximadamente dois meses, com diversas paragens tendo em consideração que não era uma encomenda prioritária, avançando outras encomendas e projetos.

- **Situação Atual**

Após concluída a visita e acompanhado todo o processo de fabrico da U45, verificou-se nos seguintes processos as ineficiências que se passa a enumerar:

Na serralharia verificou-se que um grande número de papeis nas ordens de produção que facilmente se perdem originando a necessidade de imprimir novos. Os desenhos depois do corte são guardados dentro do perfil Figura 203, podendo originar ou a perda do desenho, ou na eventualidade de sair do perfil correspondente, existe dificuldade em perceber a qual perfil corresponde.



**Figura 203** – Lote de perfil cortados

A furação para os pontos de fixação é feita com um berbequim o que pode originar que os furos fiquem descentrados no perfil como ilustra a Figura 204.

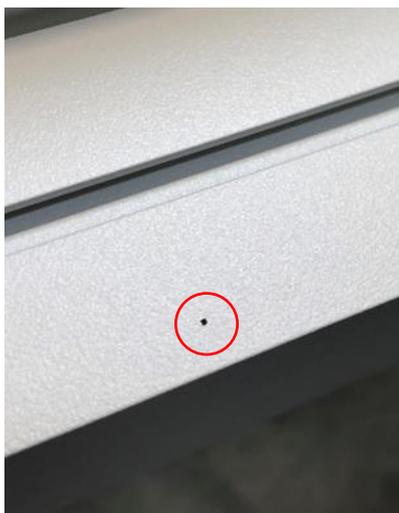


**Figura 204** – Descentramento do furo de fixação

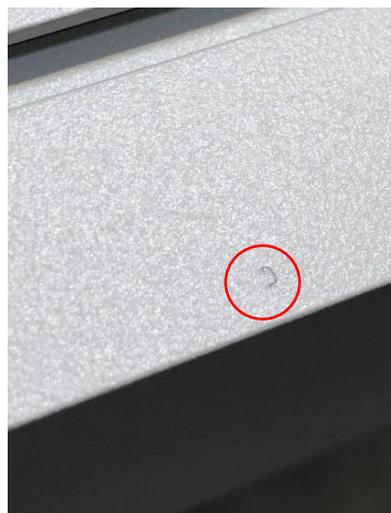
O facto de os lotes estarem no chão e do espaço ser reduzido, os operadores ao limparem a limalha com ar comprimido, acabam por atirar a limalha para os outros perfis que já foram tratados ou ainda vão ser.

Na pintura, como já tinha sido observado na serralharia, os perfis encontram-se muito desprotegidos. Quando os perfis passam para o piso 0 para serem pintados, estes continuam expostos a pó. Embora antes da pintura estes sejam limpos com um pano com desengordurante e com pistola de ar, existe muito pó no ar, o que provoca alguns defeitos na pintura, como demonstra a Figura 205, Figura 206, Figura 207 e Figura 208. Outro registo que se verificou ao longo do processo, é que como os perfis são pendurados com arames nos rasgos do perfil, por vezes alguns caem danificando, obrigando a serem “recuperados” com lixa para disfarçar pequenos danos. Quando as quedas ocorrem depois da pintura, têm que ser pintados novamente (Figura 209)

Outro problema ocorrido durante a pintura, foi a falha de stock de tinta. Como se trata de um RAL especial, foi só encomendado 1 embalagem de tinta para a encomenda toda. Dado que a tinta não entra nas necessidades, nem se sabe calcular a quantidade necessária, houve falha de stock durante o processo.



**Figura 205** – Defeito na pintura



**Figura 206** – Defeito na pintura



**Figura 207** – Pó acumulado nos perfis depois de pintados



**Figura 208** – Pó acumulado nos perfis depois pintados



**Figura 209** – Perfil no chão durante a pintura

Na montagem elétrica, verificou-se apenas alguma dificuldade na leitura do desenho dos Modelos 29. No último processo, a embalagem, verifica-se que as embalagens em cartão para estas linhas por vezes são demasiado pequenas, obrigando a unir com fita a toda a volta as embalagens de cartão, sendo esta união frágil e imputando um trabalho acrescido. Não existe sentido crítico na validação das luminárias durante a montagem e eletrificação, chegando a este ponto erros críticos como os ilustrados na Figura 210 e Figura 211. Isto origina um retrabalho, dado que as luminárias têm de regressar à montagem para corrigir o que já podia ter sido corrigido.



