

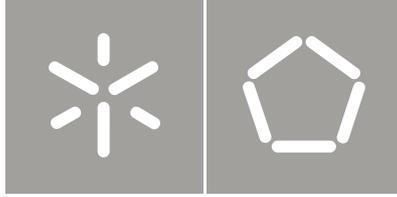


Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Eric Simão Macieira da Costa

Melhoria da Secção de Transformação
Mecânica de uma Empresa de Elevadores

Eric Simão Macieira da Costa
Melhoria da Secção de Transformação
Mecânica de uma Empresa de Elevadores



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Eric Simão Macieira da Costa

Melhoria da Secção de Transformação
Mecânica de uma Empresa de Elevadores

Tese de Mestrado
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao
Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efectuado sob a orientação do
Professor Doutor Rui Sousa

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA TESE APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, __/__/____

Assinatura: _____

Agradecimentos

A realização deste projeto de dissertação não seria possível sem o apoio e as sugestões de algumas pessoas. Assim, agradeço ao meu orientador científico, o Professor Doutor Rui Sousa, que sempre me acompanhou desde o início do projeto, com o seu sentido crítico e objetivo, apresentando ideias e sugestões valiosas para o meu trabalho.

Agradeço ao Engenheiro Alexander Iken e ao Doutor Miguel Franco por me terem dado a oportunidade de realizar a minha dissertação na Schmitt + Sohn Elevadores.

Agradeço também ao meu orientador na empresa, o Engenheiro Eládio Pires, pela sua disponibilidade e paciência, pela sua forma metódica de lidar com as diversas situações e pela transmissão de conhecimentos e esclarecimento de dúvidas na empresa. Gostaria ainda de agradecer ao Engenheiro Fernando Carvalho pela receptividade, pelas ideias sugeridas e pela disponibilidade demonstrada sempre que surgiam dúvidas.

Agradeço ainda ao Senhor Carlos Palmeira e ao Senhor Rui Sousa pelos conhecimentos partilhados sobre as questões técnicas acerca da secção. Gostaria ainda de expressar o meu agradecimento ao João Pinto, da secção de manutenção e do Mestrado em Engenharia Industrial (MEI) da Universidade do Minho, pelo apoio concebido e pelo material fornecido para o desenvolvimento do meu trabalho. Agradeço também ao André Berenguel e à Teresa Martins pela disponibilidade e pelo material de apoio fornecido. Queria ainda demonstrar o meu agradecimento a todos os colaboradores da Schmitt + Sohn Elevadores, principalmente aos da secção onde se realizou o estudo, pela sua simpatia e prontidão a responder a todas as minhas dúvidas.

Por último, um reconhecimento especial aos meus pais, irmãos e à Sara Bragança pela confiança, estímulo e apoio que sempre demonstraram ao longo desta importante etapa da minha vida.

Resumo

O presente trabalho resulta de um projeto de dissertação de mestrado realizado na empresa Schmitt + Sohn Elevadores, no âmbito do 2º semestre do 5º ano, do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial do Departamento de Produção e Sistemas da Escola de Engenharia da Universidade do Minho.

O principal objetivo deste projeto foi melhorar o funcionamento de uma das secções da empresa, a secção de Transformação Mecânica, através da aplicação da metodologia *Single-Minute Exchange of Die* (SMED) e de outras ferramentas *Lean Production*.

Para atingir os objetivos estabelecidos para o projeto utilizou-se a metodologia de investigação *Action-Research*, realizando-se inicialmente uma análise ao estado atual da secção em estudo e identificando-se os principais problemas existentes. Entre as ferramentas de diagnóstico utilizadas, destaca-se a aplicação de uma nova ferramenta de identificação de desperdícios – *Waste Identification Diagram*. De seguida, foram propostas soluções de melhoria com base em ferramentas *Lean* (SMED, 5S, gestão visual e *Standard Work*) para melhorar o funcionamento de algumas máquinas da secção: prensa, puncionadora e quinadoras.

Com as propostas apresentadas reduziram-se os tempos de *setup* da prensa numa média de 62% e os tempos da puncionadora em 64%. Isto permite produzir por ano mais 4532 unidades para o produto analisado para a prensa e mais 437 unidades para o produto da puncionadora, correspondendo a ganhos anuais na ordem dos 734€ e dos 7315€, respetivamente. Estimou-se também que o tempo recuperado por ano é de 163h para a prensa e 157h para a puncionadora, o que corresponde a um ganho anual de 1629€ para o primeiro caso e 1565€ para o segundo. Reduziu-se ainda o WIP de 12,8 dias para 6,4 dias e de 2,2 dias para 1,1 dias para a prensa e puncionadora, respetivamente. Por fim, reduziu-se a distância total percorrida pelo operador numa média de 59% no caso da prensa e em 99% no caso da puncionadora. Quanto às quinadoras os principais resultados obtidos referem-se à melhoria da organização do espaço de trabalho e à rápida reconfiguração do *layout*.

Palavras-chave: *Lean Production, Setup, SMED*

Abstract

This project results from a dissertation conducted at the company Schmitt + Sohn Elevadores within the 2nd semester of the 5th year of the Integrated Master Course on Industrial Engineering and Management of the Production and Systems Department of the Engineering School of the University of Minho.

The main objective of this project was to improve the functioning of a section of the company, the Mechanical Processing section, by applying the methodology Single-Minute Exchange of Die (SMED) and other Lean Production tools.

To achieve the objectives established for the project it was used the Action-Research methodology performing, initially, analysis of the present state of the section under study and identifying the main problems. Among the diagnostic tools used, it stands out the application of a new tool for waste identification – Waste Identification Diagram. Then, solutions for improvement were proposed based on Lean tools (SMED, 5S, visual management and Standard Work) to improve the functioning of certain machines of the section: press, punching machine and press brakes.

With the proposals presented setup times were reduced by an average of 62% for the press and by 64% for punching machine. This allows to produce more 4532 units per year for the product analyzed for the press and more 437 units for the product of the punching machine, corresponding to annual profits on the order of 734€ and 7315€, respectively. It was also estimated that the time recovered per year is 163h for the press and 157h for the punching machine, which corresponds to annual gains of 1629€ for the first case and of 1565€ for the second case. The amount of WIP was also reduced from 12.8 days to 6.4 days and from 2.2 days to 1.1 days for the press and for the punching machine, respectively. Finally, the total distance traveled by the operator was reduced on an average of 59% in the case of the press and by 99% in the case of the punching machine. As for the press brakes, the main results obtained are related to improvement of the organization of the workspace and the rapid reconfiguration of the layout.

Keywords: Lean Production, Setup, SMED

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract	vii
Índice	ix
Índice de Figuras	xiii
Índice de Tabelas	xix
Lista de Siglas e Acrónimos	xxi
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Metodologia de Investigação	3
1.4. Estrutura da Dissertação	4
2. Revisão Bibliográfica	5
2.1. <i>Lean Production</i>	5
2.1.1. Origem e Enquadramento	5
2.1.2. Princípios	6
2.1.3. Tipos de Desperdícios	7
2.1.4. Técnicas e Ferramentas	8
2.2. Conceito de <i>Setup</i>	13
2.2.1. Processo de <i>Setup</i>	13
2.2.2. Tempo de <i>Setup</i>	15
2.2.3. Importância da Redução do Tempo de <i>Setup</i>	17
2.3. <i>Single-Minute Exchange of Die</i>	18
2.3.1. Origem e Enquadramento	18

2.3.2.	Descrição da Metodologia	19
2.3.3.	Benefícios de Implementação	23
2.3.4.	Exemplos de Aplicação.....	25
2.3.5.	Análise Crítica	27
2.4.	<i>Waste Identification Diagrams</i>	31
3.	Apresentação da Empresa	33
3.1.	Identificação	33
3.2.	Filosofia	34
3.3.	Estrutura Organizacional.....	34
3.4.	Fornecedores, Clientes e Concorrentes.....	35
3.5.	Produtos Produzidos.....	35
3.6.	Descrição Geral do Sistema Produtivo.....	36
4.	Descrição e Análise da Secção de Transformação Mecânica	39
4.1.	Identificação da Secção.....	39
4.2.	Produtos Produzidos.....	40
4.3.	Implantação e Fluxo de Materiais	41
4.4.	Caracterização do Estado Atual.....	44
4.4.1.	Descrição das Máquinas Analisadas	44
4.4.2.	Seleção dos Produtos para Análise.....	48
4.4.3.	Análise do Processo Produtivo dos Produtos Seleccionados	52
4.5.	Identificação de Problemas.....	62
5.	Ações de Melhoria	65
5.1.	Implementação da Metodologia SMED na Prensa CC100.....	65
5.1.1.	Fase Preliminar – <i>Setup</i> Interno e Externo não Diferenciados	67
5.1.2.	Fase 1 – Separação de <i>Setup</i> Interno e Externo.....	71

5.1.3.	Fase 2 – Conversão de <i>Setup</i> Interno em Externo	72
5.1.4.	Fase 3 – Racionalização do <i>Setup</i> Interno e Externo.....	74
5.2.	Implementação da Metodologia SMED na Puncionadora PGA	84
5.2.1.	Fase Preliminar – <i>Setup</i> Interno e Externo não Diferenciados	85
5.2.2.	Fase 1 – Separação de <i>Setup</i> Interno e Externo.....	88
5.2.3.	Fase 2 – Conversão de <i>Setup</i> Interno em Externo	89
5.2.4.	Fase 3 – Racionalização do <i>Setup</i> Interno e Externo.....	89
5.3.	Organização do Espaço de Trabalho das Quinadoras.....	95
6.	Análise e Discussão de Resultados.....	101
6.1.	Análise SMED.....	101
6.1.1.	Prensa CC100.....	101
6.1.2.	Puncionadora PGA.....	107
6.2.	Organização	111
7.	Conclusão.....	113
7.1.	Considerações Finais.....	113
7.2.	Trabalho Futuro	114
	Referências Bibliográficas	117
	Anexos.....	123
	Anexo I – Organigrama da Empresa	125
	Anexo II – <i>Layouts</i> das Secções Produtivas	127
	Anexo III – Análise ABC Prensa	129
	Anexo IV – Resultados WID para Estudo da Prensa	133
	Anexo V – Resultados WID para Estudo da Puncionadora	135
	Anexo VI – Fase Preliminar SMED na Prensa	137
	Anexo VII – Fase 1 SMED na Prensa.....	143

Anexo VIII – <i>Checklist</i> da Fase 1 SMED da Prensa	149
Anexo IX – Fase 2 SMED na Prensa.....	151
Anexo X – <i>Checklist</i> da Fase 2 SMED da Prensa	155
Anexo XI – Fase 3 SMED na Prensa.....	157
Anexo XII – Normalização dos Processos de <i>Setup</i> da Prensa	161
Anexo XIII – Fase Preliminar SMED na Puncionadora.....	167
Anexo XIV – Fase 1 SMED na Puncionadora.....	171
Anexo XV – Fase 2 SMED na Puncionadora	175
Anexo XVI – Lista de Ferramentas da Puncionadora.....	177
Anexo XVII – Fase 3 SMED na Puncionadora.....	181
Anexo XVIII – Normalização do Processo de <i>Setup</i> Puncionadora.....	183
Anexo XIX – Lista de Ferramentas da Quinadora QHD.....	187
Anexo XX – Lista de Ferramentas da Quinadora QIH	189
Anexo XXI – Projeto para Organização de Ferramentas das Quinadoras.....	191

Índice de Figuras

Figura 1 - Casa TPS (adaptado de Liker, 2004)	6
Figura 2 - Os sete desperdícios	7
Figura 3 - As cinco etapas da metodologia 5S	9
Figura 4 - Tipos de dispositivos <i>poka-yoke</i> (adaptado de Feld, 2001).....	11
Figura 5 - Os três elementos chave do <i>Standard Work</i>	11
Figura 6 - Símbolos utilizados no VSM	12
Figura 7 - Três elementos chave para <i>setup</i> eficaz (adaptado de Sekine & Arai, 1992) 14	
Figura 8 - Aspetos relevantes no <i>setup</i> (adaptado de McIntosh <i>et al.</i> , 2001b)	16
Figura 9 - Percentagem de tempo gasto em cada passo de um <i>setup</i>	16
Figura 10 - Fases e técnicas da metodologia SMED (adaptado de Shingo, 1985).....	21
Figura 11 - Vantagens de um <i>setup</i> rápido (adaptado de Lopes <i>et al.</i> , 2010)	24
Figura 12 - Ícones utilizados no WID (retirado de Sá <i>et al.</i> , 2011)	32
Figura 13 - Schmitt + Sohn Elevadores Portugal.....	33
Figura 14 - Exemplos de elevadores e seus componentes	36
Figura 15 - Produção de elevadores nos últimos 17 anos	36
Figura 16 - Fluxo de materiais entre as secções produtivas	38
Figura 17 - Secção de produção P01 – Transformação Mecânica.....	39
Figura 18 - Identificação dos grupos funcionais do elevador	40
Figura 19 - Fluxo de materiais da secção P01	41
Figura 20 - <i>Layout</i> da secção P01.....	42
Figura 21 - Fluxograma dos processos produtivos da secção P01	43
Figura 22 - <i>Spaghetti Chart</i> dos fluxos de materiais dentro da secção P01	43
Figura 23 - Prensa CC100.....	45
Figura 24 - Molde utilizado na prensa	45
Figura 25 - Puncionadora PGA.....	46
Figura 26 - Torreta da puncionadora	46
Figura 27 – Punção (lado esquerdo) e matriz (lado direito) da puncionadora	46
Figura 28 - Quinadoras a) QHD, b) QIH e c) QIHD	47
Figura 29 - Punção e matriz de quinadora	47
Figura 30 - Tempos de <i>setup</i> registados pelo operador da prensa.....	48

Figura 31 - Tempos de <i>setup</i> registados pelo operador da puncionadora	50
Figura 32 - Indicação dos prumos do elevador	52
Figura 33 - Processo produtivo do reforço para o prumo oposto.....	52
Figura 34 - <i>Spaghetti Chart</i> para o reforço para prumo oposto	53
Figura 35 - Diagrama de processo para o reforço para prumo oposto	53
Figura 36 - Excerto da tabela de recolha de dados para o WID	55
Figura 37 - Resultado das observações WID para o reforço para prumo oposto.....	56
Figura 38 - WID para o reforço para prumo oposto	56
Figura 39 - Partes constituintes da estrutura interior da caixa do elevador	58
Figura 40 - Processo produtivo dos painéis de cabine em lampre.....	58
Figura 41 - <i>Spaghetti Chart</i> para o painel de cabine em lampre.....	59
Figura 42 - Diagrama de processo para o painel de cabine em lampre	59
Figura 43 - Resultado das observações WID para o painel de cabine em lampre	61
Figura 44 - WID para o painel de cabine em lampre	61
Figura 45 - Diferença entre registos de tempos de <i>setup</i>	64
Figura 46 - Matrizes e punções de quinadoras situadas por baixo da banca	64
Figura 47 - Metodologia adotada para a implementação de SMED	65
Figura 48 - Processos produtivos e de <i>setup</i> para o reforço para prumo oposto.....	67
Figura 49 - Estados do reforço após cada processo de transformação.....	67
Figura 50 - Excerto de um diagrama de sequência criado	68
Figura 51 – Resultados obtidos na fase preliminar SMED da prensa	68
Figura 52 – Percentagem de tempo gasto nos processos de <i>setup</i> da prensa.....	69
Figura 53 - <i>Spaghetti Chart</i> do processo de setup da Ferramenta 1.....	69
Figura 54 - <i>Spaghetti Chart</i> do processo de setup da Ferramenta 2.....	70
Figura 55 - <i>Spaghetti Chart</i> do processo de setup da Ferramenta 3.....	70
Figura 56 - Duplicação da base superior dos moldes da prensa	73
Figura 57 - Tipos de fixações (antes e depois).....	74
Figura 58 - Solução para centragem de moldes	75
Figura 59 - Painel de controlo com indicação dos parâmetros.....	76
Figura 60 – Estantes para moldes (antes e depois)	77
Figura 61 - Identificação dos moldes da prensa.....	78
Figura 62 - Mapa das estantes dos moldes	79

Figura 63 - Aspeto final da zona das estantes dos moldes	79
Figura 64 - Carro junto da prensa (antes e depois)	80
Figura 65 - Ferramentas da prensa (antes e depois)	81
Figura 66 - Identificação dos tamanhos das ferramentas.....	82
Figura 67 - Revestimento em chapa e torno no novo carro de ferramentas	82
Figura 68 - Linhas delimitadoras colocadas no chão	83
Figura 69 - Exemplo de uma <i>Standard Work Sheet</i> criada para a prensa	84
Figura 70 - Tipos de formatos de matrizes da puncionadora	85
Figura 71 - <i>Layout</i> da torreta da puncionadora	85
Figura 72 - Retificadora de ferramentas da puncionadora.....	86
Figura 73 - Percentagem de tempo gasto nos processos de <i>setup</i> da puncionadora....	87
Figura 74 - <i>Spaghetti Chart</i> do processo de setup da puncionadora	87
Figura 75 - Tabuleiro SMED para puncionadora.....	90
Figura 76 - Identificação das posições no tabuleiro SMED da puncionadora.....	91
Figura 77 - Identificação das posições na torreta da puncionadora	91
Figura 78 - Armário inicial de ferramentas da puncionadora	92
Figura 79 - Estante para a puncionadora (retirada de www.thefabricator.com)	93
Figura 80 - Cartões para o processo de manutenção	94
Figura 81 - Situação inicial do espaço de trabalho das quinadoras	96
Figura 82 - Nova banca para colocação de paletes das quinadoras.....	97
Figura 83 - Desenho da solução para arrumação das ferramentas das quinadoras.....	98
Figura 84 - Projeto para dimensionar divisórias para ferramentas das quinadoras.....	98
Figura 85 - Situação final do espaço de trabalho das quinadoras.....	99
Figura 86 - Palletes de ferramentas antigas das quinadoras	100
Figura 87 - Tempos de <i>setup</i> da prensa (antes e depois)	101
Figura 88 - Tempo gasto nas fases dos <i>setups</i> da prensa (antes e depois)	102
Figura 89 - Produção de reforços em lotes de 800 e lotes de 400.....	104
Figura 90 - <i>Spaghetti charts</i> dos processos de <i>setup</i> da prensa (antes e depois)	106
Figura 91 - Distância percorrida pelo operador da prensa (antes e depois)	106
Figura 92 - Tempos de <i>setup</i> da puncionadora em cada fase SMED.....	107
Figura 93 - Tempo gasto nas fases do <i>setup</i> da puncionadora (antes e depois)	108
Figura 94 - <i>Spaghetti charts</i> do processo de <i>setup</i> da puncionadora (antes e depois)	110

Figura 95 - Distância percorrida na punçionadora em cada fase SMED.....	110
Figura 96 - Soluções para melhorar a organização do espaço da secção.....	111
Figura 97 - Organigrama da empresa	125
Figura 98 - <i>Layout</i> Schmitt I.....	127
Figura 99 - <i>Layout</i> Schmitt II.....	128
Figura 100 - Diagrama fase preliminar SMED ferramenta 1 da prensa (1 de 2).....	137
Figura 101 - Diagrama fase preliminar SMED ferramenta 1 da prensa (2 de 2).....	138
Figura 102 - Diagrama fase preliminar SMED ferramenta 2 da prensa (1 de 2).....	139
Figura 103 - Diagrama fase preliminar SMED ferramenta 2 da prensa (2 de 2).....	140
Figura 104 - Diagrama fase preliminar SMED ferramenta 3 da prensa (1 de 2).....	141
Figura 105 - Diagrama fase preliminar SMED ferramenta 3 da prensa (2 de 2).....	142
Figura 106 - Diagrama fase 1 SMED ferramenta 1 da prensa (1 de 2).....	143
Figura 107 - Diagrama fase 1 SMED ferramenta 1 da prensa (2 de 2).....	144
Figura 108 - Diagrama fase 1 SMED ferramenta 2 da prensa (1 de 2).....	145
Figura 109 - Diagrama fase 1 SMED ferramenta 2 da prensa (2 de 2).....	146
Figura 110 - Diagrama fase 1 SMED ferramenta 3 da prensa.....	147
Figura 111 - <i>Checklist</i> fase 1 SMED da prensa.....	149
Figura 112 - Diagrama fase 2 SMED ferramenta 1 da prensa.....	151
Figura 113 - Diagrama fase 2 SMED ferramenta 2 da prensa (1 de 2).....	152
Figura 114 - Diagrama fase 2 SMED ferramenta 2 da prensa (2 de 2).....	153
Figura 115 - Diagrama fase 2 SMED ferramenta 3 da prensa.....	154
Figura 116 - <i>Checklist</i> fase 2 SMED da prensa.....	155
Figura 117 - Diagrama fase 3 SMED ferramenta 1 da prensa.....	157
Figura 118 - Diagrama fase 3 SMED ferramenta 2 da prensa.....	158
Figura 119 - Diagrama fase 3 SMED ferramenta 3 da prensa.....	159
Figura 120 - <i>Standard Work Combination Sheet</i> ferramenta 1 da prensa (1 de 3).....	161
Figura 121 - <i>Standard Work Combination Sheet</i> ferramenta 1 da prensa (2 de 3).....	161
Figura 122 - <i>Standard Work Combination Sheet</i> ferramenta 1 da prensa (3 de 3).....	162
Figura 123 - <i>Standard Work Combination Sheet</i> ferramenta 2 da prensa (1 de 3).....	163
Figura 124 - <i>Standard Work Combination Sheet</i> ferramenta 2 da prensa (2 de 3).....	163
Figura 125 - <i>Standard Work Combination Sheet</i> ferramenta 2 da prensa (3 de 3).....	164
Figura 126 - <i>Standard Work Combination Sheet</i> ferramenta 3 da prensa (1 de 3).....	165

Figura 127 - <i>Standard Work Combination Sheet</i> ferramenta 3 da prensa (2 de 3).....	165
Figura 128 - <i>Standard Work Combination Sheet</i> ferramenta 3 da prensa (3 de 3).....	166
Figura 129 - Diagrama fase preliminar SMED da puncionadora (1 de 3)	167
Figura 130 - Diagrama fase preliminar SMED da puncionadora (2 de 3)	168
Figura 131 - Diagrama fase preliminar SMED da puncionadora (3 de 3)	169
Figura 132 - Diagrama fase 1 SMED da puncionadora (1 de 3).....	171
Figura 133 - Diagrama fase 1 SMED da puncionadora (2 de 3).....	172
Figura 134 - Diagrama fase 1 SMED da puncionadora (3 de 3).....	173
Figura 135 - Diagrama fase 2 SMED da puncionadora (1 de 2).....	175
Figura 136 - Diagrama fase 2 SMED da puncionadora (2 de 2).....	176
Figura 137 - Diagrama fase 3 SMED da puncionadora (1 de 2).....	181
Figura 138 - Diagrama fase 3 SMED da puncionadora (2 de 2).....	182
Figura 139 - <i>Standard Work Combination Sheet</i> da puncionadora (1 de 6)	183
Figura 140 - <i>Standard Work Combination Sheet</i> da puncionadora (2 de 6)	183
Figura 141 - <i>Standard Work Combination Sheet</i> da puncionadora (3 de 6)	184
Figura 142 - <i>Standard Work Combination Sheet</i> da puncionadora (4 de 6)	184
Figura 143 - <i>Standard Work Combination Sheet</i> da puncionadora (5 de 6)	185
Figura 144 - <i>Standard Work Combination Sheet</i> da puncionadora (6 de 6)	185
Figura 145 - Banca para ferramentas da quinadora QIH (1)	191
Figura 146 - Banca para ferramentas da quinadora QIH (2)	191
Figura 147 - Banca para ferramentas da quinadora QHD.....	192

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Passos tradicionais de um processo de <i>setup</i>	14
Tabela 2 - Etapas fundamentais para o desenvolvimento da metodologia SMED	19
Tabela 3 - Resultados esperados da metodologia SMED (adaptado de Shingo, 1985)..	24
Tabela 4 - Resultados obtidos por alunos universitários com a aplicação de SMED	27
Tabela 5 - Abordagens de redução de <i>setup</i> (adaptado de Reis & Alves, 2010)	29
Tabela 6 - Fornecedores, clientes e concorrentes da empresa	35
Tabela 7 - Produtos comercializados pela empresa	35
Tabela 8 - Identificação das secções produtivas da empresa	37
Tabela 9 - Produtos produzidos na secção P01	41
Tabela 10 - Máquinas da secção P01	42
Tabela 11 - Informação das forças e dos comprimentos de quinagem das quinadoras	47
Tabela 12 - Produtos da classe A da análise ABC da prensa	49
Tabela 13 - Número de <i>setups</i> por ano (D05110 e D05186).....	50
Tabela 14 - Problemas identificados durante o projeto	63
Tabela 15 - Resumo dos resultados obtidos na Fase Preliminar da prensa	71
Tabela 16 - Resultados obtidos na Fase 1 SMED da prensa.....	71
Tabela 17 - Resultados obtidos na Fase 2 SMED da prensa.....	73
Tabela 18 - Resultados obtidos na Fase 3 SMED da prensa.....	83
Tabela 19 - Resultados obtidos na Fase Preliminar e Fase 1 SMED puncionadora.....	88
Tabela 20 – Resultados obtidos na Fase 2 e na Fase3 SMED da puncionadora.....	95
Tabela 21 - Ganhos obtidos nos tempos de <i>setup</i> da prensa	102
Tabela 22 - Ganhos com a redução dos tempos de <i>setup</i> na prensa.....	103
Tabela 23 - Impacto económico da redução dos tempos de <i>setup</i> na prensa	103
Tabela 24 - Tempo total de produção de reforços (antes e depois)	104
Tabela 25 - Resultados WIP para a produção em lotes de 800 e lotes de 400.....	105
Tabela 26 - Ganhos obtidos nas distâncias percorridas na prensa	106
Tabela 27 - Ganhos com a redução dos tempos de <i>setup</i> na puncionadora.....	108
Tabela 28 - Impacto económico da redução dos tempos de <i>setup</i> na puncionadora .	109
Tabela 29 - Resultados WIP para a produção em lotes de 66 e lotes de 33.....	109
Tabela 30 - Análise ABC para a prensa (1 de 3).....	129

Tabela 31 - Análise ABC para a prensa (2 de 3).....	130
Tabela 32 - Análise ABC para a prensa (3 de 3).....	131
Tabela 33 - Resultados das observações WID para o reforço para prumo oposto.....	133
Tabela 34 - Resultados das observações WID para o painel em lampre	135
Tabela 35 - Lista de ferramentas da puncionadora (parte 1 de 3).....	177
Tabela 36 - Lista de ferramentas da puncionadora (parte 2 de 3).....	178
Tabela 37 - Lista de ferramentas da puncionadora (parte 3 de 3).....	179
Tabela 38 - Lista de ferramentas especiais da puncionadora	179
Tabela 39 - Lista de punções da quinadora QHD	187
Tabela 40 - Lista de matrizes da quinadora QHD	187
Tabela 41 - Lista de punções da quinadora QIH.....	189
Tabela 42 - Lista de matrizes da quinadora QIH.....	189

Lista de Siglas e Acrónimos

ABC	<i>Activity-Based Costing</i>
C/O	<i>Changeover</i>
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
FIFO	<i>First-in, first-out</i>
IST-UTL	Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa
JIT	<i>Just-In-Time</i>
LT	<i>Lead Time</i>
SMED	<i>Single-Minute Exchange of Die</i>
TC	Tempo de Ciclo
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
TT	<i>Takt Time</i>
UA	Universidade de Aveiro
UM	Universidade do Minho
UNL	Universidade Nova de Lisboa
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
WID	<i>Waste Identification Diagrams</i>
WIP	<i>Work-In-Process</i>



1. Introdução

O presente relatório descreve o projeto de dissertação de mestrado do autor, no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial do Departamento de Produção e Sistemas da Escola de Engenharia da Universidade do Minho, desenvolvido na empresa Schmitt + Sohn Elevadores. Neste capítulo apresenta-se o enquadramento do projeto, definem-se os objetivos e a metodologia utilizada para atingir esses objetivos. Está ainda incluída uma descrição sucinta da estrutura da dissertação para facilitar a orientação do leitor.