**Figura 210** – Topo mal encaixado



**Figura 211** – Defeito na pintura

- **Proposta de melhoria**

Como já mencionado, na verificação do estado atual do processo de fabrico desta luminária, existe uma ineficiência, dado que os trabalhadores na eletrificação, não conseguem interpretar corretamente o desenho fornecido para a montagem e execução.

Dentro das ferramentas *Lean*, propõe-se o *Standard Work* com o objetivo da uniformização do trabalho eliminando desperdício e aumentando a produtividade, criando disciplina de trabalho.

Foi sugerido e implementado um novo desenho onde inclui mais informação de forma mais clara e evidente.

Para a elaboração deste novo documento, foi convocada uma reunião com o responsável de produção, diretora de produção e os funcionários que costumam ter estas dificuldades de forma a incluir e melhorar a informação. Como se trata de um documento interno e externo, o mesmo apresenta-se em inglês. Foi feito uma versão em português para ajudar os trabalhadores na interpretação.

Apresenta-se no anexo II (Figura 213 e Figura 214), o documento implementado.

## **6. CONCLUSÃO**

Neste capítulo são apresentadas as considerações finais acerca do desenvolvimento da presente dissertação bem como, a descrição de algumas propostas de trabalho futuro.

### **6.1 Considerações finais**

A concretização do projeto centrou-se na análise do sistema produtivo da Osvaldo Matos, S.A com o intuito de perceber as principais ineficiências e verificar oportunidades de melhoria de forma a melhorar a qualidade dos produtos e reduzir os tempos de entrega.

Numa fase inicial do projeto, foi realizado um diagnóstico à situação atual da linha de produção e do sistema de receção de encomendas. Para tal, foi recolhido do SAP, todas as encomendas para o ano 2017 e 2018, a fim de se verificar quais as gamas e os produtos mais vendidos, o seu peso na sua faturação e por sua vez, perceber qual o impacto que a customização tem na faturação da empresa. Identificou-se que os produtos customizados são uma realidade com bastante peso e que tem vindo a aumentar. Elaborou-se também um estudo ao tipo de encomendas rececionadas pela empresa e seu tratamento, ao processo de criação de ordens de produção, tratamento de informação até chegar à separação de matérias. Por fim elaborou-se uma campanha de medição a três produtos das gamas com mais faturação e de acordo as ordens de produção em curso. Através da realização da análise crítica à situação inicial, foi possível identificar os principais problemas que afetavam o processo produtivo e que, por sua vez, provocam desperdícios de tempo e materiais. Entre os principais problemas detetados estava o elevado número de operações derivado na construção do produto, produção bastante manual, dado a tipologia e construção do produto, falta de informação para montagem e manipulação das peças. Foi sugerido a modificação do processo de produção ao produto Tua, evitando a movimentação de artigos volumosos e acontecendo em paralelo, contribuindo com uma redução estimada de 10% nos custos de produção do artigo.

Adicionalmente sugere-se a criação de instruções de trabalho a colocar nos postos de trabalho, por forma a que cada trabalhador antes de iniciar a operação, possa em primeiro lugar consultar e verificar se dispões do material correto, e obter instruções de montagem. Este documento poderá reduzir movimentações, uma vez que, já não precisa de as ir esclarecer junto do departamento de desenvolvimento, e poderá reduzir tempos de ciclo e atravessamento, porque torna o processo mais rápido.

Ao longo de todo o processo da elaboração deste documento, houve uma grande abertura e motivação por parte dos trabalhadores em participar na campanha de medição e sugerir possíveis melhorias para redução de desperdícios.