1.1. Enquadramento

Com o aumento da competitividade do mercado global, cada vez mais o cliente opta pela personalização dos seus produtos, o que faz com que as organizações tenham de produzir pequenas quantidades de uma grande diversidade de produtos. Deste modo, é necessário que as organizações sejam reativas ou até mesmo pró-ativas, influenciando o mercado e lançando novos produtos. É também fundamental produzir sem defeitos, aumentar a qualidade dos serviços e reduzir os prazos de entrega para satisfazer as necessidades dos clientes. A filosofia *Lean Production* é uma abordagem ao sistema produtivo das empresas que permite alcançar estes objetivos. O *Lean Production* é um modelo de organização da produção focado no cliente, procurando a eliminação de desperdícios e a entrega atempada de produtos de qualidade a um baixo custo (Womack, Jones, & Roos, 1990).

Este projeto de dissertação decorreu na empresa Schmitt + Sohn Elevadores, que se encontra numa fase de implementação da filosofia *Lean* com o auxílio do Instituto Kaizen. O sistema produtivo da empresa ainda não está a operar de forma eficiente e de acordo com a filosofia pretendida uma vez que se encontra ainda numa fase inicial de implementação. Assim, o principal foco deste projeto é a melhoria de uma das secções da empresa – a secção de produção de Transformação Mecânica.

A secção de Transformação Mecânica corresponde ao local onde se inicia toda a produção da empresa e que abastece todas as outras secções de produção e montagem. Esta secção apresenta um horizonte de planeamento que difere de todas

as outras, realizando a sua produção com uma semana de antecedência para que seja possível entregar o material atempadamente. No entanto, esta produção antecipada faz com que se registem diversos problemas no espaço fabril: falta de espaço para armazenar produtos semiacabados, elevado *stock* e *Work-In-Process* (WIP), perda de materiais e desorganização do espaço produtivo.

Uma das principais razões para que a secção de Transformação Mecânica opere nestas condições é o facto de as máquinas registarem elevados tempos nos processos de *setup*. O processo de *setup* de um equipamento consiste na preparação desse equipamento para a produção de um novo produto (diferente do que estava a produzir). Os elevados tempos de *setup* fazem com que sejam produzidos lotes de grande dimensão, tentando minimizar o número de trocas de ferramenta. No entanto, além de outros problemas, a produção de lotes de grande dimensão tem como consequência imediata o aumento do *lead time* do produto.

Assim, o desafio deste projeto passou pela melhoria desta secção de produção, aplicando algumas ferramentas da filosofia *Lean Production*, destacando-se a metodologia SMED (*Single-Minute Exchange of Die*).

1.2. Objetivos

Este projeto de dissertação tem como objetivo global melhorar o funcionamento da secção de Transformação Mecânica da empresa Schmitt + Sohn Elevadores, através da aplicação da metodologia SMED e de outras técnicas e ferramentas da filosofia *Lean Production*. Em termos mais concretos, os objetivos deste projeto foram:

- Reduzir tempos de *setup*;
- Reduzir o tamanho dos lotes de produção;
- Reduzir o horizonte de planeamento;
- Aumentar a flexibilidade da secção;
- Normalizar os processos de *setup*;
- Melhorar a organização do espaço;
- Reduzir *stocks* e WIP.



Para atingir estes objetivos foi delineada a metodologia de investigação descrita na próxima subsecção.

1.3. Metodologia de Investigação

A realização deste projeto de dissertação envolveu diferentes temáticas, relativamente às quais foi necessário aprofundar conhecimentos. Para tal, foi efetuada uma pesquisa de informação acerca da filosofia *Lean Production* e suas ferramentas, e foi realizada uma pesquisa mais aprofundada acerca do conceito de *setup* e da metodologia SMED. Estas informações foram obtidas através de diversos tipos de fontes literárias, tais como dissertações de outros autores (fonte primária), artigos científicos e livros (fontes secundárias) e ainda índices e resumos (fontes terciárias). Além de uma síntese dos conteúdos mais relevantes que foram encontrados, foi elaborada uma análise crítica relativa a esses mesmos conteúdos.

Para atingir os objetivos deste projeto, foi utilizada a metodologia de investigação *Action-Research*. A metodologia *Action-Research* é definida como uma investigação ativa onde ocorre o envolvimento de todas as pessoas relacionadas com o projeto (O'Brien, 1998). Esta metodologia de investigação é constituída por 5 fases (O'Brien, 1998): diagnóstico; planeamento de ações; implementação de ação ou ações selecionadas; avaliação do resultado e especificação de aprendizagem.

Deste modo, na primeira fase da metodologia realizou-se uma análise ao estado atual da secção de Transformação Mecânica para identificar os principais problemas existentes. Nesta fase de diagnóstico foram analisados principalmente os equipamentos, os produtos, as operações, os *setups*, os processos de produção, os fluxos produtivos e a implantação da secção em estudo. Como suporte, utilizaram-se diversas ferramentas de análise e diagnóstico, tais como a análise ABC (*Activity-Based Costing*), o diagrama de análise de processo, o diagrama de sequência e o *spaghetti chart*. Para além destas ferramentas, foi utilizada uma nova ferramenta de diagnóstico designada por *Waste Identification Diagram* (WID) que permitiu visualizar parte dos tradicionais sete desperdícios referidos na filosofia *Lean*.

Com os principais problemas identificados passou-se para a fase seguinte da metodologia *Action-Research*, isto é, o planeamento de ações. Foram então propostas soluções de melhoria para atingir os objetivos do projeto e para resolver alguns problemas identificados. Deste modo, recorreu-se à aplicação de ferramentas *Lean Production*, dando-se principal ênfase ao SMED e aos 5S.

Desta forma, na fase seguinte da metodologia *Action-Research* foram implementadas as ações desenvolvidas. Os resultados obtidos foram objeto de análise e discussão (fase 4 da metodologia), efetuando-se uma comparação entre a situação inicial e a situação proposta de modo a verificar os benefícios que a empresa conseguiu obter. Por fim, na última fase da metodologia verificou-se se os objetivos estabelecidos no início do projeto foram alcançados. Foi também realizado um balanço de todo o decorrer do projeto de dissertação, fazendo-se referência a propostas de melhoria para trabalho futuro.

1.4. Estrutura da Dissertação

A presente dissertação encontra-se organizada em 7 capítulos. No **capítulo 1** faz-se uma introdução ao trabalho, podendo encontrar-se o enquadramento, os objetivos e a metodologia de investigação adotada. O **capítulo 2** contém uma revisão crítica da literatura acerca da filosofia *Lean Production* e do conceito de *setup*, sendo dado particular ênfase à metodologia SMED. No **capítulo 3** apresenta-se a empresa e identifica-se a sua filosofia empresarial, estrutura organizacional, principais fornecedores, clientes e concorrentes. Apresentam-se ainda os seus produtos e descreve-se o seu sistema produtivo de forma geral. No **capítulo 4** é efetuada a descrição da secção da empresa onde foi realizado o estudo e são identificados os seus produtos, máquinas, implantação e fluxos produtivos. Identificam-se também os problemas encontrados nos equipamentos analisados. No **capítulo 5** são apresentadas as propostas de melhoria desenvolvidas neste projeto para a resolução de alguns problemas encontrados. No **capítulo 6** são analisados e discutidos os resultados obtidos e esperados com a implementação das propostas de melhoria. No **capítulo 7** são apresentadas as conclusões retiradas com a realização deste projeto, assim como algumas sugestões para trabalho futuro.



2. Revisão Bibliográfica

Neste capítulo faz-se a revisão do estado da arte de vários conceitos que estão relacionados com este projeto de dissertação. Assim, é feito um breve enquadramento da filosofia *Lean Production*, indicando a sua origem e princípios, referindo os tipos de desperdícios existentes e ainda algumas das técnicas subjacentes a esta filosofia. De seguida é explicado o conceito de *setup* para ser possível enquadrar a ferramenta que será alvo de maior aplicação neste projeto – a metodologia SMED. Para esta metodologia explica-se com pormenor a sua origem, os passos para a sua implementação e os benefícios que pode trazer. São também apresentados exemplos de aplicação de SMED e é ainda efetuada uma análise crítica que inclui não só apreciações de autores de publicações na área dos *setups*, mas também a opinião pessoal do autor desta dissertação. Por fim, é realizada uma breve introdução a uma nova ferramenta para a identificação de desperdícios designada *Waste Identification Diagram* (WID), desenvolvida no Departamento de Produção e Sistemas da Escola de Engenharia da Universidade do Minho.

2.1. *Lean Production*

Com o mercado global cada vez mais competitivo é importante que as empresas adotem novas abordagens de produção que se adaptem às condições e exigências dos clientes, reduzindo prazos de entrega e aumentando a qualidade dos seus produtos. Uma possível abordagem é recorrer a uma filosofia que pretende revolucionar todo o pensamento acerca do funcionamento do sistema produtivo: *Lean Production*.

O *Lean Production* tem como objetivo a identificação e eliminação sistemática de desperdícios através da melhoria contínua, possibilitando o aumento da flexibilidade e da competitividade das organizações (Womack & Jones, 1996).

2.1.1. Origem e Enquadramento

O conceito *Lean Production* teve origem no TPS - *Toyota Production System* (Ohno, 1988) cujo principal mentor foi o engenheiro Taiichi Ohno, que introduziu este conceito na década de 50 na empresa japonesa Toyota.

O TPS foi criado como alternativa ao modelo de produção em massa de Henry Ford. Depois de analisar o modelo de Ford, Ohno percebeu que o problema estava na falta de capacidade em fornecer uma gama variada de produtos (Ohno, 1988). Foram então desenvolvidas soluções que permitissem a produção variada de artigos num fluxo produtivo similar ao da produção em massa (Womack *et al.*, 1990). Assim, as ideias e os princípios defendidos no TPS encontram-se resumidos na Figura 1.



Figura 1 - Casa TPS (adaptado de Liker, 2004)

Segundo Ohno (1988), os dois pilares do TPS são a *Autonomation* (*Jidoka* em japonês) e a produção *Just-In-Time* (JIT). *Autonomation* corresponde à capacidade dos equipamentos produtivos pararem a produção sempre que ocorrer uma anomalia. A produção JIT significa produzir apenas o necessário, na quantidade necessária e no período necessário. Os principais objetivos do TPS são a melhoria contínua de processos e a redução de custos através da eliminação de desperdícios (Monden, 1998).

2.1.2. Princípios

Na filosofia *Lean Production* desenvolveram-se técnicas que procuram minimizar perdas e custos, permitindo que as empresas lancem os seus produtos no mercado com preços mais competitivos e sem perda de qualidade (Lago, Carvalho, & Ribeiro, 2008). Estas técnicas assentam em cinco princípios fundamentais, que servem de base à filosofia *Lean* (Womack & Jones, 1996):

1. **Valor:** Identificar o que gera e o que não gera valor na perspetiva do cliente, sendo que tudo o que não corresponde aos requisitos do cliente deve ser eliminado;
2. **Fluxo de Valor:** Definir os passos necessários para fabricar o produto ao longo da linha de produção e eliminar desperdícios;
3. **Fluxo contínuo:** Criar um fluxo de produção contínuo sem interrupções, sem esperas e sem *stocks*;
4. **Produção pull:** Produzir apenas as quantidades solicitadas pelo cliente, eliminando a acumulação de *stocks*;
5. **Perfeição:** Focar na melhoria contínua, também conhecida por *Kaizen*, procurando a eliminação de desperdícios e a criação de valor.

2.1.3. Tipos de Desperdícios

Como verificado anteriormente, a filosofia *Lean* é considerada uma abordagem sistemática especialmente focada na identificação e eliminação de desperdícios ao longo da cadeia de valor de um produto. O conceito de desperdício (*muda* em japonês) é definido como toda a atividade que não acrescenta valor ao produto na perspetiva do cliente (Ohno, 1988; Womack & Jones, 1996).

Ohno (1988) e Shingo (1989a) identificam sete tipos de desperdícios (Figura 2) que não acrescentam valor ao produto: sobreprodução, *stocks*, esperas, defeitos, processamento desnecessário, movimentações desnecessárias, transportes.

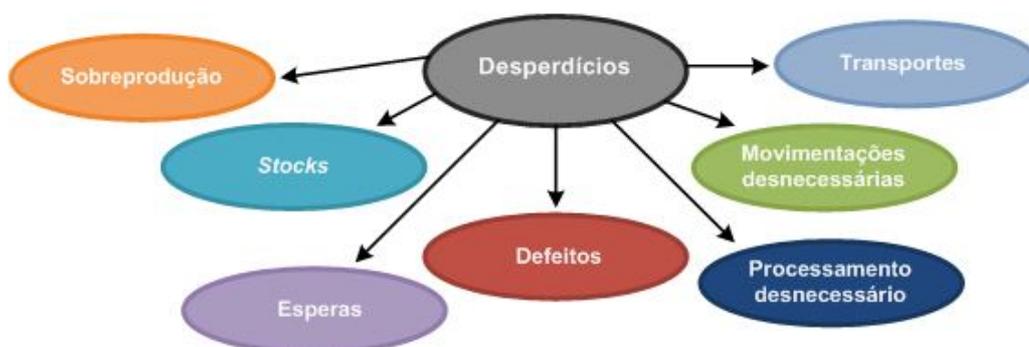


Figura 2 - Os sete desperdícios

Sobreprodução: Produzir mais do que o necessário ou produzir antes do momento em que são necessários os artigos. Este desperdício é reconhecido como o pior dos desperdícios, na medida em que tem influência direta nos restantes.

Stocks: Acumulação de matérias-primas, componentes e produtos acabados em qualquer ponto do processo produtivo. A existência de *stocks* gera outros desperdícios como transportes de materiais e movimentações de operadores.

Esperas: Períodos de tempo em que os materiais, os recursos ou a informação não se encontram disponíveis quando são necessários. As esperas podem resultar de avarias de equipamentos, de falta de material e de *setups*.

Defeitos: Não conformidades existentes nos produtos, resultantes de problemas de qualidade. Os defeitos originam problemas como a insatisfação dos clientes e a necessidade de retrabalho.

Processamento desnecessário: Repetição de um processo ou operação que foi inicialmente realizado de forma errada. Este desperdício resulta de falta de formação dos operadores, inexistência de normalização do trabalho, falhas de comunicação e utilização incorreta de ferramentas ou equipamentos.

Movimentações desnecessárias: Movimentos efetuados pelos operadores que não acrescentam valor ao produto, tais como procurar ferramentas, procurar documentos ou tirar dúvidas. As movimentações desnecessárias dos operadores resultam da falta de organização dos postos de trabalho, de *layouts* desadequados, de más condições ergonómicas e da disposição incorreta de equipamento.

Transportes: Deslocações de materiais ou informação de um certo ponto do espaço fabril para outro, processo este que não acrescenta valor ao produto. Assim, é necessário reduzir o número de transportes e reduzir as distâncias percorridas em cada transporte.

2.1.4. Técnicas e Ferramentas

Associado ao paradigma *Lean Production* existe um conjunto significativo de metodologias, técnicas e ferramentas que podem ser aplicadas pelas organizações. Segundo Cudney, Corns, Grasman, Gent e Farris (2011 como citado em Gadre, Cudney, & Corns, 2011, p. 100) é importante ter conhecimento acerca das ferramentas *Lean* mas é ainda mais importante saber aplicar estas ferramentas da forma mais eficaz, reduzindo riscos. Nesta secção apresentam-se apenas algumas das principais

ferramentas existentes: 5S, Gestão Visual, *Poka-yoke*, *Standard Work* e *Value Stream Mapping*.

5S

A designação 5S (Figura 3) refere-se a uma metodologia de organização do espaço de trabalho, que inclui atividades de arrumação, organização e limpeza, de modo a que seja criado um ambiente saudável, tendo como objetivo o aumento da produtividade (Osada, 1991).

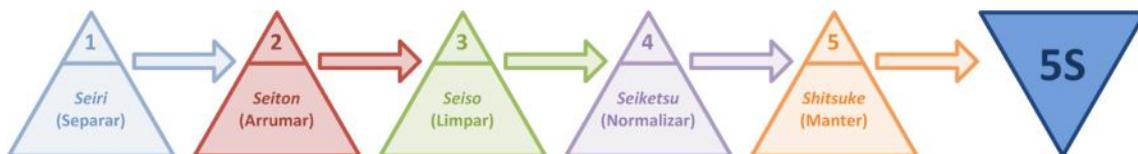


Figura 3 - As cinco etapas da metodologia 5S

Segundo Womack *et al.* (1990), o significado dos 5S é:

- *Seiri* – separar o material que se utiliza com mais frequência daquele que não é necessário;
- *Seiton* – organizar e identificar o material que se considerou necessário;
- *Seiso* – limpar o posto de trabalho;
- *Seiketsu* – normalizar as práticas consideradas ideais para o posto;
- *Shitsuke* – tornar sustentáveis as medidas implementadas promovendo a autodisciplina.

Esta filosofia promove a criatividade e a mudança de hábitos das pessoas, eliminando desperdícios e tornando os problemas visíveis (Monden, 1998). Os 5S não se focam apenas em promover a mudança (espaço de trabalho limpo e arrumado), mas também em assegurar que essa mudança permaneça ao longo do tempo. Este facto requer uma cultura de melhoria contínua com o auxílio de todo o rigor da normalização aplicada (Warwood & Knowles, 2004).

Gestão Visual

A gestão visual representa uma linguagem simples e acessível para que todas as pessoas a compreendam da mesma forma (Hall, 1987). Shingo (1989a) considera que existem vários tipos de gestão visual, tais como a delimitação de espaços, folhas de

trabalho normalizado, quadros informativos de medidas de desempenho e luzes *Andon*.

Os sistemas de gestão visual, tais como quadros de produção e quadros de ferramentas, têm um papel fundamental na implementação de práticas *Lean*. Utilizando este tipo de ferramenta, os operadores conseguem facilmente identificar necessidades de produção e problemas, permitindo assim que comuniquem com os seus superiores sempre que ocorrer uma anomalia (Kennedy & Widener, 2008).

A gestão visual permite uma maior autonomia dos operadores, melhora a comunicação entre equipas de trabalho, possibilita a redução de erros e permite uma resposta rápida a anomalias (Hall, 1987).

Poka-yoke

Os sistemas *poka-yoke*, criados por Shingo, são dispositivos de deteção de erros. Estes dispositivos representam um dos principais elementos que constituem o pilar *Autonation* do TPS (Shingo, 1989b).

Um *poka-yoke* corresponde a qualquer mecanismo que tanto impede a ocorrência de um erro ou defeito, como faz com que o erro ou defeito seja mais facilmente detetado (Fisher, 1999). Os dispositivos podem ser classificados segundo dois tipos (Shingo, 1989b):

- *Poka-yoke* de controlo;
- *Poka-yoke* de advertência.

Os *poka-yoke* de controlo são aqueles que, quando ocorre uma anomalia, fazem com que a máquina pare impedindo assim a produção de artigos defeituosos. Tais dispositivos têm uma função mais poderosa do que o tipo de dispositivos de advertência, que apenas indicam, através de um sinal sonoro e/ou sistema de luz, que algo não correu como o planeado (Patel, Dale, & Shaw, 2001a).

Segundo Feld (2001), os dispositivos *poka-yoke* são inseridos no processo para garantir que é muito fácil para o operador realizar a tarefa corretamente ou que é muito difícil para o operador realizar a tarefa de forma incorreta (Figura 4).

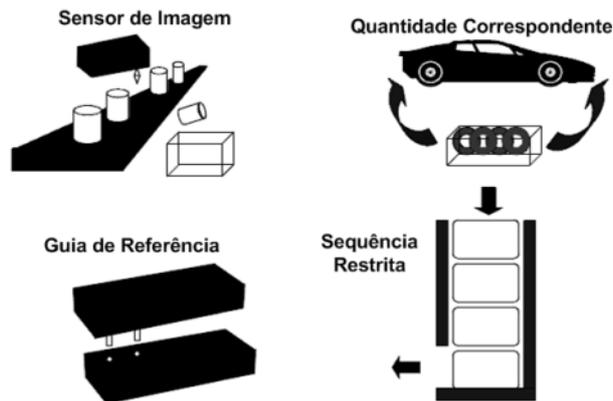


Figura 4 - Tipos de dispositivos *poka-yoke* (adaptado de Feld, 2001)

As ferramentas utilizadas nos dispositivos podem ser físicas, mecânicas ou elétricas. Analisando a Figura 4 verifica-se que a solução “Sensor de Imagem” permite excluir do processo os produtos defeituosos detetados. O *poka-yoke* “Guia de Referência” consiste na criação de encaixes para que o produto seja sempre montado da mesma forma. Com a solução “Quantidade Correspondente” percebe-se que para cada produto é feita uma separação das quantidades necessárias, evitando a utilização de quantidades erradas. No dispositivo “Sequência Restrita” apresenta-se um suporte para produtos que permite a disciplina FIFO (“*first-in, first-out*” – primeiro a entrar, primeiro a sair).

Standard Work

O *Standard Work* é uma ferramenta *Lean* que permite definir um conjunto de procedimentos de trabalho com o objetivo de estabelecer os melhores métodos e sequências para cada processo e para cada trabalhador (The Productivity Press Development Team, 2002). Na Figura 5 encontram-se os três elementos chave que constituem o *Standard Work* (Monden, 1998).



Figura 5 - Os três elementos chave do *Standard Work*

Com a aplicação desta ferramenta os operadores conseguem realizar as suas tarefas seguindo um padrão lógico e semelhante para todos. Deste modo, o *Standard Work* possibilita a identificação das atividades que maximizam o desempenho e que minimizam os desperdícios dos operadores (Spear & Bowen, 1999).

Value Stream Mapping

Segundo Rother e Shook (1999), o *Value Stream Mapping* (VSM) é uma ferramenta orientada para a visualização dos processos, esquematizando os fluxos de materiais e de informação. O VSM tem como objetivo representar toda a cadeia de valor, desde a matéria-prima que é entregue pelos fornecedores até à expedição do produto final para os clientes (Womack & Jones, 1996).

A construção de um VSM consiste nos seguintes passos (Rother & Shook, 1999):

- Identificação da família de produtos a analisar;
- Construção do VSM do estado atual;
- Construção do VSM do estado futuro;
- Criação de um plano de trabalhos e implementação.

Para criar um VSM utiliza-se uma simbologia própria (Figura 6).

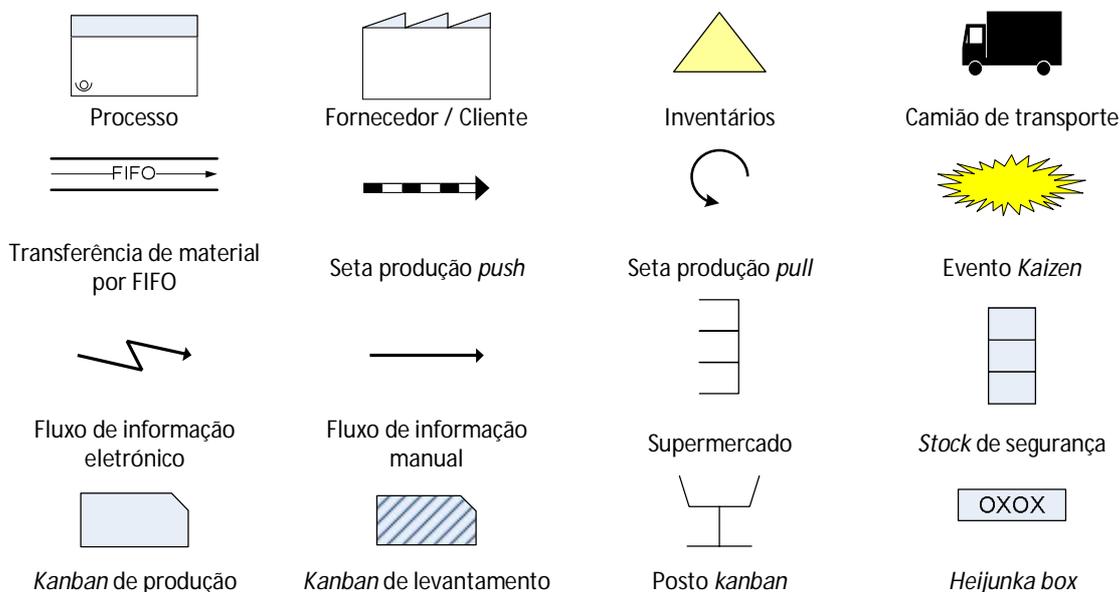


Figura 6 - Símbolos utilizados no VSM

Esta ferramenta permite a identificação das várias fontes de desperdício ao longo da cadeia de valor de um produto ou família de produtos.



2.2. Conceito de *Setup*

A globalização do mercado criou a necessidade de as empresas aumentarem a sua flexibilidade de produção, produzindo lotes cada vez mais reduzidos, para que seja possível satisfazer as necessidades dos clientes em termos de diversidade, qualidade, preços e prazos de entrega. Goubergen (2000) afirma que já não é suficiente produzir o que o cliente quer, é também necessário produzir quando o cliente quer. É neste sentido que surge a importância de se adotar uma produção *Just-In-time* (JIT).

Trovinger e Bohn (2005) consideram que a produção JIT surgiu como uma alternativa para a abordagem tradicional da produção em grandes lotes e que requer uma produção frequente de pequenas quantidades, apenas quando é realmente necessário. No entanto, a produção em pequenos lotes origina um aumento significativo na frequência de *setups*. Deste modo, é importante que o processo de *setup* seja rápido, para que a flexibilidade de resposta à procura seja adequada (McIntosh, Owen, Culley, & Mileham, 2007).

Segundo Spann, Adams, Rahman, Czarmecki e Schroer (1999 como citado em Cakmakci, 2009, p. 169), o *setup* rápido (ou *quick changeover*) é uma técnica fundamental para alcançar a produção JIT e para abordar as questões relativas à qualidade, flexibilidade e capacidade de resposta de uma empresa.

2.2.1. Processo de *Setup*

Um *setup* ou *changeover* representa o processo completo de mudança entre o fabrico de um determinado produto e o fabrico de um produto diferente, até se conseguir atingir uma determinada taxa de produção com qualidade (McIntosh, Culley, Gest, Mileham, & Owen, 1996). O processo de *setup* engloba atividades de troca de ferramentas da máquina ou de equipamentos, de transporte de ferramentas, de produção e inspeção de algumas peças do novo lote e de ajustes da máquina (Bacci, Sugai, & Novaski, 2005).

Shingo (1985) considera que, tradicionalmente, um processo de *setup* envolve os passos que se encontram na Tabela 1.

Tabela 1 - Passos tradicionais de um processo de *setup*

Passo	Designação	Descrição
1	Preparação e arrumação de materiais e ferramentas	Este passo garante que todos os materiais e ferramentas se encontram no seu sítio e a funcionar corretamente. Inclui também a limpeza e arrumação das ferramentas depois do período de processamento de um lote
2	Colocação e remoção de materiais e ferramentas	Neste passo inclui-se a remoção dos materiais e ferramentas depois de se completar o processamento do lote e a colocação dos materiais e ferramentas para o próximo lote.
3	Medições e ajustes	Este passo refere-se a todas as medições e ajustes que são necessárias fazer para a produção de um novo lote, incluindo-se operações do correto posicionamento da ferramenta e operações de medição de temperatura ou pressão.
4	Testes e afinações finais	Neste passo são feitas afinações antes de se testar uma peça do novo lote. Quanto maior a precisão das medições e ajustes relativos ao passo anterior, mais facilmente serão feitos os testes e as afinações.

Segundo Sekine e Arai (1992) a eficácia e a qualidade de um *setup* é determinada por três elementos chave, que devem ser otimizados (Figura 7): método, organização e aspetos técnicos.

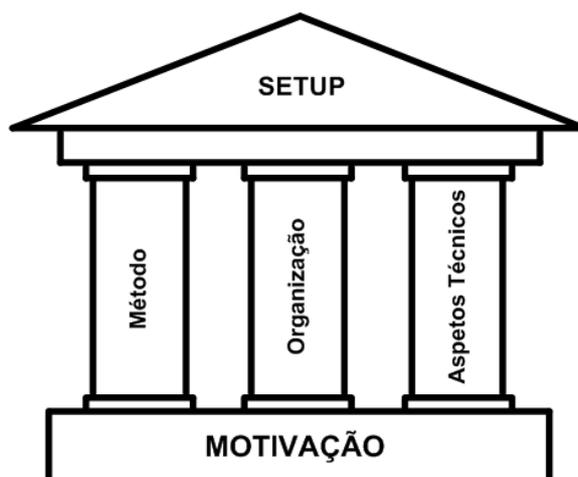


Figura 7 - Três elementos chave para *setup* eficaz (adaptado de Sekine & Arai, 1992)

O método refere-se ao modo como é realizado o *setup* e que deve ser sugerido pelo responsável pela conceção da máquina. A organização dos recursos humanos, para que todas as pessoas envolvidas nas atividades de *setup* saibam o que fazer e quando, representa outro elemento chave para a qualidade do *setup*. Os aspetos técnicos dizem respeito ao conhecimento acerca das funcionalidades dos equipamentos e acerca das ferramentas envolvidas no processo de *setup*.

Apresentar um método de trabalho eficiente, assegurar uma boa organização do trabalho e ter uma máquina que tenha sido concebida para realizar *setups* rápidos



pode não ser suficiente para uma boa eficácia e qualidade do *setup*. A outra condição necessária é a motivação das pessoas envolvidas no processo. Se as pessoas não perceberem a importância do *setup* rápido ou se não houver motivação para se obterem tempos de *setup* reduzidos, não será possível apresentar *setups* eficazes e com a qualidade pretendida (Goubergen & Landeghem, 2002a).

O processo de *setup* é considerado um desperdício, pois este processo é constituído por tarefas que não acrescentam valor, causando aumentos nos custos associados ao produto. Segundo Alves e Tenera (2009) o tempo perdido com atividades de *setup* poderia ser utilizado para outras atividades de valor acrescentado. Lopes, Neto e Pinto (2010) acrescentam ainda que como o tempo de *setup* é entendido como desperdício, deve ser eliminado.

Sekine e Arai (1992) identificam três tipos de desperdícios num processo de *setup*:

- Desperdício de *setup* – movimentos de procurar, encontrar, seleccionar, alinhar e transportar materiais e ferramentas;
- Desperdício de substituição – remover e fixar itens;
- Desperdício de ajuste – definir parâmetros de *setup* que não satisfaçam as normas e especificações.

Assim, é essencial reduzir os tempos de *setup* para que seja possível a eliminação de desperdícios.

2.2.2. Tempo de *Setup*

Tradicionalmente, o tempo de *setup* é definido como o tempo decorrido entre a saída, da máquina, do último produto A até à saída do primeiro produto B com qualidade (McIntosh, Culley, Mileham, & Owen, 2001a; Shingo, 1985; Goubergen & Landeghem, 2002b). Allahverdi e Soroush (2008) definem o tempo de *setup* como o tempo para preparar os recursos necessários (máquinas, pessoas, etc.) para realizar uma tarefa (e.g., ordem de fabrico, operação). Na Figura 8 encontra-se a identificação do tempo total de *setup*, com a indicação dos momentos importantes a ter em conta e com a indicação dos instantes de tempo onde ocorrem perdas na produção.

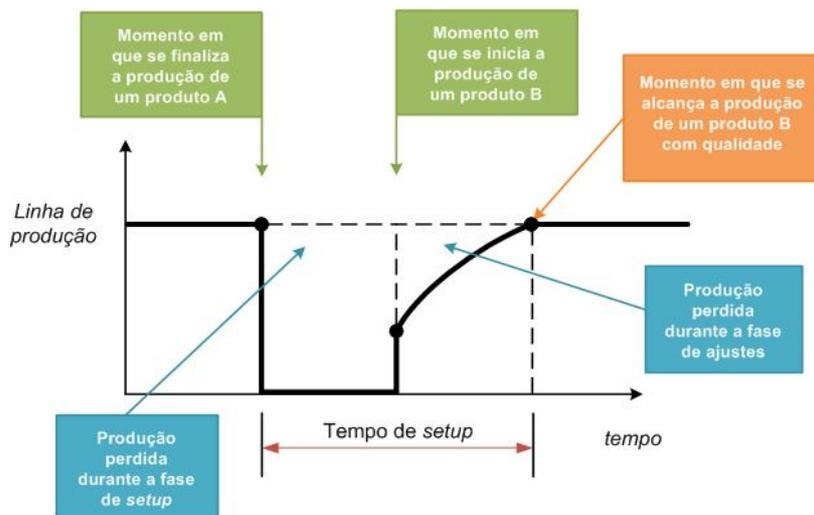


Figura 8 - Aspectos relevantes no *setup* (adaptado de McIntosh *et al.*, 2001b)

Nesta figura encontram-se incluídos no tempo de *setup* os períodos de desaceleração e aceleração. O período de desaceleração inicia-se com as primeiras atividades do *setup*, em que os equipamentos trabalham num ritmo mais lento, terminando com o último produto do lote A. O período de aceleração corresponde à fase após a troca de ferramentas, onde se inicia a produção dos produtos do lote B e onde se realizam testes e ajustes até que se atinjam os níveis desejados de qualidade. Segundo McIntosh *et al.* (2001b) estes períodos não podem ser negligenciados e devem ser contabilizados no tempo total de *setup*. O período de *setup* representa perdas significativas na produção, uma vez que não acrescenta valor ao produto (Cakmakci & Karasu, 2006).

A Figura 9 representa as percentagens de tempo tipicamente gastas nos passos de um *setup* tradicional (Shingo, 1985):

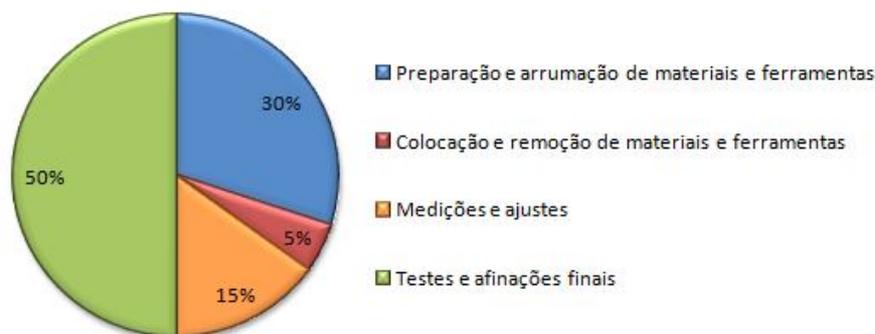


Figura 9 - Percentagem de tempo gasto em cada passo de um *setup*



Através da Figura 9 é possível verificar que os testes e as afinações finais representam normalmente metade do tempo total de um *setup* tradicional. Efetuar afinações corretas de um determinado equipamento é uma das tarefas mais difíceis num processo de *setup*. O tempo necessário para executar testes e afinações depende muito da competência pessoal do responsável pelo processo de *setup* (The Productivity Press Development Team, 1996).

2.2.3. Importância da Redução do Tempo de *Setup*

Reduzir o tamanho dos lotes produzidos representa uma estratégia chave para atingir a flexibilidade de produção e para reduzir prazos de entrega (*lead times*). Esta situação só se torna possível se os *setups* forem rápidos, eficazes e infalíveis (Singh & Khanduja, 2010).

Goubergen e Landeghem (2001) classificam as diferentes razões para redução dos tempos de *setup* em três grupos principais:

- Flexibilidade – devido à grande quantidade e variedade de produtos e devido à redução das quantidades pedidas pelos clientes, uma empresa tem que estar preparada para reagir rapidamente às necessidades dos clientes;
- Capacidade dos *Bottlenecks* – especialmente nestas máquinas, cada minuto perdido representa um desperdício. Os *setups* devem ser minimizados para maximizar a capacidade disponível para a produção;
- Minimização de custos – os custos de produção estão diretamente relacionados com o desempenho do equipamento. Com a redução dos tempos de *setup*, as máquinas estarão menos tempo paradas, reduzindo assim os custos de produção.

Durante as últimas décadas vários investigadores têm analisado a importância e os benefícios da redução dos tempos de *setup*. Allahverdi e Soroush (2008) indicam conclusões tiradas por autores acerca desta temática: Krajewski, King, Ritzman e Wong (1987) apontam a redução dos tempos de *setup* e a redução do tamanho dos lotes como a forma mais eficaz para reduzir os níveis de inventário e para melhorar o serviço ao cliente; Wortman (1992) sublinha que é importante incorporar os tempos de *setup*

no planeamento da produção para se realizar uma gestão mais eficaz da capacidade produtiva; Liu e Chang (2000) acrescentam ainda que os tempos de *setup* podem facilmente consumir mais de 20% da capacidade disponível dos recursos, o que reforça a ideia de incluir os tempos de *setup* no planeamento da produção.

Segundo Spence e Porteus (1987) reduzir tempos de *setup* pode significar dois aspetos distintos:

1. Mais tempo disponível para a produção ou realização de *setups* com mais frequência;
2. Redução das horas extraordinárias.

Schonberger (1987 como citado em McIntosh *et al.*, 1996, p. 9) encara o *setup* rápido como um meio para aumentar a qualidade do produto. Um *changeover* rápido é também identificado como uma das seis áreas de foco principal do TPM (*Total Productive Maintenance*) (Nakajima, 1988).

2.3. Single-Minute Exchange of Die

2.3.1. Origem e Enquadramento

No início da década de 1950, Eiji Toyoda e Taiichi Ohno desenvolveram no Japão o *Toyota Production System* (TPS) (Monden, 1998). Este sistema de produção tem como objetivo a eliminação de desperdícios e que, para tal, foram criadas várias técnicas, tais como: a produção em pequenos lotes, a redução de inventários, o foco na qualidade e a manutenção preventiva (Sugai, McIntosh, & Novaski, 2007). A produção em pequenos lotes e a redução de inventários só se consegue atingir com a redução dos tempos de *setup* que, segundo Godinho e Fernandes (2004), representa um meio para se conseguir atingir uma produção puxada (*pull*).

A necessidade de redução dos tempos de *setup* surgiu quando a Toyota percebeu que um dos maiores consumos de tempo ocorria na troca dos moldes das prensas utilizadas para estampagem de peças de automóveis (que demorava várias horas). Deste modo, Ohno contratou o engenheiro industrial Shigeo Shingo que desenvolveu uma metodologia para analisar todas as operações de *setup* e para alterar o processo



de troca de ferramentas, com o objetivo de reduzir o tempo total de *setup* (Cusumano, 1989 como citado em Sugai *et al.*, 2007, p. 323). Utilizando as técnicas de Shingo, a Toyota conseguiu reduzir o tempo de troca dos moldes de 3 horas para 15 minutos em 1962 e para uma média de três minutos em 1971. Monden (1998) apontava o sistema de Shingo como um conceito inovador genuinamente japonês e cuja prática seria difundida na engenharia industrial em todo o mundo. Como reconhecimento do seu feito inédito, os métodos e as técnicas de Shingo tornaram-se no *standard* para a redução de tempos de *setup* e a sua metodologia ficou conhecida pelo acrónimo SMED, *Single-Minute Exchange of Die* (King, 2009).

Os estudos realizados por Shingo foram descritos em 1985 no seu livro "*A Revolution in Manufacturing – The SMED System*", onde são apresentados alguns conceitos fundamentais sobre a temática dos *setups*, descritas algumas técnicas para auxílio na metodologia e enunciados exemplos de aplicação de SMED em várias empresas.

Shingo descreve na sua obra a origem do SMED, distinguindo três etapas que foram fundamentais para o desenvolvimento da metodologia, que foi concebida durante um período de 19 anos (Shingo, 1985). Na Tabela 2 encontra-se um resumo destas três etapas, com o registo das principais conclusões retiradas em cada etapa.

Tabela 2 - Etapas fundamentais para o desenvolvimento da metodologia SMED

Etapa	Ano	Local	Conclusão
1 ^a	1950	Mazda Toyo Kogyo	Identificação e classificação do processo de <i>setup</i> em dois tipos: <i>setup</i> interno e <i>setup</i> externo.
2 ^a	1957	Mitsubishi Heavy Industries	Realização da duplicação de ferramentas para que o <i>setup</i> seja feito separadamente.
3 ^a	1969	Toyota Motors Company	Geração do conceito de conversão de <i>setup</i> interno em <i>setup</i> externo.

Estas três etapas serviram de base para a criação da metodologia SMED descrita na próxima subsecção.

2.3.2. Descrição da Metodologia

A metodologia *Single-Minute Exchange of Die* é uma teoria e um conjunto de técnicas que tornam possível realizar o *setup* dos equipamentos e as operações de *changeover* em menos de 10 minutos (Shingo, 1985). No acrónimo SMED e dependendo dos casos, "*die*" significa matriz, molde ou forma. A expressão "*single-minute*" indica que é

necessário procurar atingir valores de tempo de *setup* com apenas um dígito, isto é, até os 9 minutos. É importante salientar que pode não ser possível atingir o tempo de um dígito para todos os processos de *setup*, no entanto através do SMED consegue-se reduzir de uma forma drástica estes tempos em praticamente todos os casos (The Productivity Press Development Team, 1996). Segundo Shingo (1985), a metodologia SMED pode ser aplicada em qualquer empresa e em qualquer máquina.

A aplicação de SMED exige uma análise prévia a todo o processo de *setup* que se pretende melhorar, com o objetivo de conhecer detalhadamente cada operação do *setup* (Sousa, Lima, Carvalho, & Alves, 2009). Shingo (1985) refere que as operações de *setup* dividem-se em dois tipos:

- Operações internas;
- Operações externas.

As operações internas são aquelas que só podem ser realizadas enquanto a máquina se encontra parada, como por exemplo, fixar ou retirar matrizes numa máquina. As operações externas são aquelas que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento. Por exemplo, a operação de ter o equipamento pronto para o *setup* pode ser realizada antes de a máquina ser desligada (Cakmakci, 2009). Estes dois conceitos são de extrema importância para a implementação da metodologia (Alves & Tenera, 2009). A metodologia SMED consiste em quatro fases distintas:

- Fase Preliminar – *Setup* interno e externo não diferenciados;
- Fase 1 – Separar o *setup* interno e externo;
- Fase 2 – Converter o *setup* interno em externo;
- Fase 3 – Racionalizar o *setup* interno e externo.

Shingo (1985) desenvolveu algumas técnicas e ferramentas que se aplicam durante as diferentes fases SMED. Na Figura 10 encontra-se a representação das quatro fases da metodologia, assim como as suas técnicas correspondentes. Nesta figura é também possível visualizar as alterações que ocorrem no *setup* interno e *setup* externo, ao longo de cada uma das fases da metodologia.

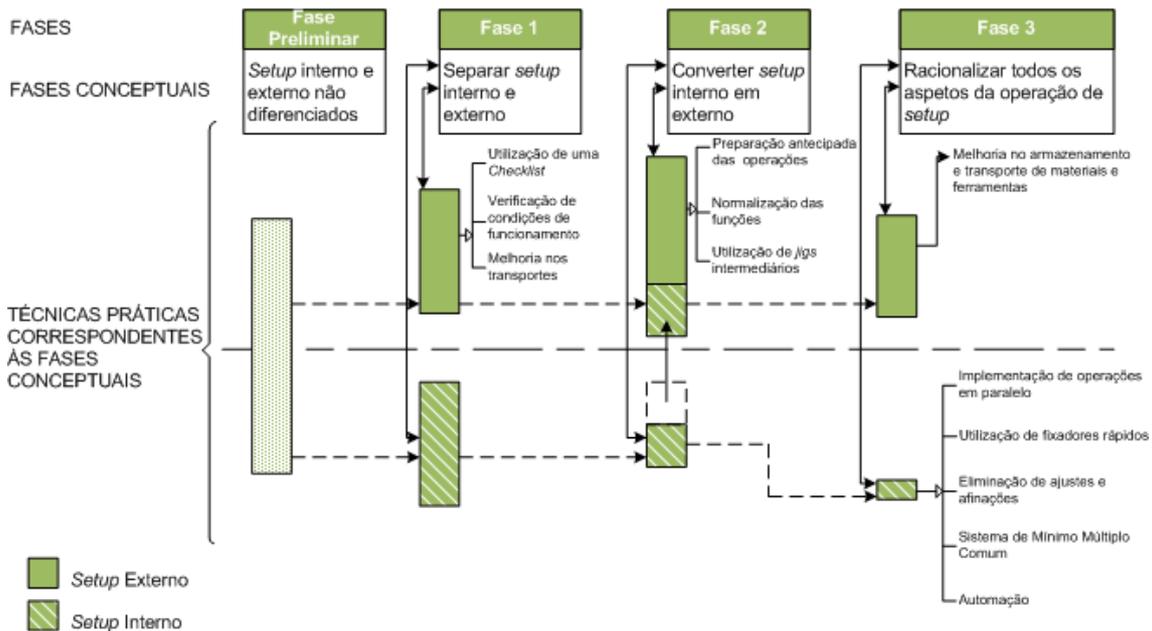


Figura 10 - Fases e técnicas da metodologia SMED (adaptado de Shingo, 1985)

Fase Preliminar – Setup interno e externo não diferenciados

Na Fase Preliminar não se faz a distinção entre o *setup* interno e o *setup* externo. Esta fase apresenta apenas os parâmetros do tempo inicial das atividades que são realizadas durante o *setup* (Sugai *et al.*, 2007). Segundo Alves e Tenera (2009), esta fase consiste na observação do processo de *setup* inicial e deve incluir a participação dos operadores responsáveis pelas tarefas do *setup*. Para esta fase, Shingo (1985) indica a utilização das seguintes técnicas: cronometragem dos tempos, estudo dos métodos, entrevistas com os operadores, e/ou filmagem das operações de *setup*.

Fase 1 – Separar o setup interno e externo

Na Fase 1 é importante fazer a seguinte pergunta: “É necessário parar a máquina para executar esta atividade?”. A resposta a esta pergunta pode ajudar na distinção entre o *setup* interno e externo (Cakmakci, 2009). O objetivo desta fase é identificar aquelas operações que foram realizadas como internas (i.e. com a máquina parada) mas que de facto podem ser executadas no período externo (i.e. com a máquina em funcionamento). As três técnicas que podem ser utilizadas nesta fase são:

- *Checklists* – indicam todos os elementos relevantes para a execução de um determinado processo de *setup* (ferramentas, parâmetros de ajustes, operadores necessários, etc.);

- Verificação das condições de funcionamento – permite saber se os elementos relevantes para o *setup* se encontram disponíveis e em boas condições;
- Melhoramentos nos transportes – planear o transporte de ferramentas necessárias para o *setup* durante o período externo.

Shingo (1985) refere que se for feito um esforço científico para realizar o máximo possível da operação de *setup* como *setup* externo, o tempo de *setup* interno pode ser reduzido entre os 30 a 50%.

Fase 2 – Converter o *setup* interno em externo

A redução de tempo de *setup* interno promovida pela Fase 1 não é suficiente para atingir a meta de tempo proposta por Shingo, ou seja, valores com apenas um dígito (Sugai *et al.*, 2007). Na Fase 2 é necessário reexaminar as operações de *setup* para perceber se alguma operação foi erradamente assumida como interna e, de seguida fazer um esforço para descobrir formas de converter estas operações em *setup* externo (The Productivity Press Development Team, 1996). Esta tarefa não é simples e requer uma análise detalhada de cada operação do *setup* interno (Sousa & Moreira, 2010). Nesta fase podem-se utilizar as seguintes técnicas:

- Preparação antecipada de operações – pensar em formas para apresentar materiais, ferramentas e outros elementos, preparados antes de parar a máquina para realizar o *setup* (por exemplo pré-aquecer um molde antes de o colocar na máquina em vez de o aquecer na própria máquina);
- Normalização de funções – procura fazer com que as mudanças de um produto para outro sejam mínimas;
- Utilização de *jigs* intermédios – por exemplo a utilização duas bases idênticas (*jigs*) no processo de *setup* e enquanto uma ferramenta (fixa numa destas bases) está a ser processada na máquina, a ferramenta seguinte é centrada e fixa na outra base (reduzindo assim o tempo de *setup* interno na máquina).

A implementação desta fase pode levar a melhorias a rondar os 10 a 30% do tempo total de *setup* interno relativo à fase anterior (Shingo, 1985).



Fase 3 – Racionalizar o *setup* interno e externo

A Fase 3 visa a melhoria sistemática de cada operação do *setup* interno e externo, desenvolvendo-se soluções para realizar as diferentes tarefas de uma maneira mais fácil, rápida e segura (Moreira & Pais, 2011). Segundo Trovinger e Bohn (2005), as melhorias nas operações internas permitem obter poupanças no esforço de trabalho e reduções no tempo de paragem da máquina. As melhorias nas operações externas não contribuem diretamente para a redução do tempo de paragem da máquina, mas permitem a libertação dos operadores para a realização de outras atividades. As melhorias para as atividades do *setup* interno podem ser realizadas através de quatro técnicas diferentes:

- Implementação de operações em paralelo – atribuição das operações do *setup* a mais do que um operador;
- Utilização de fixadores rápidos – dispositivos de fixação que prendem objetos num determinado lugar, com o mínimo esforço e que podem ser rapidamente apertados e desapertados;
- Eliminação de ajustes e afinações – dispensar por completo as afinações finais através da correta execução das operações de medição e ajuste;
- Automação – tornar automáticas operações normalmente realizadas de forma manual (só deve considerada a automação em último recurso, depois de cada tentativa para melhorar o processo de *setup* utilizando as outras técnicas referidas anteriormente, uma vez que esta técnica acarreta mais custos).

As melhorias das operações externas resumem-se normalmente ao armazenamento e transporte de materiais e ferramentas (otimização de movimentações, etiquetagem de ferramentas, identificação de locais de armazenagem, etc.) (Sousa & Moreira, 2010).

2.3.3. Benefícios de Implementação

A implementação da metodologia SMED pode trazer vários benefícios para uma empresa. Na Tabela 3 encontram-se os principais resultados esperados (diretos e indiretos) com a aplicação desta metodologia.

Tabela 3 - Resultados esperados da metodologia SMED (adaptado de Shingo, 1985)

Diretos	Indiretos
Redução do tempo de <i>setup</i> Redução ou mesmo eliminação de afinações Diminuição de erros durante o processo de <i>setup</i> Aumento da segurança no <i>setup</i>	Redução de <i>stocks</i> Aumento da flexibilidade produtiva Racionalização das ferramentas Melhoria na qualidade do produto

Segundo Pannesi (1995), os *setups* rápidos permitem tornar o sistema de produção flexível, reduzindo o *lead time* do produto e aumentando a produtividade e utilização dos recursos. Outro benefício do SMED é o aumento dos níveis de segurança na empresa. A realização de *setups* mais simples resulta em operações mais seguras para o operador (Hay, 1987). A metodologia SMED possibilita ainda a promoção da segurança no emprego, uma vez que reforça a competitividade da empresa (The Productivity Press Development Team, 1996).

Como a metodologia SMED tem também como objetivo a normalização e a simplificação das operações, reduz-se a necessidade de operadores especializados para realizar os processos de *setup* (Ulutas, 2011). Assim, é possível promover a polivalência dos operadores, compensando o absentismo ou a falta de operadores.

Lopes *et al.* (2010) afirmam que os *setups* rápidos permitem algo extremamente importante: aumentar a frequência dos *setups*. Na Figura 11 encontra-se o resumo das principais vantagens de um *setup* rápido.

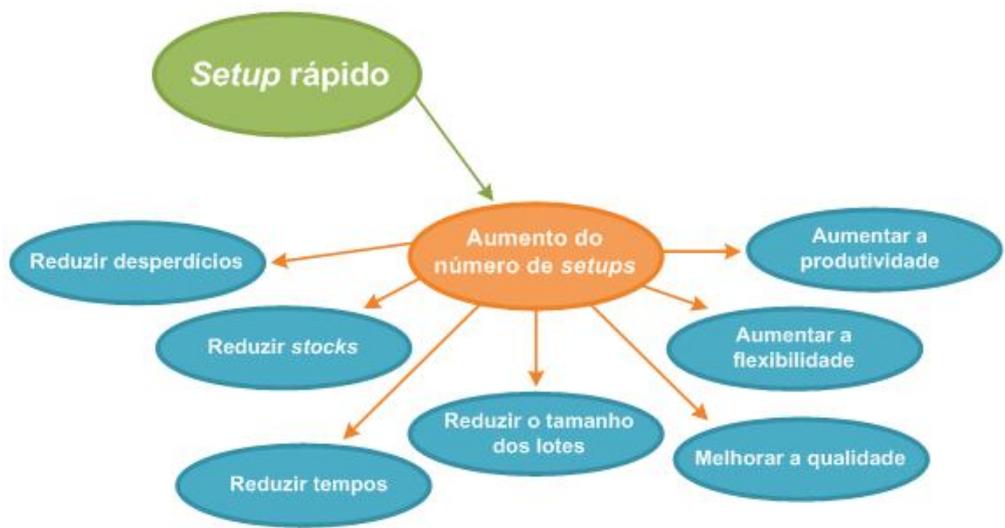


Figura 11 - Vantagens de um setup rápido (adaptado de Lopes *et al.*, 2010)

O aumento do número de *setups* vai então permitir a redução do tamanho dos lotes, o que por sua vez possibilita a redução de *stocks* e do respetivo *Work-In-Process* (WIP).



2.3.4. Exemplos de Aplicação

A metodologia SMED tem sido estudada e aplicada por muitos investigadores e profissionais da indústria em todo o mundo. Na literatura é possível encontrar diversos exemplos de aplicação desta metodologia, verificando-se que pode ser implementada em qualquer tipo de indústria.

Gilmore e Smith (1996) levaram a cabo um estudo de investigação-ação para a redução dos tempos de *setup* em máquinas de compressão, numa empresa farmacêutica de produção de comprimidos. Depois de realizado um estudo inicial, os autores verificaram que os *setups* nestas máquinas consumiam cerca de 28% do tempo total disponível, o que corresponde a uma grande percentagem de tempo improdutivo. Assim, foram analisadas oito máquinas durante um período de seis semanas, registando-se valores médios de tempos de *setup* de 28,8 horas. Aplicando conceitos da metodologia SMED, foi possível atingir os seguintes resultados: redução dos tempos médios de *setup* de 28,8 horas para 8,25 horas; aumento da percentagem de utilização das máquinas de 36,7% para 56,7% e redução da percentagem do tempo ocupado por atividades de *setup* de 27,9% para 7,5%. Como principais benefícios, os autores destacam o aumento da flexibilidade de produção, a redução do *lead time* e a redução do tamanho dos lotes de produção.

Tovinger e Bohn (2005) mostram um estudo SMED no setor de montagem de placas eletrónicas, integrando algumas ferramentas tecnológicas de informação, tais como sistemas *wireless*, códigos de barras e bases de dados relacionais. O resultado obtido foi uma redução do tempo total de *setup* a rondar os 85%, passando de um valor inicial de 158 minutos para um valor final de 24 minutos. Segundo os autores deste estudo, os ganhos obtidos correspondem a uma poupança de 1.7 milhões de dólares por ano.

Tharisheneprem (2008) demonstra a eficácia da aplicação de SMED em sistemas semi-automáticos. O projeto foi conduzido numa máquina de cassetes de rolo, conseguindo-se uma redução do tempo de *setup* de 84 minutos para cerca de 1 minuto. Este resultado permitiu melhorar a percentagem de utilização e a rentabilidade do equipamento, sem a necessidade de aquisição de novos equipamentos.