## **6.2 Limitações e propostas de trabalho futuro**

Como proposta de trabalho futuro sugere-se continuar a analisar o processo produtivo de todos os produtos da empresa, continuando a campanha de medição e observação direta a fim de se perceber quais os procedimentos, máquinas, ferramentas e pessoas envolvidas para que se identifique os desperdícios.

Depois de recolhidos os dados, deve-se normalizar processos e documentar com instruções de trabalho claras para reduzir perdas no processo. Grande parte dos desperdícios ocorridos ao longo do processo são resultado da reduzida informação disponível e alguma desorganização por parte dos operadores.

Outro situação a ser revista é o software no chão de fábrica que atualmente apaga os dados de tempos de produção após encerramento das ordens de produção. Estes dados são cruciais para análise, pois não se consegue verificar a evolução das produções ao longo do tempo, nem retirar informação de forma a ajustar o planeamento de produção.

Outro problema a ser corrigido são os controlos de qualidade. Cada operador é responsável por verificar o seu trabalho no final da operação para o produto prosseguir na linha. Foi muitas vezes percecionado que os produtos sofrem retrabalho e movimentações desnecessárias e muitas vezes acabam por ir para o cliente com defeito. Apesar de as reclamações terem grande peso na imagem da empresa, nunca foi alvo de estudo o peso que representa os custos de não-qualidade para a faturação da empresa. Deve ser promovido por parte da empresa, campanhas de sensibilização aos trabalhadores assim como formação para evitar não conformidades que podiam ser evitadas, com o bom senso de cada um.

Embora não seja do âmbito da engenharia industrial, verificou-se que os produtos apresentam uma enorme quantidade de peças o que conseqüentemente, aumenta o número de operações, possibilidade de ocorrer erros e dificulta e aumenta os tempos de montagem, influenciando assim os processos de planeamento e produção. Já foi iniciado pela empresa o processo de reengenharia de um produto, conseguindo reduzir em mais de 50% o número de componentes. Sugere-se uma análise a todos os produtos, para verificar a elegibilidade da reengenharia. Esta alteração poderá significar uma poupança de recursos à empresa, o que poderá ser benéfico um estudo do impacto dessa alteração e investimento necessário.

Para além de tudo isto, a empresa deve continuar com a aplicação de medidas Lean. Um dos pontos fortes desta filosofia, é a sua capacidade em melhorar continuamente todos os setores da Osvaldo Matos. Haverá sempre possibilidades de melhoria otimizando cada vez mais a cadeia de produção contribuindo para o futuro da empresa e satisfação dos clientes.