Sousa *et al.* (2009) descrevem a melhoria do processo de *setup* numa linha de pintura de uma empresa de molduras de madeira. O estudo apresenta a programação no tempo das operações de *setup*, considerando as respetivas durações, relações de precedência e necessidades de recursos, de modo a atingir um tempo de *setup* reduzido. Inicialmente foi registado um processo de *setup* de 51 minutos, realizado por um único operador. Com a aplicação de SMED e de um método de planeamento de recursos, foi possível concluir que a mudança poderia ser feita com três operadores em 15 minutos, recorrendo-se à técnica de operações paralelas. Os autores concluem que o processo de *setup* da linha de pintura foi significativamente melhorado e praticamente sem investimentos monetários.

Lopes *et al.* (2010) apresentam um projeto de oito semanas numa linha de montagem de sistemas de encadernação com dez postos de trabalho. O estudo tinha como objetivo reduzir o tempo de mudança de modelo na linha de montagem, que inicialmente registava valores de aproximadamente 180 minutos. Assim, foi aplicada a metodologia SMED e os resultados obtidos traduziram-se numa redução do tempo de *setup* para valores a rondar os 6 a 7 minutos, o que corresponde a uma redução de 97% do tempo inicial de *setup*. Com este feito, e entre muitos outros benefícios que foram alcançados com a metodologia, foi possível reduzir tempos não produtivos, reduzir o WIP, aumentar a flexibilidade da linha e melhorar a qualidade dos *setups*. Os autores destacam o trabalho em equipa como o fator de sucesso para este projeto.

Outros exemplos da aplicação de SMED são apresentados em Patel, Shaw e Dale (2001b) na indústria aeroespacial, em Moxham e Greatbanks (2001) na indústria têxtil, em Perinic, Ikonic e Maricic (2009) na indústria automóvel, em Singh e Khanduja (2010) na indústria de fundição e em Fritsche (2011) na indústria de componentes elétricos.

A metodologia SMED tem sido também bastante aplicada em instituições de ensino portuguesas, onde os alunos implementam esta ferramenta em contexto industrial. Na Tabela 4 encontram-se os resultados obtidos por cinco alunos de instituições de ensino diferentes, que aplicaram com sucesso a metodologia SMED nos seus projetos de dissertação de mestrado.



Tabela 4 - Resultados obtidos por alunos universitários com a aplicação de SMED

Nome	Ano	Instituição	Aplicação	Setup Inicial (min)	Setup Final (min)	Ganho
Adriano Gomes (Gomes, 2008)	2008	FEUP	Linha de montagem	6,8	3,22	53%
Andreia Simões (Simões, 2010)	2010	UNL	Linha de prensagem	29,02	20,76	28%
Domingos Ribeiro (Ribeiro, 2010)	2010	UM	Prensa mecânica	61,8	6,35	90%
Gil Pais (Pais, 2008)	2008	UA	Linha de injeção	72,32	39,11	46%
Pedro Mota (Mota, 2007)	2007	IST-UTL	Linha de produção de escovaria	102	32	69%

Assim, pela análise da tabela verifica-se que a metodologia SMED pode ser aplicada em diferentes setores produtivos, podendo trazer ganhos de tempo significativos para as empresas.

2.3.5. Análise Crítica

Na literatura existem diversas opiniões de investigadores que analisam aspetos da atividade de *setup* e que apontam algumas críticas ou criam adaptações à metodologia SMED proposta por Shingo (1985).

Harmon e Peterson (1991 como citado em Sugai *et al.*, 2007, p. 327) criticam que a obra de Shingo (1985) esteja apenas focalizada em prensas e injetoras. Gilmore e Smith (1996) acrescentam que a metodologia SMED pode ser aplicada sem ter que seguir a sequência dos passos proposta por Shingo (1985). Moxham e Greatbanks (2001) defendem que antes de aplicar a metodologia SMED, é necessário implementar uma fase preparatória, designada por SMED-ZERO. Estes autores consideram que nesta fase devem-se incluir quatro pré-requisitos:

- Utilização de uma abordagem de trabalho em equipa para promover a comunicação;
- Existência de gestão visual na empresa;
- Medição do desempenho;
- Aplicação de *Kaizen* para simplificar a avaliação e a medição.

Sugai *et al.* (2007) consideram que o período de desaceleração (que antecede o *setup*) e o período de aceleração (pós-*setup*), podem ter um desempenho muito aquém da meta de produção. Segundo estes autores, esta perda não é considerada na metodologia de Shingo, tratando-se de uma situação muito própria de algumas linhas de produção.

Nas últimas duas décadas têm sido desenvolvidas contribuições importantes em temas de redução dos tempos de *setup*, nomeadamente para a melhoria e desenvolvimento da metodologia SMED. Destas contribuições e estudos realizados destacam-se dois grupos de investigadores, que são referenciados em diversas publicações por todo o excelente trabalho que têm vindo a desenvolver: uma equipa de investigação do Departamento de Mecânica da Universidade de Bath, em Inglaterra, liderada por Richard McIntosh e outra proveniente do Departamento de Gestão Industrial da Universidade de Ghent, na Bélgica, liderada por Dirk Van Goubergen.

Estas duas equipas de investigação apontam que uma das principais falhas no SMED é a não consideração do fator humano e da motivação das pessoas na metodologia. Outro aspeto importante que estes investigadores têm vindo a considerar é o impacto que o desenho ou projeto dos equipamentos e operações de *setup* pode ter na aplicação da metodologia SMED.

McIntosh, Culley, Mileham e Owen (2000) e Goubergen (2000) consideram que o SMED é uma metodologia que reduz o tempo de *setup* com soluções simples, designadas por melhorias organizacionais. No entanto, estes autores consideram que existem situações em que estas soluções já não são aplicáveis, sendo deste modo necessário atuar no projeto das máquinas.

Projetar um novo sistema para reduzir os tempos de *setup* pode ser mais dispendioso mas representa uma solução mais sustentável (Mileham, Culley, Owen, & McIntosh, 1999). Isto significa que quando o sistema for construído e mantido para funcionar corretamente, funcionará como desejado, sem a necessidade de haver alterações (por exemplo colocar um sistema de aperto rápido) (McIntosh *et al.*, 2007). Por outro lado, modificar um processo de *setup* através da mudança da metodologia existente, não é muito dispendioso mas é mais difícil manter. McIntosh *et al.* (2001a) apontam que esta



metodologia pode sofrer alterações ao longo do tempo, a não ser que seja normalizada e controlada. Se não houver este controlo, os tempos de *setup* podem voltar ao seu estado inicial.

Goubergen e Landeghem (2002b) e McIntosh *et al.* (2001b) referem algumas regras de projeto (*design rules*) que devem ser adotadas para se conseguirem projetar equipamentos que possam apresentar *setups* rápidos, eficazes e com qualidade. Os autores dividem estas regras em 8 assuntos principais:

1. Diminuição do peso;
2. Simplificação;
3. Normalização;
4. Segurança;
5. Localização e ajustes;
6. Operação e movimentos;
7. Atividades externas;
8. Linhas de máquinas.

Na Tabela 5 encontram-se as diferenças entre as abordagens para a redução do tempo de *setup* por mudanças organizacionais (melhorar práticas existentes) e por mudanças por projeto (incentivar novas práticas).

Tabela 5 - Abordagens de redução de *setup* (adaptado de Reis & Alves, 2010)

	Mudança Organizacional	Mudança por Projeto
Tempo para alcançar a melhoria	Rápido	Demorado
Esforço requerido	De baixo para médio	De médio para alto
Custo	De baixo para médio	De médio para alto
Manter os ganhos	Requerida uma constante atenção	Relativamente fácil de manter
Ganhos potenciais de tempo	70%	100%

Apesar de muitos autores e investigadores apontarem limitações à metodologia SMED, existe de certa forma um consenso entre estes no que toca a considerar que o trabalho desenvolvido por Shigeo Shingo foi um passo fundamental para a redução dos tempos de *setup*. Na análise crítica de Sugai *et al.* (2007) refere-se que o SMED desenvolvido por Shingo oferece melhorias a baixo custo, especialmente quando se trata de melhorar aspetos organizacionais.

Considerações Finais

Nos casos de estudo analisados, tanto de profissionais de investigação como de alunos de universidades, verifica-se que a principal melhoria destacada com a aplicação de SMED é o aumento da flexibilidade produtiva. Com tempos de *setup* reduzidos, as empresas podem rapidamente alterar a sua produção, guiando-se pelos pedidos dos

clientes e produzindo apenas o necessário, deixando de empurrar a produção (filosofia *push*) e passando a puxar essa produção (filosofia *pull*).

Apesar disto, verificou-se que a grande maioria dos autores não segue os passos descritos na metodologia. Muitos fazem adaptações a esta metodologia, integrando-a por vezes com outras ferramentas e métodos (diagramas de sequência, *spaghetti charts*, algoritmos matemáticos, *design rules*, outras técnicas *Lean*, etc.) ou até mesmo apresentando uma nova sequência de passos para implementação da metodologia.

Assim, apesar de ser vantajosa, a metodologia SMED ainda causa alguma confusão e discordância, passando-se a expressar a opinião do autor deste projeto de dissertação.

Nos passos da metodologia SMED considera-se que existe uma confusão principalmente entre a Fase 1 (separação de *setup* interno e externo) e a Fase 2 (conversão de *setup* interno em externo). Segundo Shingo (1985), separar o *setup* interno do externo significa olhar para as operações de *setup* e verificar quais as que poderiam ser realizadas enquanto a máquina se encontra em funcionamento, ou seja, em período externo. No entanto, na segunda fase o autor refere que é necessário olhar novamente as operações de *setup* com detalhe, para perceber se alguma operação foi erradamente assumida como interna. Assim, pela definição pensa-se que não é muito vantajoso aplicar as duas fases separadamente, uma vez que se na primeira já se realizar a separação e inclusivamente analisar com detalhe cada operação do processo de *setup*, deixa de existir a segunda fase por já se ter examinado o *setup* com todo o detalhe necessário. Deste modo, para aplicar a metodologia SMED neste projeto de dissertação consideraram-se os seguintes pensamentos, para ser possível a aplicação destas duas fases:

- Fase 1 – Analisar o processo de *setup* e verificar quais as operações de *setup* que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento, mas com as condições atuais do posto de trabalho em análise, ou seja, sem realizar qualquer tipo de alteração no posto.
- Fase 2 – Verificar as operações de *setup* internas que restaram e perceber se, realizando alterações nos componentes do *setup* (ferramentas, máquina,



acessórios, etc.) ou em alguns aspetos do posto de trabalho, é possível converter uma operação interna em externa.

Outro aspeto que originou um pouco de confusão no início da aplicação de SMED foi a técnica de melhoria dos transportes que surge na Fase 1 (“Melhoria nos transportes”) e também na Fase 3 (“Melhoria no armazenamento e transporte de materiais e ferramentas”) enunciadas por Shingo (1985). Não é clara a diferença entre estas duas técnicas da metodologia, sendo esta opinião também referida por outros autores, tais como, McIntosh *et al.* (2000) e Sugai *et al.* (2007).

Finalizando, a aplicação de SMED pode ser vantajosa e útil mas depende da máquina a analisar. Neste projeto, verificou-se que existem máquinas, como as tradicionais prensas, em que se torna mais fácil aplicar a metodologia, uma vez que vai de encontro com muitos dos estudos realizados por Shingo. No entanto, se forem máquinas diferentes daquelas que se encontram representadas na sua obra, a tarefa pode tornar-se mais complicada e, por vezes, não é possível aplicar os passos da metodologia na totalidade.

2.4. Waste Identification Diagrams

Tradicionalmente é utilizado o *Value Stream Mapping* para representar a cadeia de valor de um determinado produto, ou família de produtos, e conseqüentemente identificar desperdícios. No entanto, esta ferramenta apresenta algumas limitações, como a dificuldade em transmitir os resultados obtidos a outras pessoas, quando estas não estão familiarizadas com a metodologia. Assim, surge uma ferramenta de fácil compreensão, o *Waste Identification Diagram* (WID), que permite a descrição das unidades de produção, destacando visualmente os principais problemas que impedem as empresas de alcançar os fluxos de produção pretendidos (Sá, Carvalho, & Sousa, 2011).

O WID é uma nova ferramenta de análise da cadeia de valor de produtos e está ainda em fase de desenvolvimento no Departamento de Produção e Sistemas da Escola de Engenharia da Universidade do Minho. Esta ferramenta tem como objetivo colmatar algumas falhas existentes no VSM. Sá *et al.* (2011) referem que o WID, ao contrário do

VSM, permite a representação de várias famílias de produtos em simultâneo e não de apenas uma família. A principal limitação que estes autores apontam é o tamanho do diagrama.

O WID é uma ferramenta que utiliza uma notação gráfica simples que permite um diagnóstico visual imediato dos desperdícios mais relevantes. Para criar este tipo de diagrama utilizam-se dois tipos de ícones: o bloco e a seta (Figura 12).

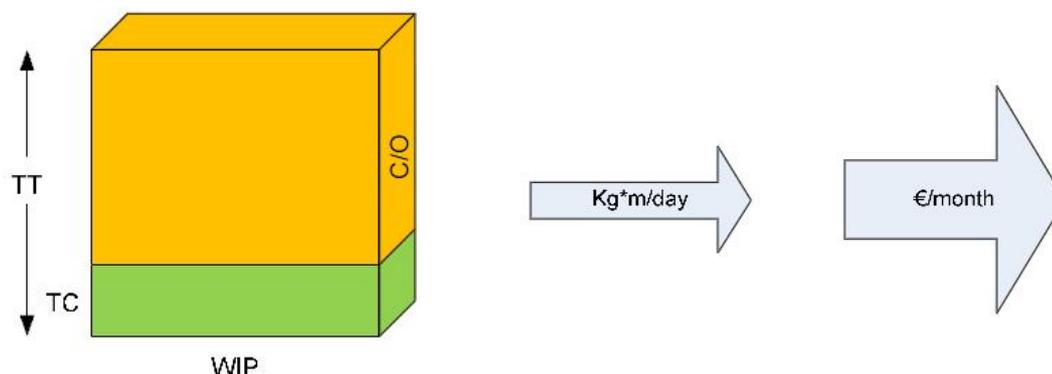


Figura 12 - Ícones utilizados no WID (retirado de Sá *et al.*, 2011)

Nestes diagramas os blocos representam processos ou grupos de processos e devem ser ligados entre si através de setas, que representam os transportes que ocorrem entre processos.

A dimensão do bloco é variável e depende de quatro variáveis (Sá *et al.*, 2011): *Takt Time* (TT), Tempo de Ciclo (TC), *Work-In-Process* (WIP) e Tempo de *Changeover* (C/O). Neste ícone, a altura do bloco corresponde ao TT, a altura da parte verde ao TC e a área laranja representa a diferença entre o TT e o TC, ou seja, a capacidade que não está a ser utilizada no processo. Para medir estas duas variáveis (TT e TC) são utilizadas unidades de tempo por peça. A largura do bloco corresponde ao WIP do processo e a unidade de medida pode ser número de peças, peso, comprimento, volume ou valor. Por fim, a profundidade do bloco representa o C/O, sendo medido em unidades de tempo.

Quanto às setas destes diagramas, o comprimento destas é invariável, alterando-se apenas a largura conforme o esforço de transporte. Este esforço de transporte pode ser representado em partes*m, kg*m, custo (€) ou qualquer outra unidade de medida que se possa adequar à situação.

3. Apresentação da Empresa

Neste capítulo apresenta-se a empresa onde decorreu o presente projeto, incluindo a identificação da filosofia empresarial, a apresentação da estrutura organizacional e a identificação dos principais fornecedores, clientes e concorrentes. Finalmente são descritos os produtos que a empresa produz e é feita uma descrição geral de todo o sistema produtivo.

3.1. Identificação

A Schmitt + Sohn Elevadores (Figura 13) é uma empresa com sede na Alemanha que se dedica à conceção, fabricação, instalação e assistência após-venda de elevadores, escadas rolantes e outros equipamentos industriais.



Figura 13 - Schmitt + Sohn Elevadores Portugal

A Schmitt apresenta um total de 18 empresas na Europa que se encontram dispersas em 4 países: Alemanha, Portugal, Áustria e República Checa. No entanto, apenas existem unidades de fabrico em Portugal e na Alemanha (duas em cada país). Cerca de 70% dos produtos fabricados em Portugal são exportados para Alemanha e os restantes destinam-se ao mercado nacional.

Em Portugal, a Schmitt + Sohn Elevadores iniciou a sua atividade em 1955, com a designação de Representações de Material Elétrico – Alcodi, Lda., tornando-se a representante exclusiva dos produtos da empresa Schmitt + Sohn em Portugal. Em 1972 a Schmitt + Sohn torna-se a única proprietária da Alcodi, Lda. A empresa passa a ser de capitais exclusivamente alemães, recorrendo ao *know-how* da empresa mãe. A alteração da denominação social ocorre em 2004.

A Schmitt + Sohn Elevadores apresenta 6 delegações em Portugal: Porto (Sede), Lisboa, Coimbra, Braga, Castelo Branco e Faro. Cada delegação é responsável pela venda, montagem e assistência técnica dos equipamentos instalados na sua zona de atuação. As duas unidades fabris portuguesas (Schmitt I e Schmitt II) encontram-se localizadas na freguesia de Leça do Balio do Concelho de Matosinhos.

O volume total de vendas em 2011 foi de cerca de 33 milhões de euros, sendo que 7 milhões (22%) representam vendas de equipamentos. O remanescente, que representa maior parte da faturação, advém do serviço após-venda. Para 2012 a empresa tem como objetivo atingir um total de volume de vendas na ordem dos 35 milhões de euros.

3.2. Filosofia

A empresa apresenta como filosofia três principais valores: a aprendizagem diária, a qualidade e a seriedade empresarial. Para atingir estes valores a empresa pretende:

- Atingir os elevados padrões de qualidade exigidos pelos clientes;
- Melhorar continuamente o desempenho ambiental e diminuir os impactos negativos;
- Atingir um elevado nível de segurança no trabalho;
- Melhorar continuamente o Sistema Integrado de Gestão da Qualidade, Ambiente e Segurança e Saúde Ocupacional.

O sucesso e continuidade da empresa baseia-se na qualidade dos produtos que fabrica e dos serviços que presta, no respeito pelo ambiente e na preocupação pela segurança e saúde dos colaboradores.

3.3. Estrutura Organizacional

A Schmitt + Sohn Elevadores conta com 373 colaboradores (média de idades de 37,57 anos, 93% do sexo masculino e 7% do sexo feminino) que se encontram distribuídos por diversos departamentos (organigrama no Anexo I). A unidade produtiva da empresa é constituída por 9 secções de produção e é liderada pelo encarregado geral de fabrico.



3.4. Fornecedores, Clientes e Concorrentes

A empresa apresenta uma forte posição no mercado podendo observar-se na Tabela 6 os seus principais fornecedores, clientes e concorrentes.

Tabela 6 - Fornecedores, clientes e concorrentes da empresa

Fornecedores	Clientes	Concorrentes
Schmitt + Sohn (Alemanha)	Metropolitano de Lisboa	Thyssen Krupp
Thyssen Nirosta	Supermercados	Schindler
Süther & Schön	Refer/CP	Otis
Fabory	Universidades	Fermator
Rulis	Obras públicas	Grupnor

A Schmitt efetua compras de materiais principalmente a empresas internacionais, tendo como principal fornecedor a sua sede na Alemanha.

3.5. Produtos Produzidos

Na Tabela 7 apresentam-se os produtos e serviços que a empresa disponibiliza.

Tabela 7 - Produtos comercializados pela empresa

Produtos	Serviços (após venda)
Elevadores de pessoas com casa de máquinas: elétricos e hidráulicos	Consultadoria: estudos, anteprojetos, cadernos de encargo, etc.
Elevadores de pessoas sem casa de máquinas: elétricos e hidráulicos	Reparações
Elevadores de carga com casa de máquinas: elétricos e hidráulicos	Modernizações
Elevadores de carga sem casa de máquinas: elétricos e hidráulicos	<i>Service-call</i> 24 horas
Elevadores em vidro e panorâmicos	Sistema de Tele-emergência e Telediagnóstico C2000
Elevadores monta-camas	
Elevadores monta-cargas (monta-pratos, monta-papéis, etc.)	
Elevadores monta-automóveis	
Escadas e tapetes rolantes	
Portões, vedantes e niveladores de cais	

Na Figura 14 encontram-se exemplos de elevadores produzidos pela empresa, nomeadamente um elevador tradicional (Figura 14 a)) e um elevador panorâmico em vidro (Figura 14 c)).

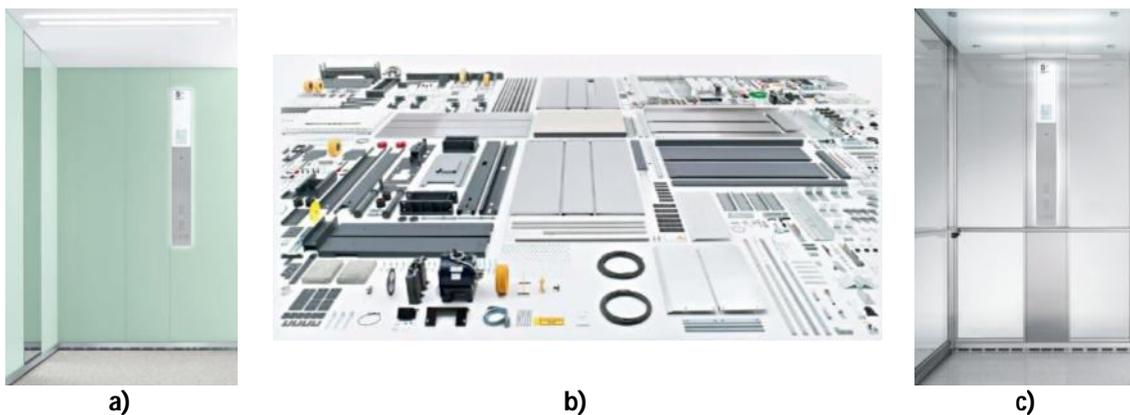


Figura 14 - Exemplos de elevadores e seus componentes

Um elevador da Schmitt é um produto muito complexo, sendo constituído por aproximadamente 10.000 componentes (Figura 14 b)), tornando igualmente complexa a sua manutenção.

A Figura 15 representa a produção de elevadores no período 1995 - 2011.



Figura 15 - Produção de elevadores nos últimos 17 anos

Como se pode observar, a produção cresceu até 2007 mas baixou significativamente em 2008 devido à crise económica mundial, mantendo-se nesse nível até ao ano 2011.

3.6. Descrição Geral do Sistema Produtivo

As duas unidades fabris da Schmitt + Sohn Elevadores em Portugal estão separadas por uma distância de cerca de 6Km. A Schmitt I é a sede da empresa, onde se encontram também os escritórios e a receção ao cliente e é responsável pela fabricação e montagem de componentes elétricos. Na Schmitt II é realizada a fabricação e montagem de componentes metalomecânicos. Toda a unidade produtiva da empresa



encontra-se dividida em 9 secções. Na Tabela 8 é feita a identificação destas diferentes secções com uma breve descrição das atividades de cada uma.

Tabela 8 - Identificação das secções produtivas da empresa

Código	Designação	Descrição das Tarefas
P01	Transformação mecânica	Corte, quinagem e furação de peças para todos os grupos funcionais.
P02	Soldadura	Fabrico de todas as peças de soldadura para todos os grupos funcionais.
P03	Pintura	Desengorduramento, lavagem e passivação de superfícies; Secagem de superfícies; Pintura a pó automática e manual de superfícies; Polimerização de superfícies.
P04.1	Montagem de portas e portais	Pré-montagem de todos os componentes para portas de patamar e portas de cabine; Pré-montagem de aros completos de portas de patamar; Pré-montagem de portais; Embalagem em paletes.
P04.2	Montagem de cabines	Pré-montagem de todos os componentes para cabines; Montagem de cabine completa (com ou sem arcada); Montagem de arcada completa com paraquedas; Embalagem em paletes.
P04.3	Montagem de equipamento de caixa	Pré-montagem de todos os componentes para os equipamentos de caixa; Embalagem em paletes.
P04.4	Montagem de comando	Pré-montagem de componentes eletrónicos para o comando do elevador; Montagem de placa eletrónica para <i>microports</i> ; Embalagem em paletes.
P05	Logística	Carga e descarga no armazém e na expedição; Fornecimento de componentes de armazém aos postos de trabalho; Recolha de caixas vazias no bordo de linha; Recolha de meios fabricados e entregues ao processo seguinte.
P06	Manutenção industrial e reparações	Reparação de peças de elevadores; Manutenção.

Para se perceber a disposição destas secções no espaço fabril apresentam-se no Anexo II as implantações (*layouts*) das unidades fabris Schmitt I e Schmitt II com a identificação de cada uma das suas secções de produção.

O espaço fabril da Schmitt II encontra-se disposto segundo o sentido do fluxo produtivo, iniciando-se toda a produção na secção P01 para depois dar-se a conclusão dos processos produtivos nas secções de montagem (P04.1, P04.2 e P04.3). Na Figura 16 estão representados os fluxos de materiais existentes entre as diversas secções de produção da empresa.

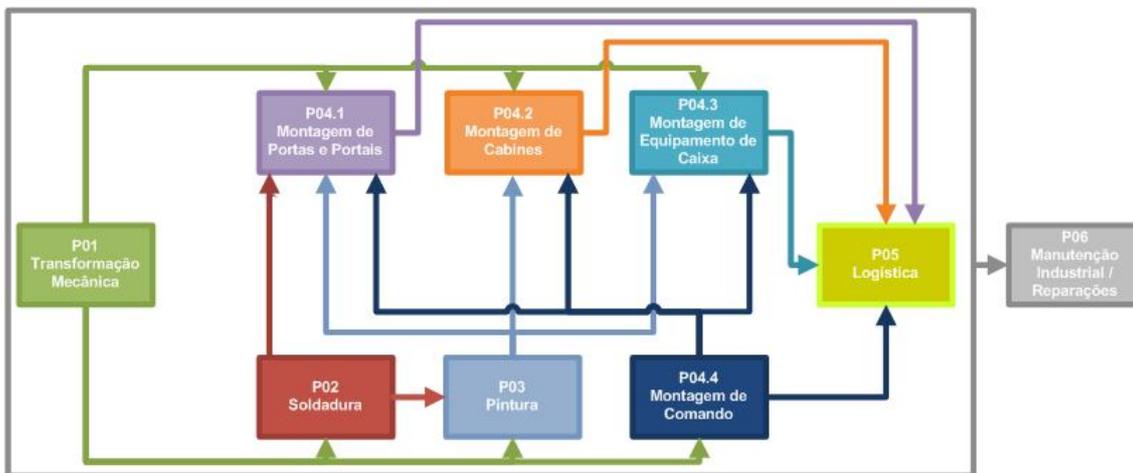


Figura 16 - Fluxo de materiais entre as secções produtivas

Como se pode verificar na Figura 16, dentro do sistema de produção da empresa existem vários fluxos de materiais entre as diversas secções produtivas. A secção P01 – Transformação Mecânica representa uma das mais críticas uma vez que praticamente todas as outras secções são dependentes do seu fornecimento de materiais. Se ocorrerem problemas ou atrasos nesta secção, todas as outras secções de produção são prejudicadas, atrasando toda a produção da empresa. Outro aspeto importante é o fornecimento de material por parte da secção produtiva de Montagem de Comando (P04.4), que é a única que se encontra localizada na Schmitt I. Esta secção realiza o fornecimento de material para as outras três secções de montagem da Schmitt II, o que faz com que seja necessário um bom planeamento da produção para conseguir enviar os materiais atempadamente, nos camiões que saem diariamente de uma unidade produtiva para a outra.

Durante os últimos 2 anos a empresa tem sofrido um processo intenso de reestruturação do sistema produtivo, contando com o apoio do Instituto Kaizen para implementar técnicas e ferramentas da filosofia *Lean Production*. De entre as várias secções de produção, foi decidido com os responsáveis da empresa que o projeto se desenvolveria apenas na secção P01 - Transformação Mecânica.