Ao longo do presente estudo, foram encontradas algumas limitações o que impediram a implementação de algumas propostas de melhoria. Além da quebra de um número considerável de recursos humanos, o ano de 2019 foi marcado pela presença de um considerável número de projetos com um volume bastante elevado e prazos de entrega rígidos. Para além disso, a empresa prepara-se para participar pela terceira vez no maior evento internacional de iluminação a decorrer no mês de março em Frankfurt, o que obrigou o foco e o esforço na preparação desse evento no que diz respeito ao desenvolvimento de nos produtos, seus protótipos e testes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ağpak, K., & Gökçen, H. (2005). Assembly line balancing: Two resource constrained cases. *International Journal of Production Economics*, 96(1), 129–140. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2004.03.008>
- Bastos, E. (2015a). O que é a gestão científica? Retrieved from Portal Gestão website: <https://www.portal-gestao.com/artigos/7615-o-que>
- Bastos, E. (2015b). O que é a produção em série? Retrieved December 4, 2018, from Portal da Gestão website: <https://www.portal-gestao.com/artigos/7673-o-que-e-a-producao-em-serie.html>
- Bayo-Moriones, A., Bello Pintado, A., & Merino, J. (2010). 5S use in manufacturing plants: Contextual factors and impact on operating performance. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 27, 217–230. <https://doi.org/10.1108/02656711011014320>
- Becker, C., & Scholl, A. (2006). A survey on problems and methods in generalized assembly line balancing. *European Journal of Operational Research*, 168(3), 694–715. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.07.023>
- Bicheno, J. (2004). *The New Lean Toolbox: Towards Fast Flexible Flow*.
- Boysen, N., Fliedner, M., & Scholl, A. (2007). A classification of assembly line balancing problems. *European Journal of Operational Research*, 183(2), 674–693. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.10.010>
- Chen, J., Dugger, J., & Hammer, B. (2001). A Kaizen Based Approach for Cellular Manufacturing System Design: A Case Study. *The Journal of Technology Studies*, 27. <https://doi.org/10.21061/jots.v27i2.a.3>
- Coimbra, E. A. (2009). *Total Flow Management: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains* (Kaizen Institute, Ed.). Kaizen Institute.
- Coutinho, T. (2020). 8 desperdícios lean. Retrieved January 18, 2020, from Voitto website: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/8-desperdicios-lean>
- Cruz-Machado, V., & Leitner, U. (2013). Lean tools and lean transformation process in health care. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 5, 383–392. <https://doi.org/10.1080/17509653.2010.10671129>
- Dignan, L. (2002). Is Dell hitting the efficiency wall? Retrieved January 20, 2020, from Cnet website: <https://www.cnet.com/news/is-dell-hitting-the-efficiency-wall/>
- Endo, S., & Kincade, D. H. (2008). Mass customization for long-term relationship development: Why consumers purchase mass customized products again. *Qualitative Market Research*, 11(3), 275–294. <https://doi.org/10.1108/13522750810879011>
- Erel, E., & Sarin, S. (1998). A survey of the assembly line balancing procedures. *Production Planning & Control - PRODUCTION PLANNING CONTROL*, 9, 414–434. <https://doi.org/10.1080/095372898233902>
- Feitzinger, E., & Lee, J. (1997). Mass Customization at Hewlett Packard: the power of postponement. *Harvard Business Review*, 75, 116–123.
- Feld, W. M. (2000). *Lean Manufacturing - Tools, Techniques, and How to Use Them*. Retrieved from [https://www.cambridge.org/core/product/identifier/CBO9781107415324A009/type/book\\_part](https://www.cambridge.org/core/product/identifier/CBO9781107415324A009/type/book_part)
- Gaetano Cirino e Vittorio Da Sois. (2014). THE PDCA METHOD OR DEMING WHEEL FOR YOUR IMPROVEMENT. Retrieved January 20, 2020, from iWolm website: <http://www.iwolm.com/en/the-pdca-method-or-deming-wheel-for-your-improvement/>
- Hall, R. W. (1998). *Standard Work: Holding the Gains*.
- Hines, P., Francis, M., & Found, P. (2006). Towards lean product lifecycle management: A framework for new product development. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 17(7), 866–887.

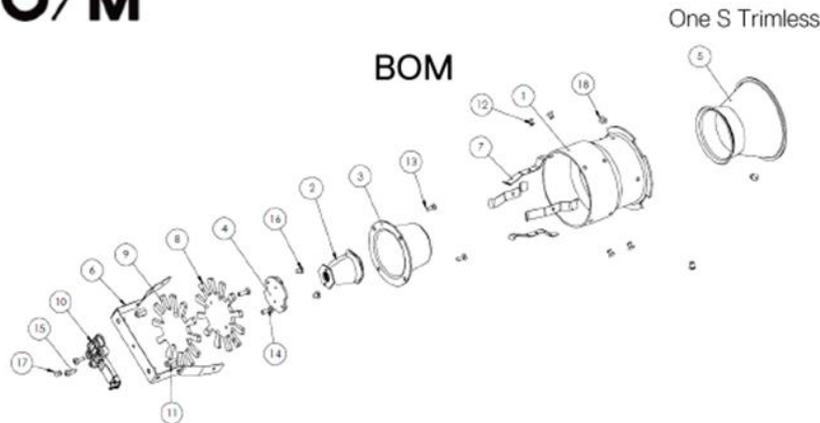
- <https://doi.org/10.1108/17410380610688214>
- Hlström, P., & Westbrook, R. (1999). Implications of mass customization for operations management: An exploratory survey. *International Journal of Operations and Production Management*, *19*(3), 262–275. <https://doi.org/10.1108/01443579910249705>
- Howe, C., Faubion, J., & Boyer, D. (2018). Circling Back. *Cultural Anthropology*, *33*(4), 521–525. <https://doi.org/10.14506/ca33.4.01>
- Hu, S. J., Ko, J., Weyand, L., Elmaraghy, H. A., Lien, T. K., Koren, Y., ... Shpitalni, M. (2011). Assembly system design and operations for product variety. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, *60*(2), 715–733. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2011.05.004>
- Hu, Shixin Jack; (2013). Evolving Paradigms of Manufacturing: From Mass Production to Mass Customization and Personalization. *Procedia CIRP*, *7*, 3–8. <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2013.05.002>
- Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*.
- Insa, C. M., Pedro, J., Sabater, G., & Romano, C. A. (2005). *Diseño de puestos de trabajo en líneas de montaje de centros especiales de empleo bajo criterios de diseño universal: antecedentes y aplicación Diseño de puestos de trabajo en líneas de montaje de Centros Especiales de Empleo bajo criterios de Diseño Uni.* (May 2014).
- Institute, T. W. E. D. (2020). PDSA Cycle. Retrieved from The W. Edwards Deming Institute website: <https://deming.org/explore/p-d-s-a>
- Jain, A. (2015). *The Kaizen Philosophy for Industries : A Review Paper*.
- JIWAT. (2018). 5S (or 6S) Lean Management technique: Possible uses in project management. Retrieved January 20, 2020, from IPMA website: <https://www.ipma.world/5s-6s-lean-management-technique-possible-uses-project-management/>
- Joseph, B., Li, P., Victor, B., Boynton, A. C., Pine II, B. J., Victor, B., & Boynton, A. C. (1993). Making Mass Customization Work. *Harvard Business Review*, *September*(March 2016), 108–117.
- kanbanize. (2020). kanbanize. Retrieved from kanbanize website: <https://kanbanize.com/pt/fluxo-continuo/o-que-e-takt-time/>
- Koren, Y, Jovane, F, Heisel, U, Moriwaki, T, P., & G., Ulsoy AG, and V. B. H. (1999). Reconfigurable Manufacturing Systems. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*.
- Kumar, N., & Mahto, D. (2013). Assembly line balancing: a review of developments and trends in approach to industrial application. *Global Journal of Research In Engineering*, *13*(2), 807–811.
- Latestquality. (2018). What Is the Difference of Takt Time vs Cycle Time. Retrieved January 25, 2020, from latestquality website: <https://www.latestquality.com/takt-time-vs-cycle-time/>
- Liker, J. (1997). *Becoming Lean: Inside Stories of U.S. Manufacturers*. <https://doi.org/10.4324/9781482293661>
- Liker, J. (2008). *The Toyota Way: 14 Management Principles From The World's Greatest Manufacturer*.
- Liker, J., & Morgan, J. (2006). The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development. *Academy of Management Perspectives*, *20*. <https://doi.org/10.5465/AMP.2006.20591002>
- Maia, L. C., Alves, a. C., & Leão, C. L. (2011). Metodologias Para Implementar Lean Production: Uma Revisão Crítica De Literatura. *CILME '2011*, 0915A.
- Martin. (2015). Mass Customization: What, Why, How, and Examples. Retrieved from Cleverism website: <https://www.cleverism.com/mass-customization-what-why-how/>
- Modrak, V., Marton, D., & Bednar, S. (2015). The influence of mass customization strategy on configuration complexity of assembly systems. *Procedia CIRP*, *33*, 538–543. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.06.071>
- Monden, Y. (1998). *Toyota Production System – An Integrated approach to Just-In-Time* (4<sup>o</sup>; L. Taylor & Francis Group, Ed.). CRC Press.
- Muchiri, P., & Pintelon, L. (2008). Performance measurement using overall equipment effectiveness