4. Descrição e Análise da Secção de Transformação Mecânica

A secção de Transformação Mecânica encontra-se numa fase de reestruturação, sendo por isso passível de aplicação de técnicas e ferramentas que conduzam à obtenção de melhorias. Neste capítulo é feita a descrição do funcionamento da secção, analisam-se com pormenor as máquinas que serão alvo de estudo neste projeto e identificam-se os principais problemas.

4.1. Identificação da Secção

A secção de produção P01 – Transformação Mecânica (Figura 17) encontra-se localizada na Schmitt II. Toda a produção da empresa tem início nesta secção. A P01 fornece materiais para todas as outras secções produtivas, o que faz com que seja a secção mais crítica e mais importante da empresa.



Figura 17 - Secção de produção P01 – Transformação Mecânica

A secção P01 opera durante 5 dias por semana em 2 turnos, sendo um de 9 horas (das 8h às 17h) e outro de 7 horas (das 16h às 23h), cada um com uma hora para refeição. Esta secção conta com 20 colaboradores (1 chefe de secção, 2 chefes de equipa, 1 responsável pelo planeamento e programação e 16 operadores) que desempenham diferentes funções. Todos os colaboradores têm vestuário igual, calçado de proteção e têm acesso, caso seja necessário, a luvas e protetores auditivos.

Durante o primeiro turno a secção opera com o chefe de secção, 1 chefe de equipa, o programador e com 11 dos 16 operadores. O segundo turno conta com a colaboração do outro chefe de equipa e com os restantes 5 operadores da secção. Na única hora

comum aos 2 turnos, isto é, das 16h às 17h, é feita a passagem de informação entre os operadores e é neste período de tempo que se aproveita para dar formação aos operadores menos experientes. De notar que a P01 representa a única secção de produção da empresa que apresenta um segundo turno e só recentemente (meados de dezembro) é que foi criado este turno.

A criação do segundo turno surgiu devido ao aumento de falhas nas entregas de materiais às outras secções produtivas e devido à falta de capacidade de resposta dos recursos produtivos. Se a secção P01 não conseguir entregar os seus produtos atempadamente, todas as outras secções serão afetadas.

4.2. Produtos Produzidos

A secção de Transformação Mecânica opera com produtos de todos os grupos funcionais de produção, produzindo componentes para as cabines, portas de patamar e portas de cabine. De modo a compreender quais são estas partes constituintes do elevador, apresenta-se na Figura 18 um exemplo de um elevador comum para transporte de pessoas.



Figura 18 - Identificação dos grupos funcionais do elevador

Como referido na secção 3.5., um elevador é constituído por mais de 10.000 componentes, sendo que na secção P01 é produzida uma grande quantidade destes componentes para depois serem montados ou processados noutras secções. Na Tabela 9 apresentam-se apenas os produtos que, de um modo geral, são os mais representativos da secção.

Tabela 9 - Produtos produzidos na secção P01

Família	Produtos			
Cabines	Arcadas	Fundo	Prumos Arcada	Reforço Teto
	Chassi	Painéis	Prumos Contra Peso	Tampa Botoneira
	Fixações	Palas	Reforço Botoneira	Teto
	Forras Teto	Peças Planificadas	Reforço Fundo	
Portas de Patamar	Folhas	Palas Superiores	Prumos Oposto	Reforço Superior
	Forras	Patins	Reforço Folhas	Suplemento Pala
	Palas de Escada	Prumos Batente	Reforço Inferior	Travessões
	Palas Inferiores			
Portas de Cabine	Calhas de Célula	Módulos	Prumos Armário	Reforço Pala
	Folhas	Palas Inferiores	Reforço Folhas	Reforço Superior
	Forras	Patins	Reforço Inferior	Travessões

A matéria-prima necessária para o fabrico dos produtos consiste em chapas de diferentes tipos de material, que se encontram armazenadas em estantes da secção. Para cada tipo de material existem diversas variantes consoante o comprimento, a largura e a espessura da chapa. Os tipos de materiais mais utilizados são o ferro e o aço inox. O consumo anual de chapa é de 1.000 toneladas para o ferro, 205 toneladas para o aço inox e 200 toneladas para os restantes tipos de chapa.

4.3. Implantação e Fluxo de Materiais

Na Figura 19 mostram-se as secções de produção que recebem material da secção P01.

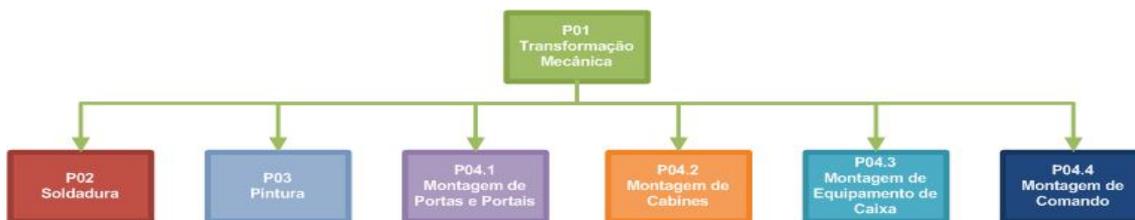


Figura 19 - Fluxo de materiais da secção P01

Dentro do espaço fabril pode-se considerar que a secção P01 trabalha numa filosofia *push*, o que significa que empurra a sua produção para as outras secções. Como fornece produtos para todas as outras secções, tem tendência a produzir com alguma antecedência, para que não ocorram atrasos na entrega de produtos. A secção P01 é constituída por máquinas e equipamentos que realizam diversos tipos de processos de produção. Na Figura 20 encontra-se o *layout* da secção com a disposição de cada máquina.

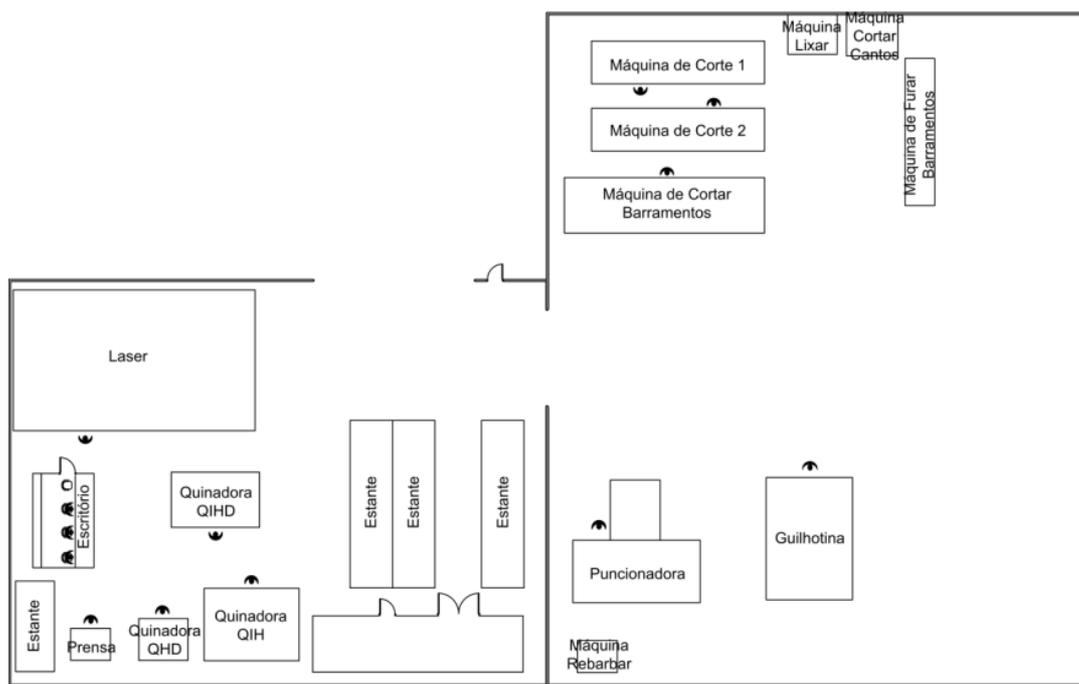


Figura 20 - Layout da secção P01

Na Tabela 10 encontram-se as máquinas que existem na secção P01, juntamente com a indicação dos processos de produção que executam.

Tabela 10 - Máquinas da secção P01

Máquina	Processo Produtivo	Unidades existentes
Guilhotina	Corte	1
Laser	Corte e furação	1
Máquina de cortar cantos	Corte	1
Máquina de corte	Corte	2
Máquina de cortar barramentos	Corte	1
Máquina de furar barramentos	Furação	1
Máquina de lixar	Rebarbagem	1
Prensa	Corte, furação, estampagem e quinagem	1
Puncionadora	Furação	1
Quinadora	Quinagem	3
Retificadora	Retificação	1
TOTAL		14

Cada operador é responsável por uma máquina, podendo existir alguma entreaajuda (segurar numa chapa com dimensões ou peso elevados). Por vezes torna-se necessário realizar operações noutras máquinas que não têm a presença permanente de um operador: máquina de cortar cantos, máquina de lixar, máquina de furar barramentos e retificadora. Para se compreender os fluxos e os processos produtivos que podem ocorrer dentro da secção de Transformação Mecânica, criou-se o fluxograma que se encontra representado na Figura 21.

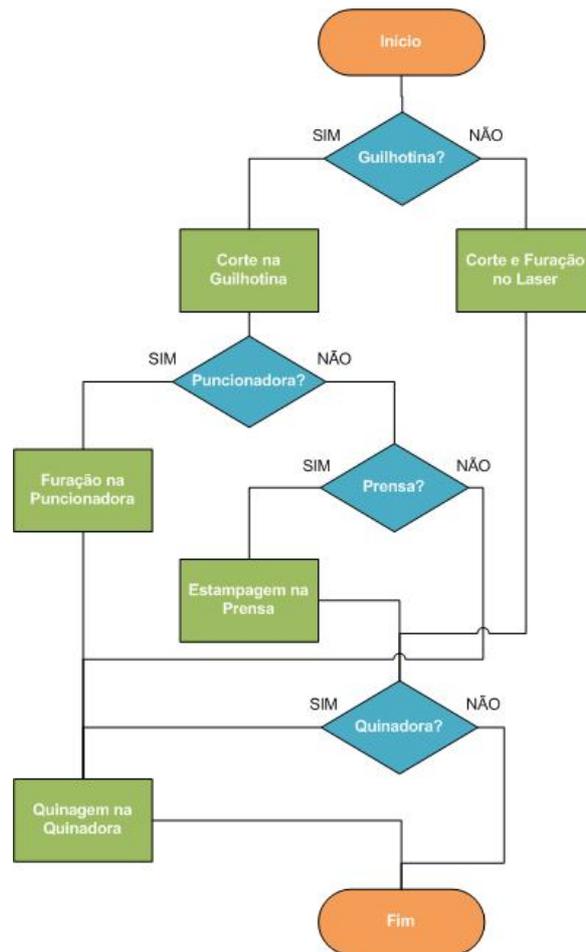


Figura 21 - Fluxograma dos processos produtivos da secção P01

No que diz respeito a fluxos de materiais optou-se por criar o *Spaghetti Chart* ilustrado na Figura 22.

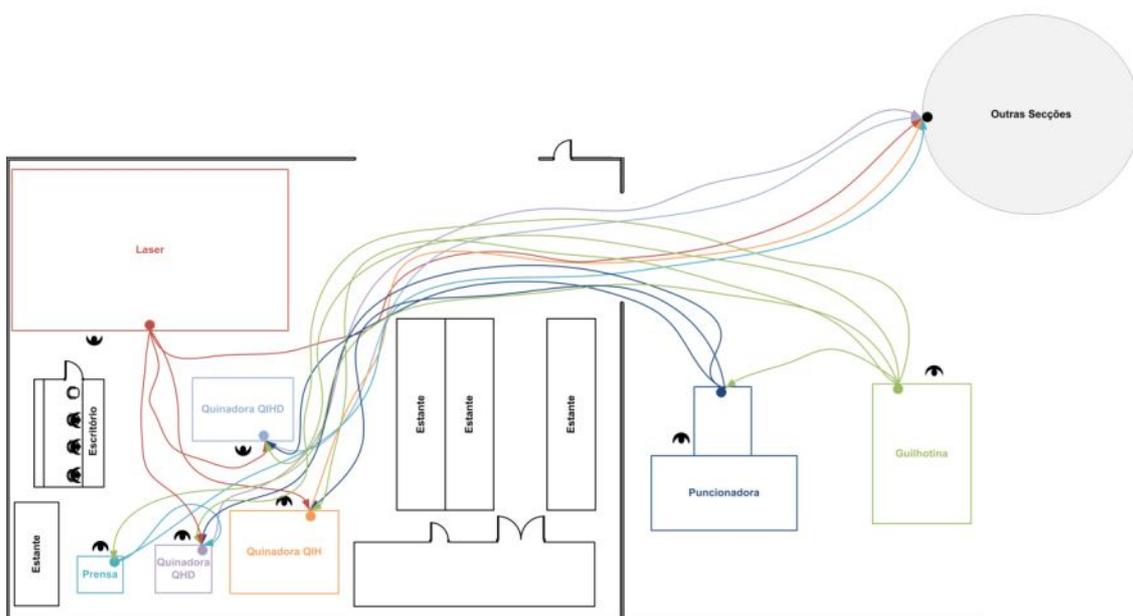


Figura 22 - *Spaghetti Chart* dos fluxos de materiais dentro da secção P01

Assim, foram traçados os fluxos que ocorrem entre as máquinas da secção P01 e criou-se um local no *layout* que corresponde à agregação de todas as outras secções produtivas (parte superior direita do *layout*). Este ponto foi criado para identificar as máquinas que podem fornecer materiais de forma direta às outras secções produtivas da empresa. Como se pode verificar, a guilhotina fornece materiais para uma maior quantidade de máquinas da secção e a quinadora QHD recebe materiais de uma maior quantidade de máquinas. De notar que as máquinas de corte e as máquinas de barramentos não foram alvo de estudo uma vez que no início do projeto não eram parte integrante da secção P01.

4.4. Caracterização do Estado Atual

Nesta secção apresentam-se as máquinas da secção P01-Transformação Mecânica que serão alvo de estudo para este projeto: prensa CC100, puncionadora PGA e as quinadoras. Em cada situação é dada a justificação pela qual se decidiu analisar estas máquinas e é feita a identificação de problemas encontrados em cada uma destas.

4.4.1. Descrição das Máquinas Analisadas

Para este projeto de dissertação foram apenas analisadas algumas das máquinas da secção P01 já que não seria possível analisar detalhadamente todas elas devido a limitações de tempo. Assim, e tendo em consideração que a perceção transmitida pela empresa apontava para eventuais elevados tempos de *setup* em três das máquinas desta secção, apenas essas foram alvo de análise no presente projeto.

A prensa CC100 da secção de Transformação Mecânica (Figura 23) foi uma das máquinas analisadas neste projeto. Esta máquina exerce uma força de 100 toneladas e a espessura máxima de corte é de 5 milímetros. A prensa realiza diferentes processos de produção (corte, furação, estampagem e quinagem), dependendo do tipo de peça e produz peças de pequenas dimensões. Nesta máquina trabalha sempre o mesmo operador durante um turno completo, ficando inativa no segundo turno da secção.



Figura 23 - Prensa CC100

Os diferentes moldes usados nesta máquina encontram-se localizados em estantes ao lado da máquina (Figura 24), perfazendo um total de 84 ferramentas diferentes. Para transportar estes moldes, o operador tem ao seu dispor um carro de transporte com uma plataforma elevatória que permite aceder às diferentes alturas das prateleiras das estantes.



Figura 24 - Molde utilizado na prensa

A grande maioria dos produtos produzidos na prensa têm como destino a secção de Montagem de Portas e Portais (P04.1) e a secção de Soldadura (P02).

Outra das máquinas analisadas foi a puncionadora PGA (Figura 25). Este equipamento é caracterizado por uma força de 30 toneladas e uma espessura máxima de furação de 6 milímetros. A máquina realiza processos de furação de chapa, operando em 2 turnos com um operador fixo por turno.



Figura 25 - Puncionadora PGA

A puncionadora inclui uma torreta (Figura 26) com 18 posições, onde são colocadas as matrizes e os punções.



Figura 26 - Torreta da puncionadora

As ferramentas, num total de 111 diferentes, encontram-se localizadas num armário ao lado da máquina. Para se perceber a diferença entre uma matriz e um punção apresenta-se na Figura 27 um exemplo de cada uma destas ferramentas.



Figura 27 – Punção (lado esquerdo) e matriz (lado direito) da puncionadora

A puncionadora apenas recebe materiais da guilhotina e todos os produtos que produz têm que sofrer um posterior processo de quinagem numa das 3 quinadoras existentes na secção P01.

As quinadoras foram também analisadas durante este projeto. A secção P01 tem 3 quinadoras (Figura 28) com diferentes comprimentos de quinagem (Tabela 11).

Tabela 11 - Informação das forças e dos comprimentos de quinagem das quinadoras

Quinadora	Força de quinagem (ton)	Comprimento de quinagem (mm)
QHD	25	1300
QIH	175	4000
QIHD	160	3000

Nestas quinadoras trabalham 6 operadores, distribuídos pelos 2 turnos, estando estas 3 máquinas em funcionamento durante a totalidade dos 2 turnos.

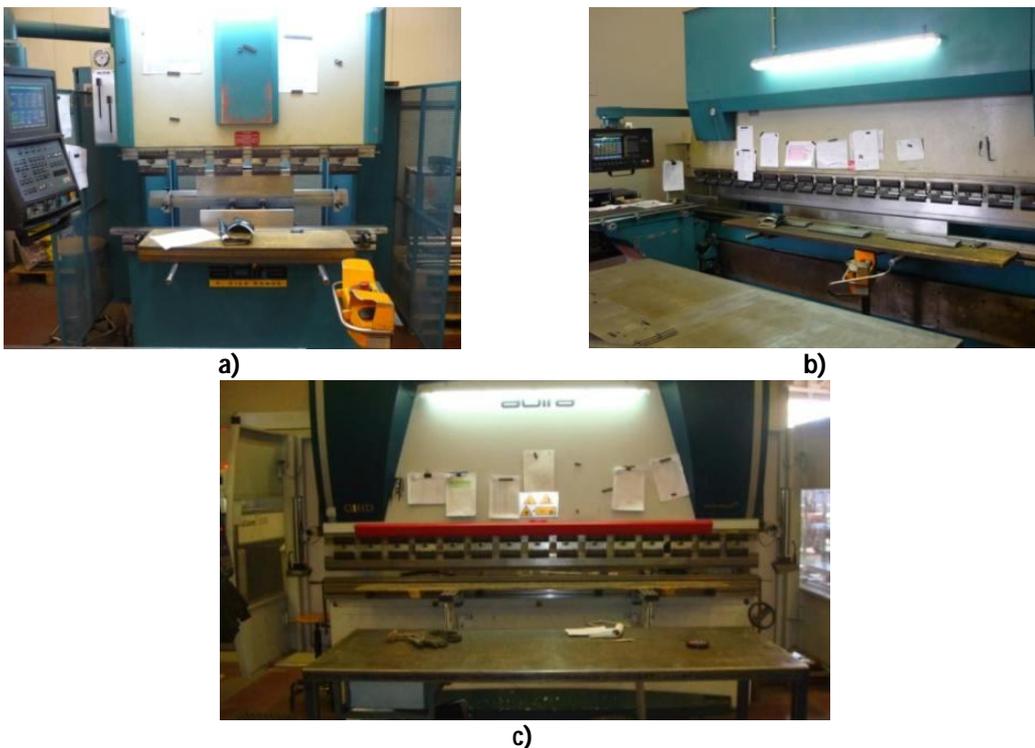


Figura 28 - Quinadoras a) QHD, b) QIH e c) QIHD

As ferramentas que permitem realizar os processos de quinagem e que são fixadas nestas máquinas podem ser classificadas em 2 tipos: matrizes e punções (Figura 29).

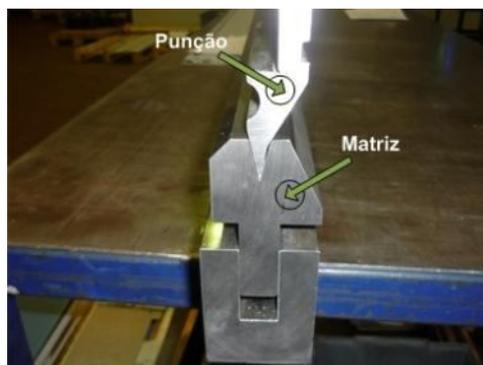


Figura 29 - Punção e matriz de quinadora

A importância das quinadoras na secção P01 advém do facto de 70% dos produtos produzidos na empresa serem peças de quinagem.

4.4.2. Seleção dos Produtos para Análise

Para determinar os principais pontos de ação deste projeto, e dependendo do tipo de estudo a realizar, foi necessário escolher determinados produtos para uma análise mais rigorosa em cada uma das máquinas em estudo. De seguida, explica-se o processo de escolha destes produtos, de modo a atingir os objetivos propostos para cada máquina.

Prensa CC100

Para iniciar o estudo na prensa CC100, os responsáveis da empresa definiram a necessidade de se analisar esta máquina para tentar reduzir os tempos de *setup*. A empresa tem conhecimento que a prensa apresenta tempos de *setup* elevados, embora nunca tenha quantificado esse tempo nem realizado uma análise detalhada ao processo. Assim, demonstraram a necessidade de realizar este estudo para ser possível implementar uma metodologia para redução dos *setups* na empresa de modo a poder ir de encontro à filosofia *Lean*.

Inicialmente, de modo a se perceber quais os tempos de *setup* que a prensa registava, recolheram-se dados provenientes das folhas de registo de tempos do operador da máquina. Optou-se por proceder desta forma devido à grande quantidade de produtos existentes, o que tornava muito difícil a tarefa de recolha de tempos para cada um destes produtos. Assim, na Figura 30 encontram-se representados os tempos de *setup* registados pelo operador para 41 *setups* diferentes.

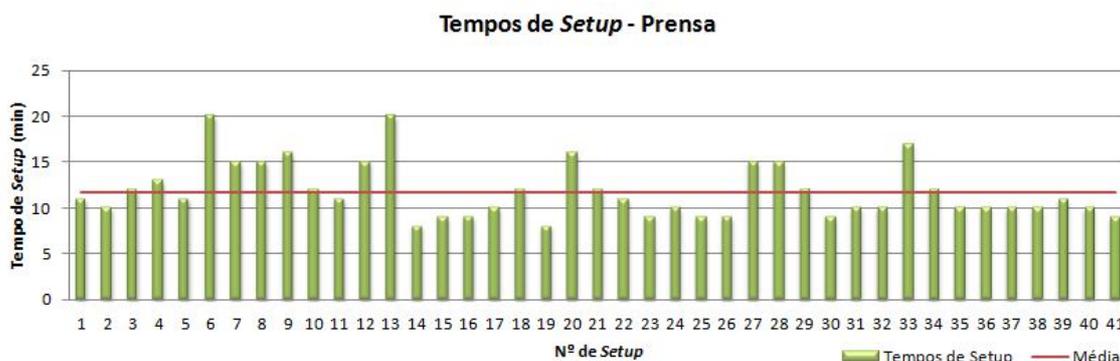


Figura 30 - Tempos de setup registados pelo operador da prensa



Ao analisarem-se os dados recolhidos, verifica-se que a média do tempo de *setup* para a prensa é de aproximadamente 12min. Por dia são realizados em média 3 *setups*. Outro aspeto importante a referir é a oscilação que se verifica no registo de tempos, podendo estes tempos de *setup* variar entre os 8 e os 20min. Isto pode significar que não existe um processo *standard* para efetuar a troca de ferramenta, o que pode traduzir-se num processo de *setup* ineficaz.

Depois de se examinarem os tempos de *setup* na prensa, tornou-se necessário escolher um produto para análise pormenorizada, com vista à obtenção de melhorias no processo de *setup*. Assim, realizou-se uma análise ABC aos produtos produzidos na prensa durante o ano de 2011, para se escolher o produto que é produzido em maior quantidade. No Anexo III encontra-se o resultado da análise efetuada. Dos 82 produtos produzidos, 21 dizem respeito à classe A, ou seja, 25,61% do total de artigos, correspondendo a cerca de 80% da produção da prensa. Na Tabela 12 apresentam-se o resumo do resultado obtido com a análise ABC.

Tabela 12 - Produtos da classe A da análise ABC da prensa

Classe	Número de artigos	% Artigos	% Quantidade
A	21	25,61%	80,41%
B	11	13,41%	9,71%
C	50	60,98%	9,88%
TOTAL	82	100%	100%

O produto mais produzido pela prensa é o D05110 que é uma anilha metálica de pequenas dimensões e que representa cerca de 30% da produção total da prensa. No entanto, em termos análise de processo de *setup* optou-se por escolher o produto que se encontra na segunda posição da análise ABC, o produto D05186 – reforço para prumo oposto, que corresponde a 7% da produção total da prensa.

Para se produzir o reforço para prumo oposto são necessárias 3 ferramentas, ou seja, 3 moldes diferentes, enquanto para se produzir a anilha metálica é necessária apenas uma ferramenta. Como o objetivo do estudo é a redução dos tempos de *setup*, considerou-se que seria mais relevante e mais benéfico para a empresa analisar o reforço para prumo oposto, uma vez que o processo de troca é diferente para as 3 ferramentas, o que representa um maior tempo de *setup*. Outra das razões para esta escolha reside no facto que a anilha metálica é o produto mais produzido porque

corresponde a peças de dimensões reduzidas e quando é feita a sua produção são produzidos lotes de grande quantidade (cerca de 6000 peças de cada vez). No entanto, em termos de frequência de produção, o reforço é feito com maior frequência e em lotes de cerca de 800 unidades. Na Tabela 13 encontra-se o cálculo do número de *setups* por ano para cada um dos produtos, dividindo-se a quantidade produzida de cada artigo pelo tamanho de lote com que atualmente é produzido.

Tabela 13 - Número de *setups* por ano (D05110 e D05186)

Produto	Quantidade Anual	Tamanho do Lote	<i>Setups</i> /Ano
D05110 – anilha	117390	6000	20
D05186 – reforço	26850	800	34

Como se poder verificar o produto D05186 acarreta mais *setups* durante um ano. Como foi já referido, para processar este produto são necessários 3 moldes diferentes (1 de corte e 2 de quinagem) e para o produto D05110 só é necessário 1 molde de corte. Assim, o número de *setups* por ano é de 102 (34x3) para o D05186 e de apenas 20 para o D05110, sendo esta a justificação para a escolha do produto D05186 para análise.

Puncionadora PGA

Tal como na prensa CC100, decidiu-se, com os responsáveis da empresa, que o estudo na puncionadora PGA seria feito com o objetivo de reduzir os tempos de *setup*. Para tal, inicialmente recolheram-se os dados dos tempos de *setup* registados pelo operador desta máquina. Assim, apresentam-se na Figura 31 os tempos de 44 *setups* realizados na puncionadora.



Figura 31 - Tempos de *setup* registados pelo operador da puncionadora



A análise dos tempos de *setup* recolhidos indica que o tempo médio de *setup* registado pelo operador é de 12,89 minutos. Tal como na prensa, percebe-se que não existe um processo *standard* para realizar a troca de ferramenta, uma vez que os valores apresentam várias oscilações. O operador da puncionadora realiza em média 4 *setups* por dia.

Nesta máquina, para escolher um produto para análise, a estratégia adotada foi escolher o produto que necessita de um maior número de ferramentas a instalar na torreta da puncionadora. Como referido anteriormente, a puncionadora tem capacidade para a colocação de 18 ferramentas diferentes. Os únicos produtos que precisam das 18 ferramentas são os painéis da cabine do elevador. Deste modo, o estudo na puncionadora será realizado com o objetivo de reduzir o tempo de *setup* para este produto.

Quinadoras

Relativamente às quinadoras, inicialmente foi definido na empresa que seria necessário realizar um estudo acerca dos tempos de *setup* que estas registavam. No entanto, no decorrer do projeto chegou-se à conclusão que a única quinadora na qual se poderia reduzir os tempos de *setup* seria a quinadora QIHD. Com as novas exigências do mercado, a empresa precisou de pensar em alternativas para melhorar a qualidade de quinagem das suas peças e para aumentar a capacidade produtiva nestes processos. Deste modo, já realizou a compra de uma nova máquina para os processos de quinagem, sendo previsto que este equipamento chegue ainda durante o mês de Agosto de 2012. Este novo equipamento vem substituir a quinadora QIHD, uma vez que é a quinadora que trabalha com chapa fina, o mesmo tipo de chapa com que a máquina nova irá trabalhar. Pode-se considerar também que a nova máquina é uma evolução desta quinadora, não havendo assim espaço para as duas.

Neste sentido, em concordância com a empresa, não foi feito o estudo na quinadora QIHD uma vez que representaria apenas um desperdício de tempo analisar uma máquina que não faz parte dos planos da empresa. Quanto às outras duas quinadoras, os tempos de *setup* que estas registam são relativamente reduzidos e ao analisarem-se estas máquinas percebeu-se que existem outros aspetos, tais como aspetos de

organização, que têm que ser resolvidos antes de se pensar em reduzir os tempos de *setup*. Deste modo, para as quinadoras não foram seleccionados produtos para análise, uma vez que o objetivo do estudo nestas máquinas passa pela organização do espaço de trabalho, não sendo por isso necessário analisar um produto específico.

4.4.3. Análise do Processo Produtivo dos Produtos Seleccionados

Depois de escolher os produtos para análise na prensa (reforço para prumo oposto) e na puncionadora (painel em lampre) analisou-se os seus processos produtivos.

Reforço para prumo oposto

O reforço para prumo oposto, como o próprio nome indica, é utilizado para reforçar o prumo oposto das portas de patamar de um elevador. Os prumos são as partes laterais do aro das portas de patamar. Existem dois tipos de prumos: prumos opostos e prumos de batente. No caso de uma porta com o sentido de abertura para a esquerda, o prumo oposto encontra-se à esquerda e o prumo de batente à direita (Figura 32).



Figura 32 - Indicação dos prumos do elevador

O processo de produção do reforço para o prumo oposto encontra-se representado na Figura 33.

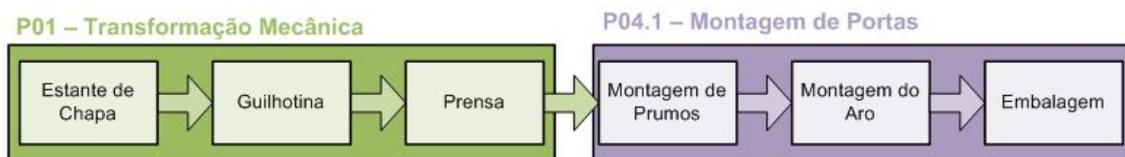


Figura 33 - Processo produtivo do reforço para o prumo oposto

Para se iniciar a produção deste produto é necessário retirar matéria-prima da estante de chapa, que se encontra localizada na secção P01. De seguida, o reforço passa por 5 postos de trabalho (2 da secção P01 e 3 da secção P04.1). Na Figura 34 encontra-se um *spaghetti chart* que indica o trajeto que o reforço para prumo oposto apresenta no espaço fabril.

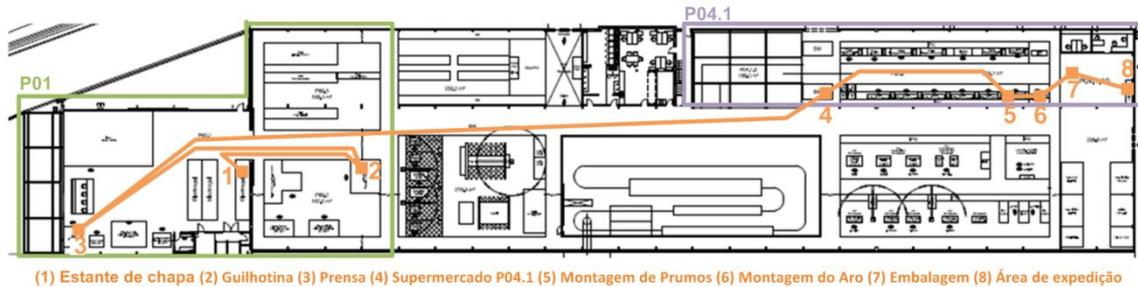


Figura 34 - Spaghetti Chart para o reforço para prumo oposto

Como auxílio na análise do produto ao longo do seu fluxo produtivo, criou-se um diagrama de processo (Figura 35) com a indicação das distâncias percorridas, tempos de processamento e momentos em que ocorre a armazenagem deste produto.



Figura 35 - Diagrama de processo para o reforço para prumo oposto

Através da análise do diagrama consegue-se perceber que os reforços para prumos opostos percorrem uma distância total de 215,32m durante o seu processo produtivo. A maior distância ocorre quando se transporta o produto da secção P01 para a secção P04.1, perfazendo um total de 120,40m. Os tempos de processamento indicados dizem respeito ao tempo médio que é gasto para realizar uma peça.

Depois de analisado o processo produtivo do produto, optou-se também por recorrer à nova ferramenta de identificação de desperdícios (secção 2.4) – *Waste Identification Diagram* (WID).

Utilizando a informação retirada do diagrama de sequência, do *spaghetti chart* e ainda através de medições de tempos de *setup* (C/O) e da quantidade de WIP, optou-se por modelar todo o fluxo produtivo do produto através de um WID. Assim, criou-se o diagrama com a identificação dos 5 postos de trabalho por onde passa o reforço para prumo oposto: Guilhotina, Prensa, Montagem de Prumos, Montagem do Aro e Embalagem.

O esforço de transporte foi identificado através de setas, utilizando-se como unidade de medida $\text{Kg}\cdot\text{m}$. Para a representação dos blocos neste diagrama é também necessário conhecer o *Takt Time* (TT) em cada posto. Para efetuar o cálculo do *Takt Time* para os reforços foi necessário fazer 2 cálculos diferentes, um para os 2 postos da secção P01 (Guilhotina e Prensa) e outro para os 3 postos da secção P04.1 (Montagem de Prumos, Montagem do Aro e Embalagem). Foi feita esta diferenciação na medida em que a procura diária para os reforços é diferente de uma secção para outra, uma vez que na P01 é considerado o reforço em si mas no caso da P04.1 a procura é relativa às portas de patamar. Como foi dito anteriormente, o reforço é incorporado no prumo oposto da porta de patamar, sendo que a sua procura diária tem que ser calculada conforme a procura das portas. De referir que cada porta de patamar inclui três reforços.

Assim, foi necessário fazer primeiro o cálculo da procura diária para os reforços na secção P01 (Equação 4.1), para depois calcular o *Takt Time* (Equação 4.2) para os dois postos desta secção.



$$Procura\ Diária\ do\ Cliente = \frac{Quantidade\ Anual}{Dias\ de\ Trabalho\ no\ Ano} = \frac{26850}{242} = 110,95\ reforços/dia \quad [4.1]$$

$$Takt\ Time = \frac{Minutos\ de\ Trabalho\ por\ Dia}{Procura\ Diária\ do\ Cliente} = \frac{450}{110,95} = 4,06\ minutos/reforço \quad [4.2]$$

De seguida procedeu-se do mesmo modo para calcular o *Takt Time* para os três postos da secção P04.1, utilizando a Equação 4.3 e a Equação 4.4. Como a procura anual para as portas de patamar é de 5042 portas e como uma porta possui três reforços, a quantidade anual é 15126 (5042x3).

$$Procura\ Diária\ do\ Cliente = \frac{Quantidade\ Anual}{Dias\ de\ Trabalho\ no\ Ano} = \frac{15126}{242} = 62,50\ reforços/dia \quad [4.3]$$

$$Takt\ Time = \frac{Minutos\ de\ Trabalho\ por\ Dia}{Procura\ Diária\ do\ Cliente} = \frac{450}{62,50} = 7,20\ minutos/reforço \quad [4.4]$$

Por último, foi necessário calcular a percentagem de ocupação de tempo de cada operador nos postos de trabalho em análise, para perceber qual a percentagem de tempo em que o operador acrescenta valor. Assim, foram criados gráficos de afetação do recurso mão-de-obra, indicando os seguintes tipos de tarefas: acrescenta valor; espera; movimentações; retrabalho; *setup*; transporte; e outro (atividade que não acrescenta valor e que difere das outras).

Para tal, foi criada uma tabela de recolha de dados com a indicação destes tipos de tarefas. Na Figura 36 encontra-se um excerto de uma das tabelas criadas

Guilhotina									
Nº Obs.	Data	Hora	Acrescenta Valor	Espera	Movimentação	Retrabalho	Setup	Transporte	Outro
1	02-Mai	09:00	1						
2	02-Mai	11:00		1					
3	02-Mai	14:00	1						
4	02-Mai	16:00						1	
5	03-Mai	09:00							1

Figura 36 - Excerto da tabela de recolha de dados para o WID

Para realizar esta análise foram feitas 32 observações, o que corresponde a 4 observações por dia durante 8 dias. A metodologia adotada foi sempre idêntica, isto é, foram feitas observações às mesmas horas de um dia de trabalho, sendo duas

observações de manhã (às 9h e às 11h) e duas à tarde (às 14h e às 16h). Os resultados obtidos encontram-se representados no Anexo IV, fazendo-se um resumo na Figura 37.

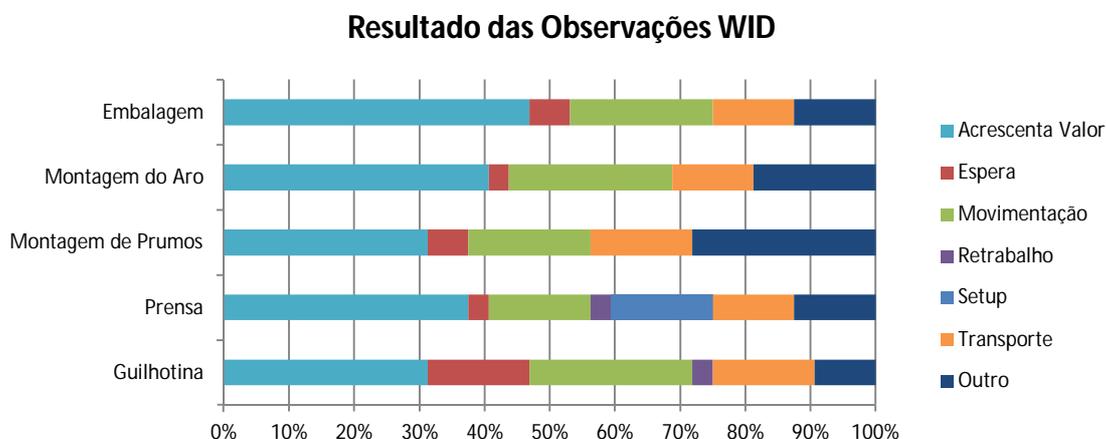


Figura 37 - Resultado das observações WID para o reforço para prumo oposto

Os tempos de ciclo e os tempos de troca de ferramenta foram obtidos por cronometragem. Para a medição das quantidades de WIP foram feitas observações diárias e depois calculada a média. O diagrama obtido encontra-se na Figura 38.

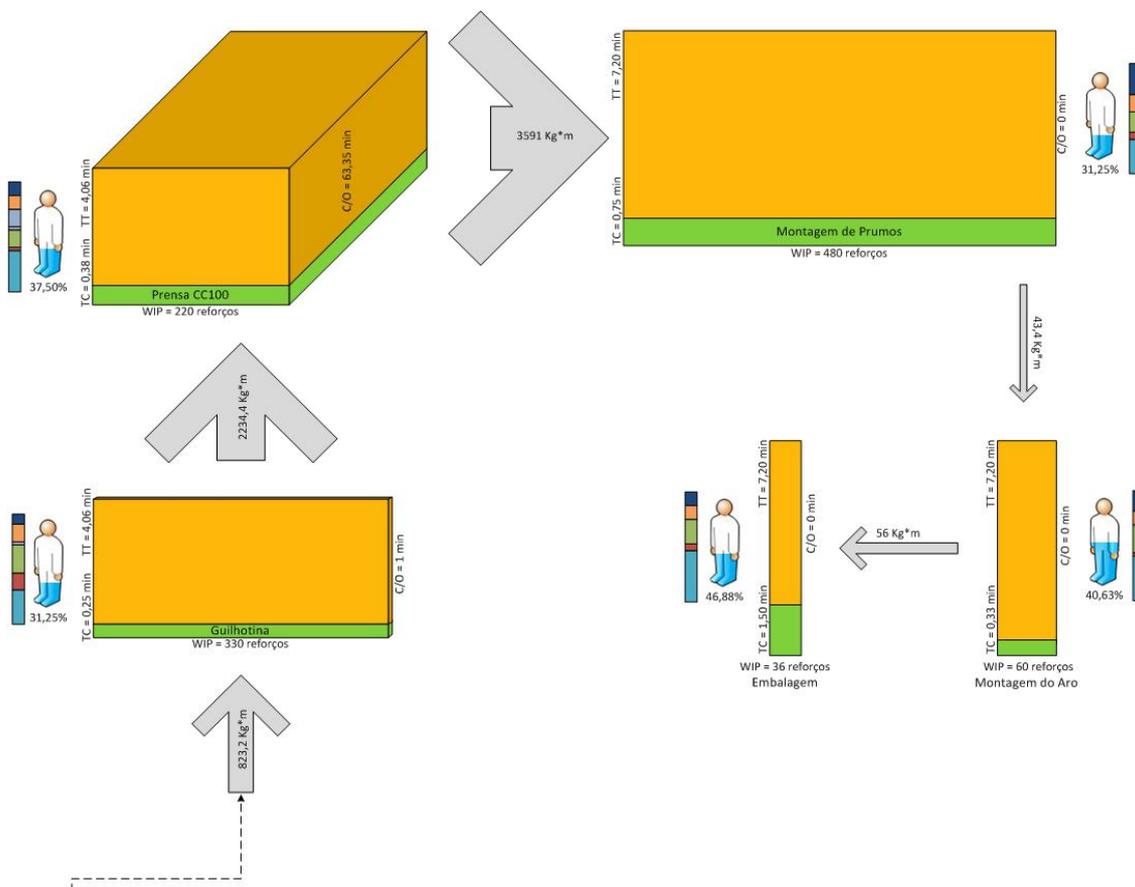


Figura 38 - WID para o reforço para prumo oposto



Analisando o WID facilmente se visualiza que existem grandes quantidades de WIP durante este processo produtivo, principalmente nos 3 primeiros postos de trabalho. Existe apenas 1 posto de trabalho (Prensa CC100) em que o tempo de *changeover* (C/O) é significativo, registando-se um valor de cerca de 60 minutos para realizar a troca de ferramentas. Este facto contribui para as elevadas quantidades de WIP no espaço fabril.

Relativamente ao transporte de materiais, verifica-se que o maior esforço por parte dos operadores ocorre entre a fase inicial do processo produtivo e o posto Montagem de Prumos. Isto deve-se às grandes distâncias percorridas, principalmente no trajeto da secção P01 até à produção P04.1 (representado entre os blocos da Prensa CC100 e da Montagem de Prumos), em que é feito o transporte do produto num carro com capacidade para 10 caixas de diferentes produtos acabados. Quando este carro se encontra cheio, o seu peso é bastante significativo, o que exige um esforço redobrado por parte do operador.

Pela análise da representação gráfica do recurso mão-de-obra, consegue-se perceber que em todos os casos, a maior percentagem de tempo registada diz respeito a tarefas que não acrescentam valor. O posto de trabalho com uma maior percentagem de valor acrescentado no seu trabalho é o da Embalagem (46,88%). Por outro lado, nesta análise os postos Guilhotina da secção P01 e Montagem de Prumos da secção P04.1 foram os que registaram um maior tempo gasto em atividades que não acrescentam valor ao produto. Foi registado que o tempo gasto com atividades que acrescentam valor corresponde apenas a 31,25% do tempo total de produção dos operadores, para ambos os casos. No posto de trabalho Guilhotina o operador realiza várias movimentações e no posto Montagem de Prumos ocorrem várias situações em que o operador se encontra ausente do seu posto de trabalho, por razões por vezes não justificadas.

Painel em Lampre

Os painéis de cabine de um elevador correspondem às paredes interiores da estrutura da caixa do elevador. A estrutura interior da caixa do elevador é constituída por um fundo (parte inferior), um teto (parte superior) e um certo número de painéis dependendo do tamanho da cabine. Na Figura 39 encontra-se representado um exemplo do interior de um elevador, com a indicação das partes que constituem a estrutura da caixa.



Figura 39 - Partes constituintes da estrutura interior da caixa do elevador

Na empresa existem vários tipos de painéis, em diferentes tipos de materiais. Os principais tipos produzidos são em aço inox e em lampre. Como o alvo de estudo é a puncionadora, será feita a análise aos painéis de lampre, uma vez que são estes os processados nesta máquina.

O processo de produção dos painéis de cabine em lampre encontra-se representado na Figura 40.

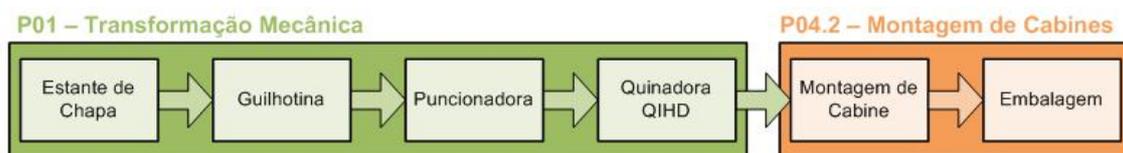


Figura 40 - Processo produtivo dos painéis de cabine em lampre

Para se dar início à produção dos painéis é necessário retirar a matéria-prima da estante de chapa. Depois este produto passa por 5 postos de trabalho, sendo 3 localizados na secção P01 e 2 situados na secção de montagem P04.2. Para representar

esta situação apresenta-se na Figura 41 um *spaghetti chart* que indica o trajeto que o painel percorre no espaço fabril.

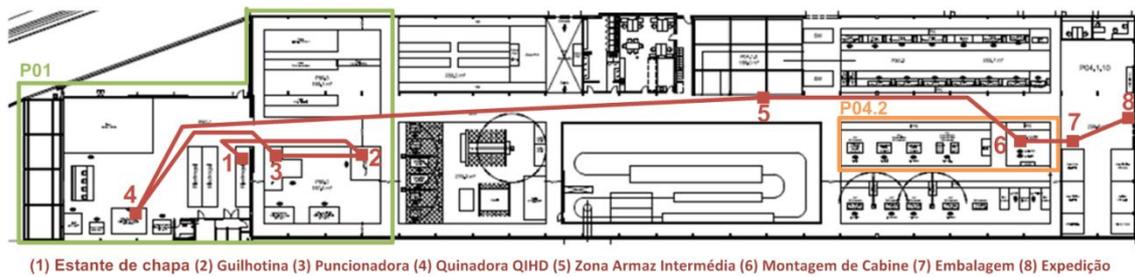


Figura 41 - Spaghetti Chart para o painel de cabine em lampre

Para analisar o processo produtivo com mais detalhe criou-se um diagrama de processo com a indicação das distâncias percorridas, tempos de processamento e momentos de armazenagem deste produto. Este diagrama encontra-se na Figura 42.



Figura 42 - Diagrama de processo para o painel de cabine em lampre

Pela análise do diagrama verifica-se que os painéis de cabine em lampre percorrem uma distância total de 229,04m durante o seu processo produtivo. A maior distância percorrida regista-se no momento em que o produto passa da secção P01 para a secção P04.2, num total de 98,56m.

De modo a identificar de uma melhor forma os desperdícios que ocorrem durante este processo produtivo, recorreu-se à ferramenta *Waste Identification Diagram*. Assim, foi criado o diagrama com a identificação dos 5 postos de trabalho por onde passa o reforço para prumo oposto: Guilhotina, Puncionadora, Quinadora QIHD, Montagem de Cabine e Embalagem. O esforço de transporte foi identificado através de setas, utilizando-se como unidade de medida Kg*m.

Assim, calculou-se em primeiro lugar e através da Equação 4.5 a procura diária para as cabines em lampre, considerando a quantidade anual e os dias de trabalho num ano. De seguida utilizou-se a Equação 4.6 para calcular o *Takt Time* para estas cabines. Calculou-se também o *Takt Time* para os painéis utilizando a Equação 4.7 e considerando como 11, o número médio de painéis de uma cabine.

$$\text{Procura Diária do Cliente} = \frac{\text{Quantidade Anual}}{\text{Dias de Trabalho no Ano}} = \frac{652}{242} = 2,69 \text{ cabines/dia} \quad [4.5]$$

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Minutos de Trabalho por Dia}}{\text{Procura Diária do Cliente}} = \frac{450}{2,69} = 167,29 \text{ minutos/cabine} \quad [4.6]$$

$$\text{Takt Time (painéis)} = \frac{167,29}{11} = 15,21 \text{ minutos/painel} \quad [4.7]$$

Por último, calculou-se a percentagem de ocupação de tempo de cada operador nos postos de trabalho em análise. Para tal, utilizou-se a mesma metodologia adotada para a criação do WID para o reforço para prumo oposto, diferenciando apenas os dias em que se realizaram as observações. Os resultados obtidos encontram-se representados no Anexo V. Na Figura 43 encontra-se o resumo destes resultados.

Resultados das Observações WID

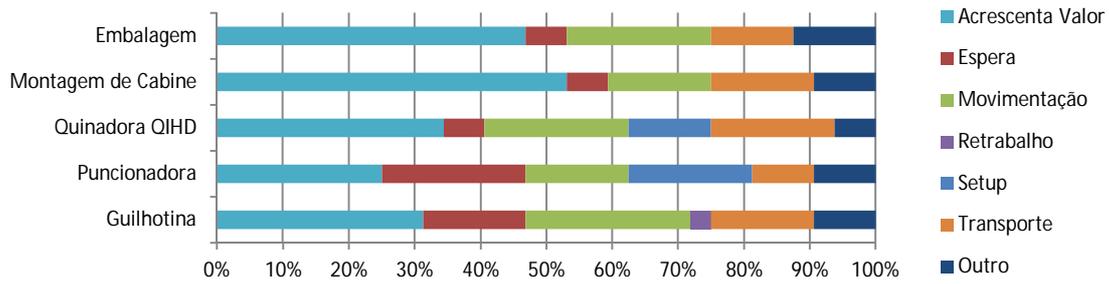


Figura 43 - Resultado das observações WID para o painel de cabine em lampre

O diagrama obtido para o processo de produção dos painéis em lampre encontra-se representado na Figura 44.

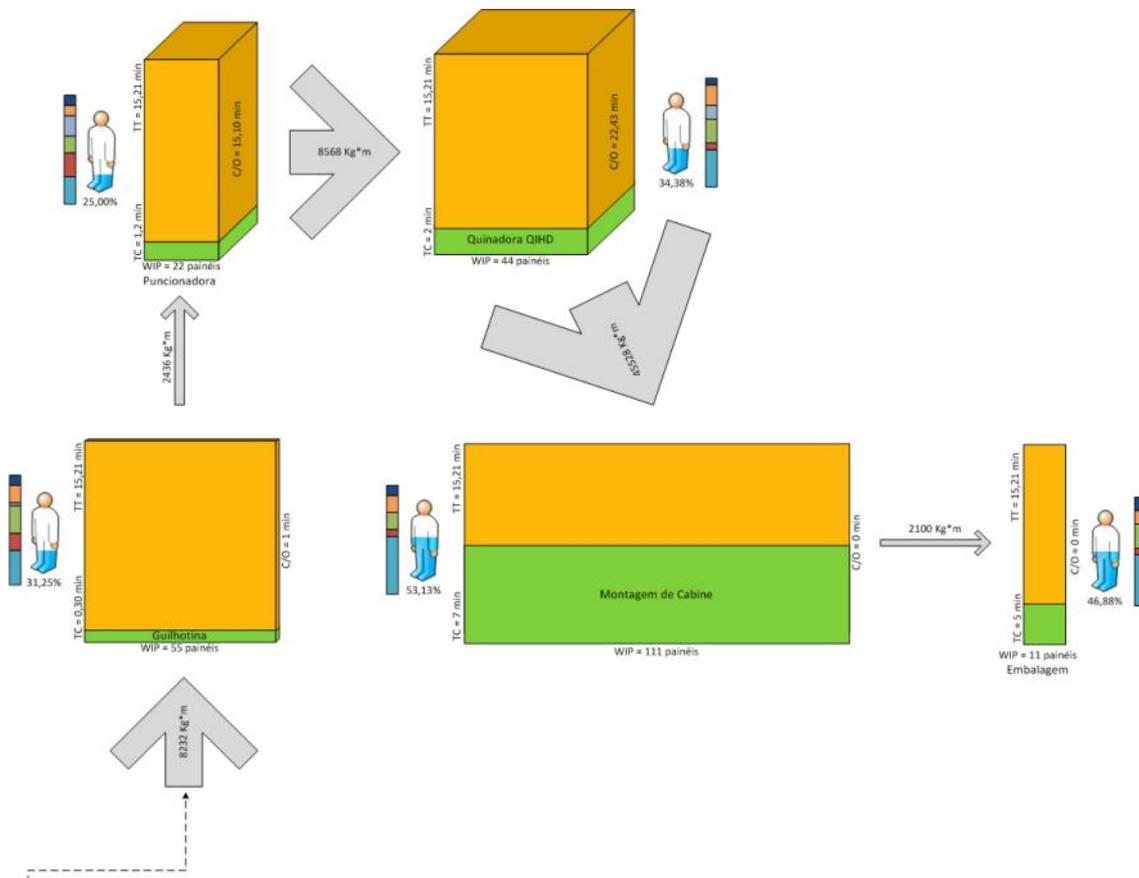


Figura 44 - WID para o painel de cabine em lampre

Analisando o WID para os painéis em lampre verifica-se que existem grandes quantidades de WIP ao longo do processo produtivo, destacando-se o posto de trabalho Montagem de Cabine da secção P04.2. Neste posto regista-se uma média de 111 painéis que se encontram em espera para serem montados, o que representa uma

quantidade de WIP de 10 cabines de elevadores (considerando que em média uma cabine tem 11 painéis).

Visualizando-se a profundidade dos blocos, ou seja, o tempo de *changeover* (C/O), conclui-se que a Puncionadora e a Quinadora QIHD registam valores elevados de C/O (15min e 22min, respetivamente). Esta pode ser uma das razões pela qual existe uma elevada quantidade de WIP neste processo produtivo.

Neste processo, os esforços de transporte mais significativos acontecem quando se transportam os painéis furados provenientes da Puncionadora, em paletes para a Quinadora QIHD e quando o operador realiza o transporte dos painéis quinados para a zona de armazenagem da secção P04.2. Esta última situação é a mais crítica uma vez que o transporte é feito através de carros empurrados pelo operador que tem que percorrer uma grande distância (cerca de 100 metros). Normalmente cada carro leva duas cabines, o que corresponde a uma média de 22 painéis que são transportados em cada carro.

Por último, analisando a representação gráfica do recurso mão-de-obra, verifica-se que os operadores avaliados neste processo estão maioritariamente a não acrescentar valor ao produto, excetuando o posto de Montagem de Cabine (53,13%). As percentagens de valor acrescentado diferem significativamente entre os postos de trabalho, tendo como valor mínimo os 25% (Puncionadora) e como valor máximo os 53,13% (Montagem de Cabines). O posto Puncionadora apresenta este valor porque foram registadas várias tarefas que não acrescentam valor ao produto, destacando-se os *setups* e as esperas. Como esta máquina apresenta uma grande componente automática no processamento de produtos, o operador tem a tendência a ficar em espera, o que não acrescenta valor ao produto.