- (OEE): Literature review and practical application discussion. *International Journal of Production Research*, 46(13), 3517–3535. <https://doi.org/10.1080/00207540601142645>
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Productivity Pr; Eleventh Printing edition.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*.
- Omogbai, O., & Salonitis, K. (2017). The Implementation of 5S Lean Tool Using System Dynamics Approach. *Procedia CIRP*, 60, 380–385. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.01.057>
- Parry, G. C., & Turner, C. E. (2006). Application of lean visual process management tools. *Production Planning and Control*, 17(1), 77–86. <https://doi.org/10.1080/09537280500414991>
- Peeples, K. (1993). Mass customization: The new frontier in business competition by B. Joseph Pine, II. Boston: Harvard Business School Press, 1993. 333+xvii pages. \$29.95. *Journal of Product Innovation Management*. [https://doi.org/10.1016/0737-6782\(93\)90090-d](https://doi.org/10.1016/0737-6782(93)90090-d)
- Pine II, B. J., & Hull, R. (1995). Mass customization: the new frontier in business competition. *R and D Management*, 25(2), 254.
- Pinto, J. P. (2014). *Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras (6 edição atualizada)*.
- Raid A. Al-Aomar. (2011). Applying 5S Lean Technology: An Infrastructure for Continuous Process Improvement. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*, 5(12), 2645–2650. Retrieved from <http://waset.org/publications/930>
- Ramdass, K. (2015). *Integrating 5S principles with process improvement: A case study*. 1908–1917. <https://doi.org/10.1109/PICMET.2015.7273045>
- Relkar, A. S., & Nandurkar, K. N. (2012). Optimizing & analysing overall equipment effectiveness (OEE) through design of experiments (DOE). *Procedia Engineering*, 38(June 2015), 2973–2980. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.06.347>
- Resta, B., Powell, D., Gaiardelli, P., & Dotti, S. (2015). Towards a framework for lean operations in product-oriented product service systems. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 9. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2015.01.008>
- Robertson, D., & Ulrich, K. (1998). Planning for Product Platforms. *Sloan Management Review*, 39(4), 19–31.
- Santos, A. C., & Santos, M. (2007). *UTILIZAÇÃO DO INDICADOR DE EFICÁCIA GLOBAL DE EQUIPAMENTOS (OEE) NA GESTÃO DE MELHORIA CONTÍNUA DO SISTEMA DE MANUFATURA - UM ESTUDO DE CASO*.
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2008). Research Methods for Students. In *Research methods for business students*. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Schofield, N. (1979). Assembly line balancing and the application of computer techniques. *Computers & Industrial Engineering - COMPUT IND ENG*, 3, 53–69. [https://doi.org/10.1016/0360-8352\(79\)90004-4](https://doi.org/10.1016/0360-8352(79)90004-4)
- Selladurai, R. S. (2004). Mass customization in operations management: Oxymoron or reality? *Omega*, 32(4), 295–300. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2003.11.007>
- Shingo, S. (1989). *A study of the Toyota production system from an industrial engineering viewpoint*. Retrieved from <https://search.library.wisc.edu/catalog/999766293802121>
- Silveira, C. B. (2014). Muda, Mura e Muri: O modelo 3M do sistema Toyota de Produção. Retrieved from Citisystems website: <https://www.citisystems.com.br/muda-mura-muri/>
- Spear, S., & Bowen, H. (1999). Decoding the DNA of the Toyota Production System. *Harvard Business Review*, 77(5), 96–106.
- Stefanic, N., Tosanovic, N., & Hegedic, M. (2012). *Kaizen Workshop as an Important Element of Continuous Improvement Process*. 3.
- Swaminathan, J. M. (2001). Enabling Customization Using Standardized Operations. *California Management Review*, 43(3), 125–135. <https://doi.org/10.2307/41166092>