4.5. Identificação de Problemas

Os problemas identificados nas máquinas analisadas durante este projeto encontram-se resumidos na Tabela 14.



Tabela 14 - Problemas identificados durante o projeto

	Problemas	Consequências
Prensa	Estante de ferramentas para o <i>setup</i> desorganizada	Perda de tempo a procurar ferramentas
	Grande distância a percorrer para aceder às ferramentas de <i>setup</i>	Grande quantidade de movimentações e transportes durante o <i>setup</i>
	Estante de moldes desorganizada e posições não identificadas	Perda de tempo na procura do molde
	Alguns moldes apresentam números de desenhos antigos e a maioria apresenta a identificação num local que não é visível	Perda de tempo na procura do código do molde
	Falta de espaço para armazenar moldes	Para aceder a alguns moldes o operador tem que movimentar outros moldes, perdendo tempo
	Ocupação com paletes do espaço do carro de transporte	Falta de espaço para fazer manobras, perdendo tempo a movimentar as paletes
	Grande distância para aceder ao carro de colocação de produtos acabados	Perda de tempo para aceder ao carro
	Parâmetros de <i>setup</i> (curso, correção e velocidade de prensagem) não identificados nos moldes	Perda de tempo a confirmar os parâmetros manualmente sempre que coloca um novo molde
	Operador não grava os parâmetros de cada molde na máquina	Perda de tempo a introduzir os parâmetros manualmente na máquina; Aumento significativo do tempo de <i>setup</i>
Punçionadora e Prensa	Elevado tempo de <i>setup</i>	Grande quantidade de WIP; Flexibilidade reduzida; Tempo improdutivo elevado
	Grande quantidade de movimentações durante o <i>setup</i>	Aumento do tempo de <i>setup</i> ; Grandes distâncias percorridas pelo operador
	Inexistência de um processo de <i>setup</i> normalizado	Grandes oscilações nos tempos de <i>setup</i>
	Falta de conhecimento acerca do conceito de <i>setup</i>	Influencia o registo nas folhas dos operadores; Prejudica o planeamento e controlo da produção (*)
Punçionadora	Estante de matrizes e punções desorganizada e não identificada	Perda de tempo na procura de ferramentas
	Estante de matrizes e punções mal posicionada	Aumento das deslocações; Aumento das distâncias percorridas
	Falhas no processo de manutenção das ferramentas	Perda de tempo a retificar ferramentas; Aumento do tempo improdutivo
Quinadoras	Matrizes e punções desorganizados e não identificados	Perda de tempo na procura de ferramentas
	Matrizes e punções situados em locais pouco ergonómicos	Esforço excessivo para pegar nas ferramentas; Posições incorretas; Aumento do risco de acidentes
	Falta de espaço para colocar carros e paletes de produtos	Perda de tempo a afastar as bancas de trabalho
	Bancas de trabalho desadequadas	Redução da flexibilidade de produção (**)

*Um dos grandes problemas verificados é a falta de conhecimento acerca do conceito de *setup*, influenciando os tempos que os operadores registam nas suas folhas e, consequentemente, influenciando o processo de planeamento e controlo da produção (os valores registados pelos operadores não são reais). Na Figura 45 encontra-se um

exemplo da diferença existente entre os tempos de *setup* registados pelo operador e os tempos registados pelo autor deste projeto, para o mesmo produto.

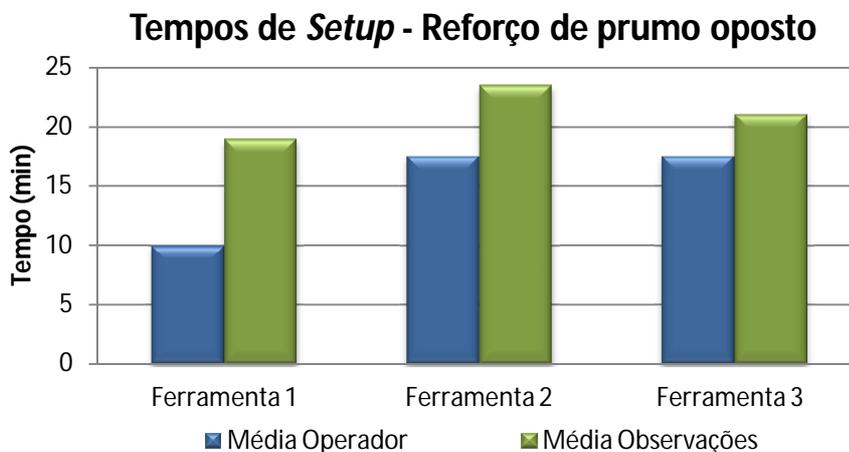


Figura 45 - Diferença entre registos de tempos de *setup*

**Quando é necessário colocar certos tipos de paletes de produtos no local de trabalho, as bancas são movimentadas com o auxílio de empilhadores. No entanto, o operador responsável pelo empilhador nem sempre se encontra disponível, perdendo-se tempo até este se apresentar desocupado. Outro problema é que, como as matrizes e punções ficam situadas por baixo das bancas (Figura 46), no momento em que se movimentam as bancas existe sempre o perigo de estas caírem e ficarem danificadas.



Figura 46 - Matrizes e punções de quinadoras situadas por baixo da banca

Com as ferramentas guardadas neste local, o peso das bancas de trabalho aumenta consideravelmente, representando assim outro problema no momento em que se torna necessário movimentar essas bancas.

5. Ações de Melhoria

Depois de analisar a secção de Transformação Mecânica apresentam-se nesta secção propostas de melhoria para resolver alguns dos problemas identificados. Estas propostas tiveram como base a filosofia *Lean Production* e as suas ferramentas, destacando-se a metodologia SMED.

5.1. Implementação da Metodologia SMED na Prensa CC100

Após uma análise ao funcionamento da prensa mecânica CC100 da secção P01, verificou-se que um dos maiores problemas que esta apresenta é a grande quantidade de tempo despendido nos processos de *setup*. Deste modo, decidiu-se recorrer à metodologia *Single-Minute Exchange of Die* (SMED) com o intuito de reduzir estes tempos de *setup*. A metodologia adotada para implementar SMED na prensa encontra-se representada na Figura 47.

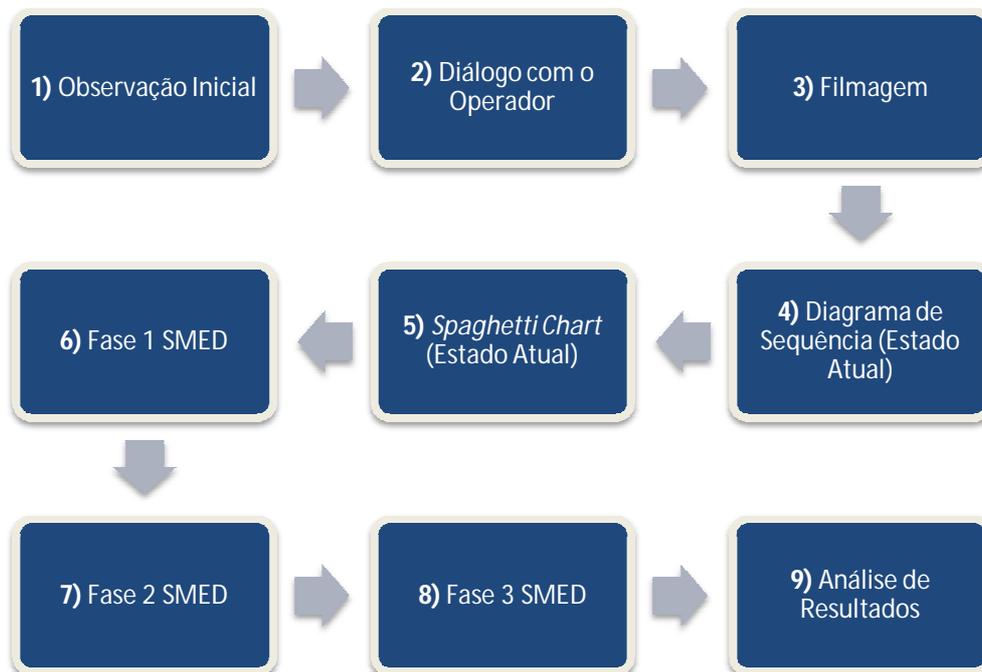


Figura 47 - Metodologia adotada para a implementação de SMED

Inicialmente, na **Etapa 1**, foram efetuadas observações ao processo de *setup* da prensa. Esta etapa serviu para identificar as ferramentas utilizadas, os locais para onde o operador se desloca e todos os aspetos intervenientes no processo.

Na **Etapa 2** realizou-se um diálogo com o operador para ser possível identificar potenciais problemas existentes no *setup*.

De seguida, na **Etapa 3**, foram feitas filmagens de todo o processo de *setup* do produto mais representativo que, como verificado no capítulo 4, é o reforço para o prumo oposto da porta de patamar. O tempo de *setup* é o tempo que decorre desde que o operador acaba de fazer a última peça de um determinado lote, até que consiga produzir uma peça do novo lote com qualidade.

Depois de realizar algumas filmagens, na **Etapa 4** criou-se o diagrama de sequência do estado atual, com a descrição de cada operação de *setup*, o tempo destas operações, a distância que o operador percorre e a classificação do tipo de atividade (operação, transporte, controlo, espera e armazenagem).

Na **Etapa 5** criou-se o *spaghetti chart* do estado atual para demonstrar as movimentações que o operador realiza durante o processo de *setup* e para se identificar as zonas onde ocorre uma maior afluência do operador.

As etapas descritas até este ponto podem ser consideradas partes integrantes da Fase Preliminar da metodologia SMED (secção 2.3.2.). No entanto, optou-se por realizar esta separação para melhor ilustrar a sequência de passos que, neste projeto, foi utilizada para implementar a metodologia SMED.

Depois de ter sido realizada a análise ao estado atual do processo de *setup*, foram implementadas as três fases da metodologia SMED, que consistiram na separação de *setup* interno e externo (**Etapa 6**), na conversão de *setup* interno em externo (**Etapa 7**) e na racionalização do processo de *setup* (**Etapa 8**). De notar que para representar os resultados obtidos em cada etapa, utilizaram-se novamente os diagramas de sequência.

A **Etapa 9** (após implementação das propostas de melhoria) corresponde à análise dos resultados obtidos e verificação do impacto da metodologia implementada.

Durante todo este processo, sempre que necessário foram realizadas reuniões com o encarregado geral de fabrico, com o chefe da secção P01 e ainda com um colaborador da secção de manutenção, que acompanharam todo este projeto de melhoria na prensa CC100.

5.1.1. Fase Preliminar – *Setup* Interno e Externo não Diferenciados

Na fase preliminar da metodologia SMED é necessário perceber pormenorizadamente todo o processo de *setup*. O *setup* do reforço para prumo oposto envolve três moldes diferentes: um para efetuar o corte e a furação da chapa e os outros dois para realizar processos de quinagem. Na Figura 48 encontra-se uma representação agregada de todos os processos produtivos e de *setup* necessários para produzir os reforços para prumo oposto.

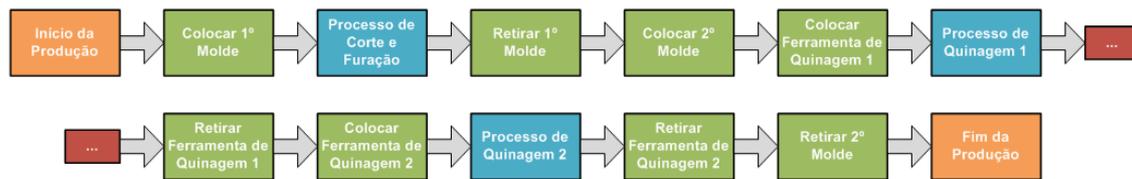


Figura 48 - Processos produtivos e de *setup* para o reforço para prumo oposto

Na Figura 49 encontram-se os diferentes estados que o produto apresenta, após cada processo de transformação, sendo o estado 1 (Figura 49 a)) a peça cortada e furada, o estado 2 (Figura 49 b)) a peça obtida depois de sofrer o primeiro processo de quinagem e o estado 3 (Figura 49 c)) a peça final, depois de ocorrer o último processo de quinagem.

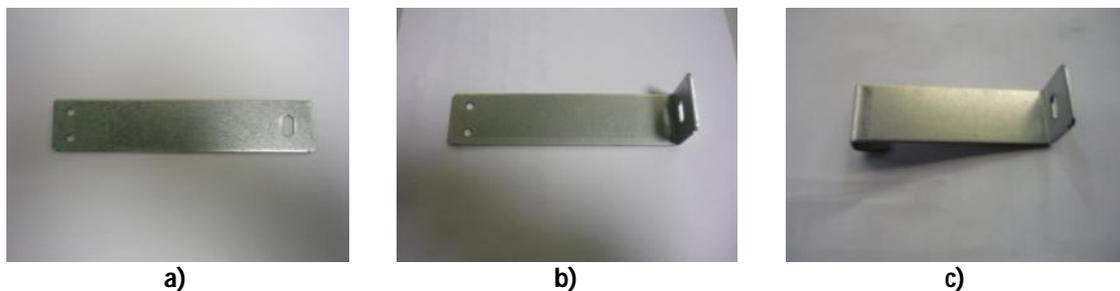


Figura 49 - Estados do reforço após cada processo de transformação

Os três processos de *setup*, necessários para se obter o produto em análise, são totalmente diferentes, pelo que foi importante analisar cada um deles para se poder obter maiores benefícios. Para facilitar a perceção do estudo realizado atribui-se a designação de “Ferramenta 1”, “Ferramenta 2” e “Ferramenta 3”, aos moldes e ferramentas do primeiro, segundo e terceiro processo de *setup*, respetivamente.

Para iniciar o estudo e depois do diálogo com o operador e dos registos em vídeo do processo de *setup*, criaram-se os diagramas de sequência que se encontram no Anexo VI. Na Figura 50 encontra-se um excerto de um diagrama de sequência criado.

Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento				S+ SCHMITT + SOHN ELEVADORES	
Diagrama nº: 1	Folha nº: 1 de 2	Resumo			
Produto: Reforço para prumo oposto		Atividades	Atual	Proposto	Ganho
Medida: 145x30x2 mm		Operação	34		
Artigo nº: 139727		Transporte	12		
Atividade: Setup Ferramenta Nº1		Controlo	1		
		Espera	0		
Localização: Prensa da secção P01		Armazenagem	1		
		Total			
Operadores: Domingos Oliveira		Distância (m)	102		
Método: Atual / Proposte		Tempo (s)	1299		
Diagrama por: Eric Costa	Data: 27-03-2012	Custo			
Aprovado por:	Data:	Mão-de-obra			
		Material			
		Total			

Nº	Descrição	Distância (m)	Tempo (s)	Símbolos	Obs.
1	Desligar máquina	1,8	4	○	
2	Abrir portas de segurança	1,8	8	⇒	
3	Ir buscar carro com a caixa para peças	16,4	22	□ □ ▽	

Figura 50 - Excerto de um diagrama de sequência criado

Na Figura 51 apresentam-se os resultados obtidos para a Ferramenta 1 (Figura 51 a)), Ferramenta 2 (Figura 51 b)) e Ferramenta 3 (Figura 51 c)).

Ferramenta 1		Ferramenta 2		Ferramenta 3	
Atividades	Atual	Atividades	Atual	Atividades	Atual
Operação	34	Operação	36	Operação	23
Transporte	12	Transporte	13	Transporte	14
Controlo	1	Controlo	1	Controlo	1
Espera	0	Espera	1	Espera	2
Armazenagem	1	Armazenagem	0	Armazenagem	0
Total		Total		Total	
Distância (m)	102	Distância (m)	87,3	Distância (m)	95,35
Tempo (s)	1299	Tempo (s)	1450	Tempo (s)	1146
Tempo (min)	21,65	Tempo (min)	24,17	Tempo (min)	19,10

Figura 51 – Resultados obtidos na fase preliminar SMED da prensa

Após a descrição das operações foi também possível perceber que as operações de um processo de *setup* na prensa podem dividir-se em cinco fases distintas: operações de organização de material e de ferramentas; retirar o molde antigo; colocar o molde novo; afinações e ajustes; e operações de teste de peças. Na Figura 52 encontra-se a percentagem de tempo gasto em cada uma destas fases para a Ferramenta 1 (Figura 52 a)), Ferramenta 2 (Figura 52 b)) e Ferramenta 3 (Figura 52 c)).

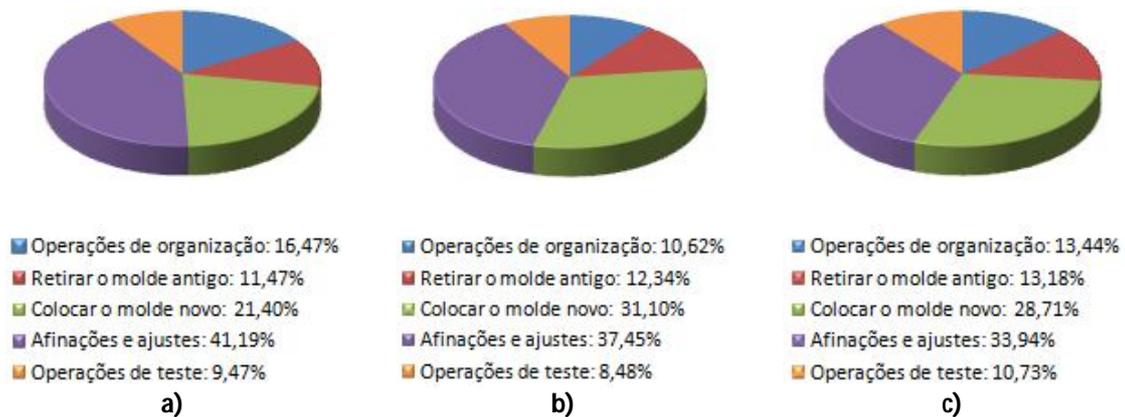


Figura 52 – Percentagem de tempo gasto nos processos de *setup* da prensa

Através da análise da Figura 52 verifica-se que as afinações e ajustes ocupam a maior parte do tempo total de *setup* para cada uma das situações em estudo, destacando-se os 41,19% no caso da Ferramenta 1.

Depois de descrito o funcionamento de cada um dos três processos de *setup* foram analisadas as movimentações do operador através da utilização de *spaghetti charts*. Na Figura 53 encontra-se o *spaghetti chart* obtido para o primeiro processo de *setup* do reforço para prumo oposto (Ferramenta 1).

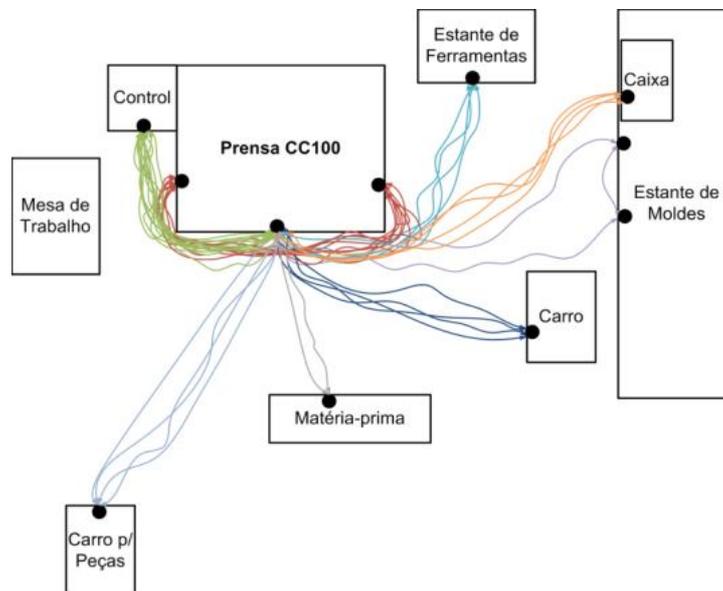


Figura 53 - *Spaghetti Chart* do processo de *setup* da Ferramenta 1

Pela análise da figura é possível perceber que a zona de maior afluência ocorre quando o operador se desloca da zona central da máquina para o controlador, local onde realiza todas as afinações e onde efetua a introdução dos parâmetros relativos ao produto necessário a produzir. Neste *setup* o operador da prensa percorre uma

distância total de 102m, realizando movimentações para diversos pontos do seu espaço de trabalho.

O resultado do estudo das movimentações do operador durante o *setup* da Ferramenta 2 encontra-se representado na Figura 54.

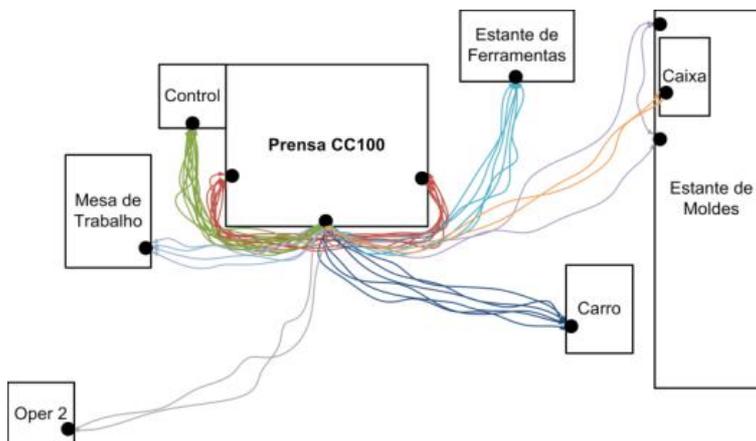


Figura 54 - *Spaghetti Chart* do processo de *setup* da Ferramenta 2

Neste processo de *setup* verifica-se que o operador percorre uma menor distância, comparativamente ao *setup* da Ferramenta 1, num total de 87,3m. Por último, na Figura 55 apresenta-se o *spaghetti chart* do último *setup* para o reforço para prumo oposto.

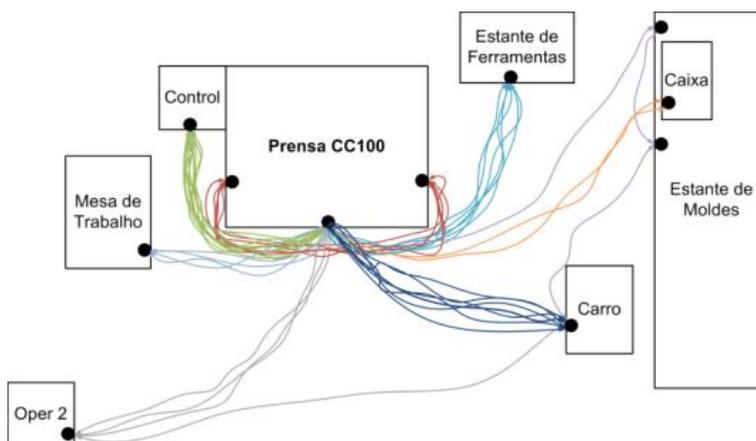


Figura 55 - *Spaghetti Chart* do processo de *setup* da Ferramenta 3

Nesta última situação registou-se uma distância total percorrida de 95,35m.



5.1.2. Fase 1 – Separação de *Setup* Interno e Externo

Após a análise ao *setup* inicial da prensa na Fase Preliminar SMED, percebeu-se o processo de *setup* se inicia com o operador a desligar a máquina. Como a máquina não tem nenhuma componente automática, o operador não consegue realizar nenhuma operação de *setup* durante a fase de processamento sem que a máquina fique parada. Deste modo, todas as operações que este realiza durante o processo são consideradas como *setup* interno.

Na Tabela 15 encontra-se o resumo dos resultados obtidos nos *setups* analisados, antes de se separar as operações internas e externas.

Tabela 15 - Resumo dos resultados obtidos na Fase Preliminar da prensa

Ferramenta	Total de Operações (Internas)	Tempo de <i>Setup</i> (min)	Distância Percorrida (m)
1	48	21,65	102
2	51	24,17	87,3
3	40	19,10	95,4

Apesar das operações de *setup* na prensa serem realizadas com a máquina parada, existem várias que poderiam ser feitas com a máquina ainda em funcionamento (i.e., operações potencialmente externas). Assim, foram separadas as operações internas e externas (Fase 1 SMED) para cada uma das três ferramentas, obtendo-se os diagramas de sequência do Anexo VII. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 16.

Tabela 16 - Resultados obtidos na Fase 1 SMED da prensa

Ferramenta	Total de Operações (Internas)	Tempo de <i>Setup</i> (min)	Distância Percorrida (m)
1	33	17,50	26,1
2	35	18,95	42,5
3	29	17,38	54,1

Com a aplicação da Fase 1 da metodologia SMED conseguiu-se uma redução do tempo de *setup* de 4,15min para a Ferramenta 1, de 5,22min para a Ferramenta 2 e de 1,72min para a Ferramenta 3. Conseguiram-se também reduções significativas na distância percorrida pelo operador durante o *setup*, nomeadamente de 75,9m para a Ferramenta 1, 44,8m para a Ferramenta 2 e 41,3m para a Ferramenta 3. Com a separação do *setup* interno e externo reduziu-se ainda o total de operações efetuadas em período interno, passando-se a realizar menos 15 operações na Ferramenta 1, menos 16 na Ferramenta 2 e menos 11 na Ferramenta 3.

Entre as operações internas que passaram a externas incluem-se movimentações do operador para ir buscar ferramentas, deslocações para arrumar o molde antigo e para recolher o novo molde, movimentações para ir buscar e para arrumar o carro que contém as caixas para os produtos finais, entre outras. De notar que as operações externas terão de ser realizadas por outro operador da secção uma vez que, conforme anteriormente referido, a prensa exige a presença permanente do operador durante o período de produção.

Nesta fase utilizaram-se então duas técnicas enunciadas na metodologia SMED, nomeadamente a criação de uma *checklist* para indicar os elementos necessários para a execução do processo de *setup* e o melhoramento nos transportes para planear o transporte das ferramentas durante o período externo. Assim, no Anexo VIII encontra-se a *checklist* criada para auxiliar a pessoa responsável pela execução das operações externas da prensa, indicando-se o material e as ferramentas necessárias antes e depois de se parar o equipamento.

5.1.3. Fase 2 – Conversão de *Setup* Interno em Externo

Depois de separar o *setup* interno e externo passou-se para a Fase 2 da metodologia SMED. Assim, realizou-se uma nova análise aprofundada ao processo de *setup* e concluiu-se que o operador realizava duas operações que poderiam ser convertidas em operações externas: desmontar a base superior do molde antigo e montá-la no novo molde. O resultado da análise efetuada encontra-se no Anexo IX.

Deste modo, aplicou-se a técnica de preparação antecipada de operações enunciada para esta fase na metodologia SMED. Para poder aplicar esta técnica foi necessário realizar-se uma duplicação da base superior do molde (Figura 56).



Figura 56 - Duplicação da base superior dos moldes da prensa

Como esta base superior é utilizada para todos os moldes, no período de *setup* interno o operador tinha que desmontá-lo do molde que se encontrava na máquina, para depois poder montá-la no molde seguinte. Com a existência de duas bases, enquanto o operador da prensa está a processar um determinado produto com um molde e com uma destas bases superiores, um outro operador consegue montar a outra base no molde seguinte. Desta forma, no momento da troca, o operador da prensa apenas tem que retirar o molde antigo e colocar o novo molde já com a base superior montada, poupando assim mais algum tempo de *setup*.

Para que o segundo operador saiba que tem de realizar também esta operação em período externo, atualizou-se a sua *checklist* com a indicação da referida tarefa. A nova *checklist* encontra-se no Anexo X. Na Tabela 17 encontram-se os resultados obtidos com a conversão de *setup* interno em externo.

Tabela 17 - Resultados obtidos na Fase 2 SMED da prensa

Ferramenta	Total de Operações (Internas)	Tempo de <i>Setup</i> (min)	Distância Percorrida (m)
1	31	16,28	26,1
2	33	17,13	42,5
3	27	15,45	54,1

Nesta fase SMED foram reduzidas duas operações em cada um dos casos analisados. Reduziram-se também os tempos de *setup* em 1,22min para a Ferramenta 1, em 1,82min para a Ferramenta 2 e em 1,93min para a Ferramenta 3. A distância total percorrida pelo operador não foi alterada nesta fase.