- Tezel, A., Koskela, L., & Tzortzopoulos, P. (2009). *The Functions of Visual Management*.
- Torghabehi, Y., Maki, A., Kurczewski, K., & Abdekhodae, A. (2016). Visual management, performance management and continuous improvement: A lean manufacturing approach. *International Journal of Lean Six Sigma*, 7, 187–210. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-09-2014-0028>
- Transactions, T., & Techniczne, C. (2013). Some aspects of visual management systems applied in modern industrial plant. *Czasopismo Techniczne*, 2013, 373–380. <https://doi.org/10.4467/2353737XCT.14.047.1973>
- Tseng, M. M., & Du, X. (1998). Design by Customers for Mass Customization Products. *CIRP Annals*, 47(1), 103–106. [https://doi.org/10.1016/S0007-8506\(07\)62795-4](https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)62795-4)
- Villiers, F. De. (2008). *The illustrated Lean: Agile and world class manufacturing*.
- Vorne Industries. (2019). Overall Equipment Effectiveness (OEE). Retrieved January 20, 2020, from Vorne Industries website: <https://www.vorne.com/learning-center/oeo.htm>
- William, A., & Miller, P. E. (1992). Review of: "One-Piece Flow – Cell Design for Transforming", Kenichi Sekine, Productivity Press, Cambridge, MA, Year: 1992. *IIE Transactions*, 24. <https://doi.org/10.1080/07408179208964238>
- Wilson, L. (2010). *How to Implement Lean Manufacturing*. McGraw-Hill Education - Europe.
- Womack, J. P.; Jones, D. T; & Roos, D. (1990). *The machine that changed the world. Long Range Planning*. New York: Macmillan Publishing Company.
- Womack, J., & Jones, D. (1996). Lean Thinking : Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. In *Journal of the Operational Research Society* (Vol. 48). <https://doi.org/10.1038/sj.jors.2600967>
- Yamamoto, Y., & Bellgran, M. (2010). Fundamental mindset that drives improvements towards lean production. *Assembly Automation*, 30, 124–130. <https://doi.org/10.1108/01445151011029754>
- Zawadzki, P., & Zywicki, K. (2016). Smart product design and production control for effective mass customization in the industry 4.0 concept. *Management and Production Engineering Review*, 7(3), 105–112. <https://doi.org/10.1515/mper-2016-0030>

## ANEXO I – DOCUMENTO EXEMPLIFICATIVO PARA APOIO À PRODUÇÃO (ONE TRIMLESS S)

O/M



Item	SAP	Descrição	Localização em armazém	QT
1	3053520106	One S trimless, Corpo em alumínio 1,6mm OM44B04P02V03		1
2	3003203750	Micro Downlight 25º		1
3	3053520021	One S, Ctrlight em alumínio 1,2mm OM44B04P07V01		1
4	2058560025	MCPCBA OM15019 LED Duris S8 3000K CRI 80 590lm 5,5W 29~33V 150mA		1
5	3053520107	One S trimless, 25º, refletor secundário em alumínio 1,2mm OM44B04P08V06		1
6	3053520445	One S, mola de encastre OM44B04P09V06		1
7	3053520595	One trimless, mola refletor secundário 25º 35º OM44B04P13V03		4
8	2053560001	One 85 - dissipador 1 com tratamento cataforese OM44B04P15V05		1
9	2053560002	One 85 - dissipador 2 com tratamento cataforese OM44B04P15V04		1
10	3001602120	Bloqueador de Cabos 46.413.-352.50 BJB		1
11	3053510004	Espaçador com 2x rosca interna tipo H1200 Aço de corte Zincado [6] M3X8,5X8,5		2
12	3005103090	Rebite cabeça de embeber 3x6mm		4
13	3005104170	Parafuso cabeça embeber zincado PH M3X8mm		2
14	3005103750	Parafuso auto roscante Cab.Cil. Niquelado 2,9x6,5mm s/ponta Din 7981C		2
15	3005103750	Parafuso auto roscante Cab.Cil. Niquelado 2,9x6,5mm s/ponta Din 7981C		2
16	3005103160	Parafuso cabeça de queijo PH zincado - M3x4		2
17	3005101270	Rebites Alumínio 2,4X6		1
18	3053510040	Rebite cabeça boleada de alumínio 3x4mm		4
	3001605040	Cabo Preto NT20N MM200 2x0.50		0,5
	3053090003	Driver TCI MP 15 15W 60-360mA selecionável		1
	3005103460	Parafuso auto roscante Cab.Cil. Zincado PH 2,9x9,5mm c/ponta Din 7981C		2



2700K – Programação 140mA  
3000K – Programação 700mA  
4000K – Programação 700mA



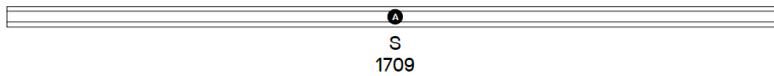
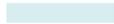
Corte de 50cm Cabo Preto NT20N MM200 2x0.50  
Descarnado: 1cm e 6cm

Ficha de acompanhamento de produto v0.0

**Figura 212** – Exemplo de Instrução de trabalho para One Trimless S

# ANEXO II – DOCUMENTO EXEMPLIFICATIVO PARA APOIO À PRODUÇÃO (U45)

O/M



## U45 Surface direct ceiling

Diffuse 44W 6700lm 3000K 1709mm Black  
 LED CR>80 >50.000h, L80/B10 / 3-step MacAdam  
 Power supply included  
 IP20 | 230Vac | 50/60Hz

◀◀

### Technical draw caption

- A** Diffuse module      ◻ Shadow area
- E** Uw module          ◻ E-KIT

### Structure finish

● .02 Black / RAL 9005

### Module finish

● .02 Black / RAL 9005

### Project

Dissertação Mestrado

### Client

Diogo Pinho

Quantity	Position

If the indicated luminaire is correct, please sign below and return this document to the provider within 24 hours to ensure timely delivery. Thank you.

Signature and date



This is a top view technical drawing

www.om-light.com / mail@om-light.com Rua Garça Barbada 27145, 4400-289 Vila Nova de Gaia, Porto, Portugal. / Aparado 9338, 4401-901 Vila Nova de Gaia, Porto, Portugal. / tel. +351 223 710 419

Figura 213 – Página 1 do desenho de sistemas lineares melhorado

O/M

## U45 Surface direct ceiling

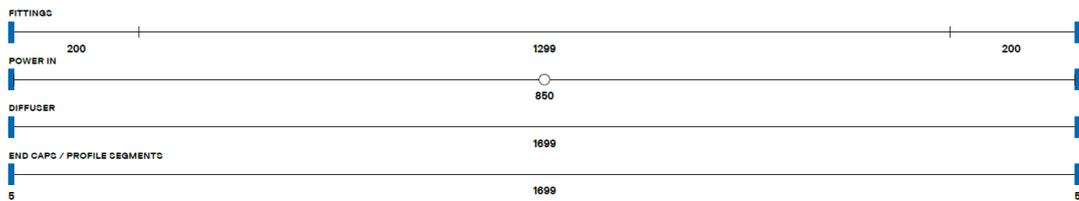
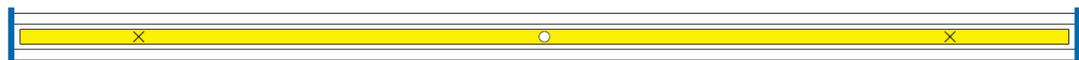
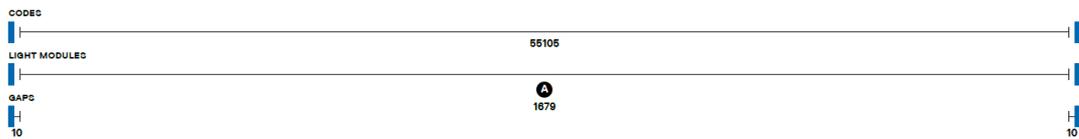
Diffuse 44W 6700lm 3000K 1709mm Black  
 LED CR>80 >50.000h, L80/B10 / 3-step MacAdam  
 Power supply included  
 IP20 | 230Vac | 50/60Hz

◀◀

### Technical draw caption

- A** Diffuse module      ◻ LED light source      × Fitting      | End caps
- E** Uw module          ◻ LED light source E-KIT      ○ Power in      | Profile junctions
- ◻ Shadow area      ◻ Profile

S - 1709mm



www.om-light.com / mail@om-light.com Rua Garça Barbada 27145, 4400-289 Vila Nova de Gaia, Porto, Portugal. / Aparado 9338, 4401-901 Vila Nova de Gaia, Porto, Portugal. / tel. +351 223 710 419

Figura 214 – Página 2 do desenho de sistemas lineares melhorado