5.1.4. Fase 3 – Racionalização do *Setup* Interno e Externo

Na fase de racionalização do processo de *setup*, podem-se distinguir as melhorias nas operações externas das melhorias nas operações internas, sendo que as primeiras não contribuem diretamente para a redução do tempo de paragem da máquina, mas permitem a libertação dos operadores para a realização de outras atividades.

Melhorias nas Operações Internas

Para melhorar os aspetos do *setup* interno foram utilizadas duas técnicas enunciadas no SMED: a utilização de fixadores rápidos e a eliminação de ajustes e afinações.

Um dos problemas encontrados foi a forma de aperto dos moldes, em que os fixadores laterais não demonstravam ser a ferramenta mais adequada, por se demorar algum tempo a ajustar a altura e a apertar e desapertar estes fixadores. Como referido anteriormente, a prensa opera com uma grande quantidade de moldes e existem por vezes diferentes alturas de bases de moldes. Quando o operador tem que trocar moldes com diferentes alturas nas bases perde algum tempo a regular os fixadores laterais para poder ajustá-los conforme a altura pretendida. Uma solução que surgiu foi a técnica enunciada por Shingo, referente à normalização da altura das bases dos moldes para que a altura seja sempre a mesma. No entanto, chegou-se à conclusão que esta solução seria difícil de implementar por ser necessário alterar os cerca de 80 moldes existentes.

A solução encontrada foi a implementação de fixadores rápidos na prensa (Figura 57).



Figura 57 - Tipos de fixações (antes e depois)

O tipo de dispositivo implementado não necessita de um grande esforço para apertar e desapertar e permite uma regulação rápida conforme a altura do molde.

Outro dos principais problemas identificados na prensa foi a grande percentagem de tempo que as afinações e os ajustes ocupam no processo de *setup* (entre 35 a 40%).

Relativamente aos ajustes, compreendeu-se que o operador perdia algum tempo na operação de centragem do molde. Esta operação era feita por tentativa e erro, não existindo nenhum tipo de fixação ou encaixe de auxílio. Neste sentido, optou-se por criar um sistema de centragem do molde colocando-se, na parte posterior da mesa, uma placa metálica para encostar os moldes. Esta situação resolve o ajuste em termos de profundidade, na medida em que o operador apenas tem de encostar o molde a esta placa para ficar centrado. No entanto, existem moldes que apresentam dimensões diferentes em termos de largura. Para melhorar esta situação, fixou-se uma espécie de ponteiro metálico que permite a regulação do molde conforme a medida da sua largura. A solução de centragem do molde encontra-se representada na Figura 58.

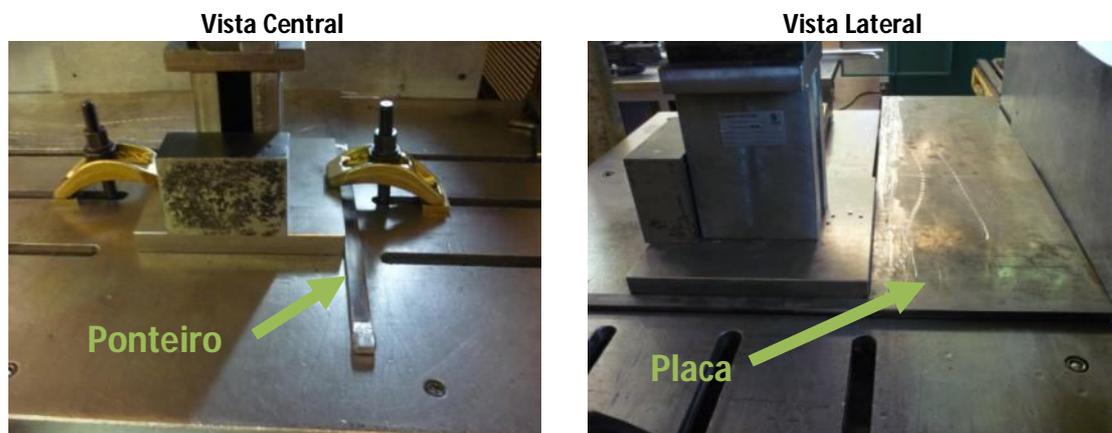


Figura 58 - Solução para centragem de moldes

Para que o operador possa colocar o ponteiro na medida de largura pretendida, fizeram-se marcações na mesa da prensa com todas as medidas possíveis para os moldes existentes. Assim, com este sistema, a centragem do molde resume-se da seguinte forma: colocar molde na mesa da prensa; encostar o molde à placa metálica; posicionar o ponteiro na medida pretendida e encostar o molde.

Apesar de se resolver este problema, cerca de 90% dos 40% de tempo gastos em afinações e ajustes dizem respeito ao principal problema encontrado na prensa, ou seja, a programação e a introdução de parâmetros na máquina.

Inicialmente, sempre que o operador colocava um molde, era necessário fazer afinações manualmente no painel de controlo para mudar valores no curso e na correção. Estes dois parâmetros estão relacionados com as distâncias que o alimentador tem que percorrer durante a produção. No entanto, esta operação demorava bastante tempo e originava várias movimentações do operador por ser necessário validar informações no painel de controlo várias vezes. A causa para que o operador faça as operações de afinações de parâmetros manualmente está relacionada com a falta de formação no momento de aquisição do equipamento.

Deste modo, foi necessário solicitar um técnico do fabricante da prensa, para ministrar uma ação de formação. Esta ação mostrou que os parâmetros poderiam ser gravados no painel de controlo, para cada um dos moldes da prensa. Para a programação da máquina foi necessário atribuir um número a cada um dos moldes e realizar o respetivo processo de parametrização. Assim, o operador tem que regular e afinar os parâmetros de um determinado molde apenas aquando da primeira utilização. Depois dos parâmetros estarem gravados o processo torna-se muito mais rápido. Em vez do operador estar a realizar afinações por tentativa e erro sempre que coloca um novo molde, agora apenas tem que seleccionar o número do molde pretendido e acionar o alimentador para este seguir diretamente para as medidas definidas no programa (Figura 59).

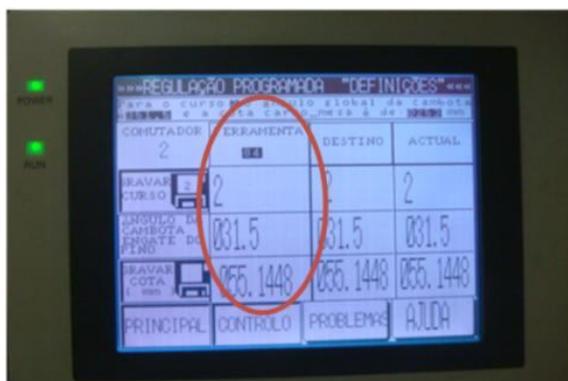


Figura 59 - Painel de controlo com indicação dos parâmetros

De notar que a operação de prensagem não é automática, sendo sempre necessária a presença do operador. Assim, não foi possível eliminar por completo as afinações desta máquina. No entanto, foi um passo bastante importante neste projeto de melhoria, reduzindo-se cerca de 5min do tempo total de *setup* e reduzindo-se drasticamente as movimentações do operador para o painel de controlo.

Melhorias nas Operações Externas

As melhorias das operações externas resumem-se ao armazenamento e transporte de materiais e ferramentas (racionalização de movimentações, etiquetagem de ferramentas, identificação de locais de armazenagem, etc.).

Um dos problemas encontrados, inerentes à prensa, foi a falta de espaço para armazenar os moldes nas estantes, obrigando a que fosse necessário colocar moldes em espaços desadequados e de uma forma desorganizada. Por vezes, para aceder a um determinado molde, o operador tinha que movimentar outros moldes, perdendo tempo durante o *setup* e aumentando o seu desgaste físico, uma vez que os moldes têm um peso considerável.

Neste contexto, o primeiro passo para a organização do local de armazenamento de moldes foi a colocação de uma nova estante (Figura 60), passando-se de duas estantes iniciais para três estantes.



Figura 60 – Estantes para moldes (antes e depois)

Com a nova estante foi possível organizar melhor os moldes, passando a existir apenas um espaço para cada um (contrariamente ao que acontecia na situação inicial em que se colocavam os moldes uns à frente dos outros). O operador também já não perde tempo a movimentar determinados moldes para aceder a outros. Para otimizar a

organização das estantes foi necessário colocar os moldes mais utilizados (conforme a análise ABC apresentada na secção 4.4.2.) em posições mais acessíveis e também colocar os moldes mais leves em posições superiores à dos mais pesados para reduzir o esforço no armazenamento.

Outro dos problemas relacionados com os moldes da prensa foi a falta de identificação (alguns moldes apresentavam números antigos e a maioria apresentava a sua identificação num local pouco visível). Com isto, o operador perdia tempo só a procurar o número do molde pretendido. Foi, então, necessário aplicar conceitos de gestão visual e criaram-se placas metálicas para efetuar esta identificação (Figura 61 a)). Estas placas apresentam diversos campos para preencher em cada molde, com a indicação do número do molde, o tipo de operação que realiza, os parâmetros para a programação da máquina, entre outras informações relativas a cada um dos moldes. Para melhorar o processo de armazenamento, colocaram-se duas placas para cada molde, uma fixa no próprio molde (Figura 61 b)) e outra fixa na estante (Figura 61 c)) no local de destino do molde.

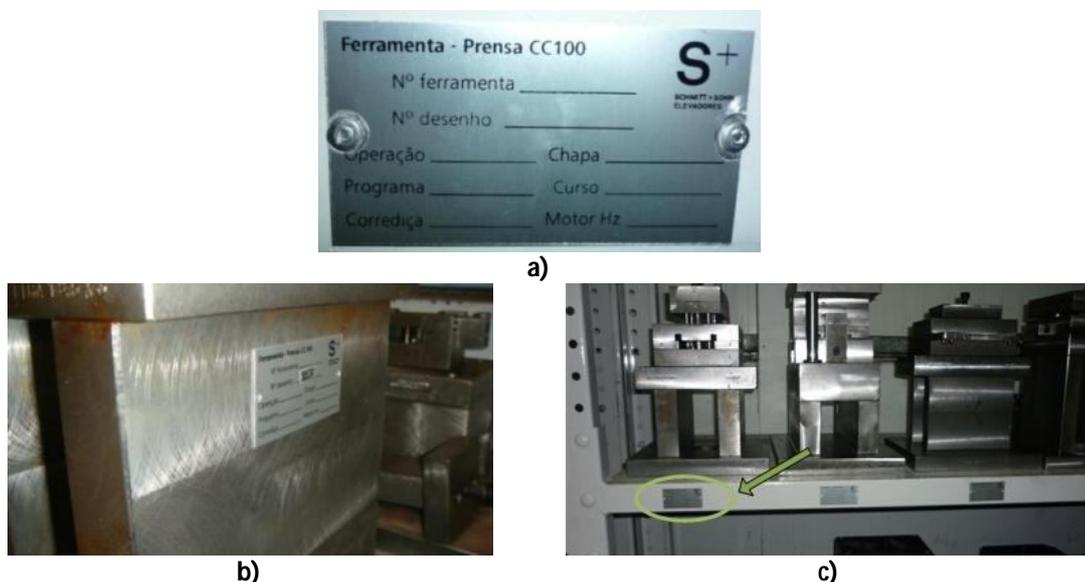


Figura 61 - Identificação dos moldes da prensa

Depois de identificar cada campo nas placas e para tornar o processo de armazenamento ainda mais rápido, identificou-se cada uma das posições nas estantes atribuindo-se letras para a identificação na horizontal e números para a identificação na vertical. Aplicaram-se também conceitos de gestão visual, identificando cada uma

das estantes com uma cor e criando assim um mapa para as estantes dos moldes (Figura 62).

Mapa das Estantes para Arrumação de Ferramentas da Prensa

Estante 1								
	1	2	3	4	5	6	7	8
C	D05213	GV187	D04433	D05432	D04822	D04456	D07341	D05190
B	D001692 (1)	D08574 (1)	D08574 (2)	GG946	D05189 (1)	D05189 (2)	D04271 (1)	D04271 (2)
A	D03717	D08216	D04031	D04095	D05110/D05533	KB268	D03638	

Estante 2								
	1	2	3	4	5	6	7	8
C	138052	D04180	D03582	D04035	D001692 (2)	D05341	D05176	D05529
B	D06693 (1)	D06693 (2)	D05222	D05197	D05178 (1)			
A	D05189 (3)	MT2575	MT2146	D05534	D06764	D04062	D05178 (2)	

Estante 3						
	1	2	3	4	5	6
C	D05107 (1)	D05107 (2)	D05107 (3)	D07457/58	D04097	D06539
B	D04199	D07341	D04086	D05176	D06548	
A			D07459	D05186	D05009	D05435

Figura 62 - Mapa das estantes dos moldes

Este mapa foi colocado junto das estantes e permite uma identificação rápida do molde pretendido. A atribuição de cores para cada uma das estantes, facilita este processo de identificação e torna o espaço de armazenamento de moldes mais visual e atrativo (Figura 63).



Figura 63 - Aspeto final da zona das estantes dos moldes

Outro dos problemas identificados no estudo da prensa foi a grande distância que o operador percorria para aceder às ferramentas utilizadas no processo de *setup* e também a desorganização da estante onde se situavam essas ferramentas. Assim, foram criadas condições para permitir que as ferramentas pudessem ser colocadas junto da máquina e de uma forma organizada.

Em primeiro lugar, substituiu-se o carro que se situava junto da máquina e que não estava em boas condições, servindo apenas para colocar produtos semiacabados. Desta forma, introduziu-se um novo carro para o armazenamento de ferramentas, como se demonstra na Figura 64.



Figura 64 - Carro junto da prensa (antes e depois)

Inicialmente, o operador deslocava-se para a estante de ferramentas situada na parte traseira da máquina e, para registar os tempos de produção e de *setup*, deslocava-se para a estante de moldes, onde se encontrava uma caixa com capas de folhas de registo e outro material necessário para cada *setup*. Esta caixa ocupava também o espaço de dois moldes numa das estantes. Assim, aplicou-se a metodologia 5S para o novo carro de ferramentas, possibilitando a organização de todo o material necessário para o *setup*. Foi também eliminada a caixa e a estante de ferramentas, passando a ficar todo o material neste novo carro de ferramentas. Na Figura 65 apresenta-se a situação inicial, em que era utilizada a estante e a caixa, e a situação final em que se utiliza apenas o novo carro.



Figura 65 - Ferramentas da prensa (antes e depois)

Nestas gavetas foi também aplicada a gestão visual, apresentando-se na Figura 66 um exemplo de uma gaveta do carro com a identificação dos tamanhos de cada uma das ferramentas.



Figura 66 - Identificação dos tamanhos das ferramentas

Outra das melhorias que se realizou foi a colocação de um revestimento em chapa no tampo e a colocação de um torno no carro (Figura 67). Como a prensa opera com material metálico e sempre com a presença de óleo, foi necessário revestir a banca do carro com uma chapa metálica (criada na própria secção) para aumentar a resistência. A colocação do torno serve para auxiliar o operador nos momentos em que necessita de realizar operações de apertar e desapertar certos tipos de moldes, sem ser necessário tanto esforço.



Figura 67 - Revestimento em chapa e torno no novo carro de ferramentas

Por último, foram colocadas linhas amarelas delimitadoras no espaço de trabalho da prensa para, mais uma vez, seguir o conceito de gestão visual. Foram então delimitadas a área para colocação de paletes de matéria-prima (Figura 68 a)), o corredor junto das estante de moldes para o carro de transporte (Figura 68 b)) e o local para arrumação do novo carro de ferramentas (Figura 68 c)).

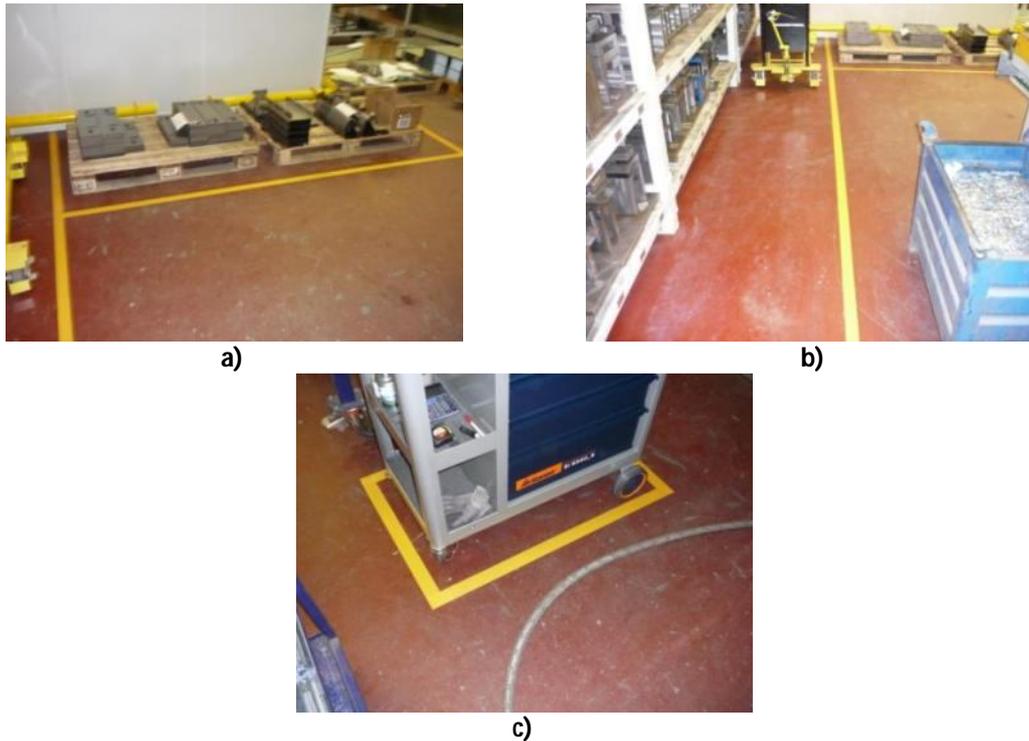


Figura 68 - Linhas delimitadoras colocadas no chão

Este tipo de sinalização permitiu resolver o problema da colocação de paletes no espaço reservado ao carro de transporte de moldes, o que dificultava o espaço de manobra e impedia o acesso a alguns moldes. Com a delimitação destas zonas passa a existir um local próprio para as paletes da prensa e tona-se possível a arrumação do carro de transporte e do carro de ferramentas sempre no mesmo local.

Depois de introduzir todas as melhorias nas operações internas e externas do *setup* da prensa, conseguiram-se atingir resultados bastantes positivos. O resultado da última fase da metodologia SMED encontra-se representado nos diagramas de sequência do Anexo XI. Na Tabela 18 é feito um resumo dos resultados obtidos com a racionalização do *setup* interno e externo.

Tabela 18 - Resultados obtidos na Fase 3 SMED da prensa

Ferramenta	Total de Operações (Internas)	Tempo de <i>Setup</i> (min)	Distância Percorrida (m)
1	27	7,57	22,5
2	29	7,93	38,9
3	26	9,05	52,3

Na última fase do SMED foram reduzidas 4 operações para as Ferramentas 1 e 2 e apenas uma para a Ferramenta 3. Os tempos de *setup* sofreram uma redução bastante significativa: 8,71min para a Ferramenta 1, 9,2min para a Ferramenta 2 e 6,4min para a

Ferramenta 3. A distância total percorrida pelo operador sofreu ligeiras alterações, passando este a percorrer menos 3,6m nas Ferramentas 1 e 2 e menos 1,8m na Ferramenta 3.

Para finalizar o projeto SMED na prensa foi necessário normalizar os três processos de *setup* analisados para que o operador procedesse sempre da mesma forma. Para tal, criou-se uma *Standard Work Combination Sheet* para cada processo, com indicação das operações e dos tempos do operador (Figura 69).

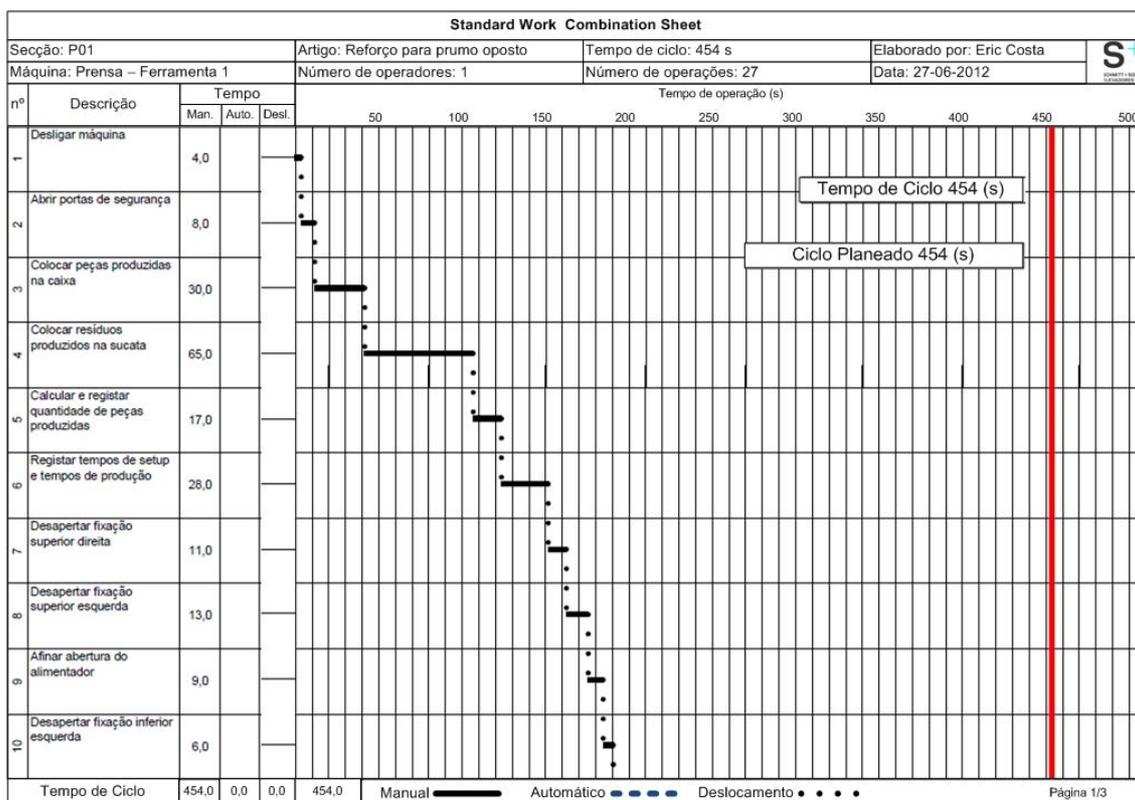


Figura 69 - Exemplo de uma *Standard Work Sheet* criada para a prensa

No Anexo XII encontram-se todas as folhas criadas para cada um dos processos de *setup* da prensa.

5.2. Implementação da Metodologia SMED na Puncionadora PGA

Tal como na prensa, na puncionadora PGA foi utilizada a metodologia SMED para reduzir os tempos de *setup*.

5.2.1. Fase Preliminar – *Setup* Interno e Externo não Diferenciados

A puncionadora opera com matrizes e punções de diferentes tipos e formas. As ferramentas podem ser do tipo A, tipo B ou tipo C, que variam conforme o tamanho da matriz e do punção. As ferramentas do tipo A são as mais pequenas e as do tipo C são as de maiores dimensões. Relativamente à forma, as ferramentas da puncionadora podem apresentar um formato redondo (Figura 70 a)), quadrado (Figura 70 b)), oval (Figura 70 c)), retangular (Figura 70 d)) ou especial (formas únicas que diferem das outras formas) (Figura 70 e)). As matrizes possuem também diferentes folgas que variam conforme a espessura da chapa com que se está a produzir.

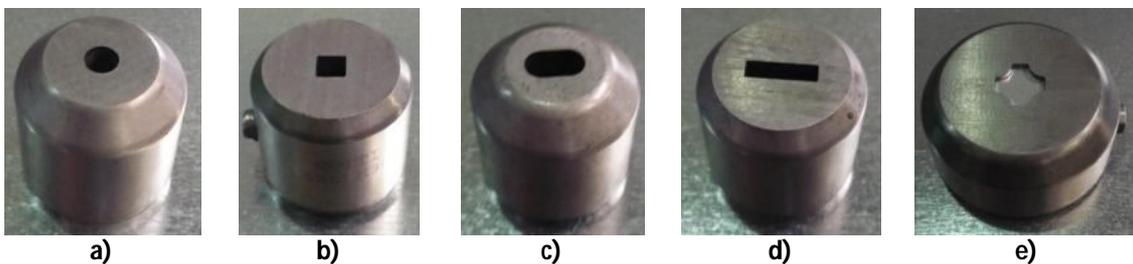


Figura 70 - Tipos de formatos de matrizes da puncionadora

Das 18 posições da torreta da puncionadora, 8 são para ferramentas do tipo A, 9 são para o tipo B e apenas uma posição é para ferramentas do tipo C. Na Figura 71 encontra-se o *layout* da torreta da puncionadora.

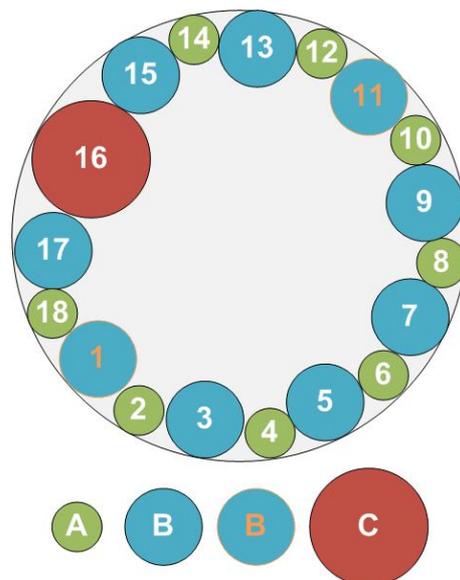


Figura 71 - *Layout* da torreta da puncionadora

Conforme as especificações do produto, as ferramentas podem-se colocar com diferentes ângulos nas posições da torreta. As posições 1 e 11 da torreta representam

posições com um "AUTO INDEX" que permite alterar o ângulo da ferramenta automaticamente. Contrariamente, para alterar o ângulo nas outras posições da torreta é necessário que o operador o faça manualmente.

O processo de *setup* da puncionadora consiste então na troca de matrizes e punções da torreta, dependendo das especificações de cada produto a processar. As trocas variam muito em termos de tempo, uma vez que o operador tanto pode trocar as matrizes e os punções da torreta toda, como trocar apenas uma ou duas ferramentas.

Outro aspeto importante a referir na puncionadora é a retificação das matrizes. À medida que são utilizadas, as matrizes sofrem desgaste. Assim, quando o nível de desgaste de uma matriz se torna elevado é necessário proceder à sua retificação. Essa operação é realizada numa retificadora (Figura 72) que se encontra situada atrás da puncionadora e, uma vez que consiste no desbaste mecânico, a altura da matriz sofre uma redução. Deste modo, no momento de colocação da matriz no processo de *setup*, o operador tem que acrescentar umas anilhas para que seja regulada a sua altura e para que não sejam prejudicadas as especificações do produto a processar.



Figura 72 - Retificadora de ferramentas da puncionadora

Para iniciar o estudo na puncionadora foram realizadas observações, dialogou-se com o operador e filmou-se o processo de *setup* para os painéis de cabine. Este produto necessita das 18 posições da torreta, representando o produto em que realizar o *setup* demora mais tempo.

O diagrama de sequência obtido nesta fase da metodologia SMED encontra-se representado no Anexo XIII. Nesta análise percebeu-se que o operador realiza 87 operações de *setup* em 15,21min e percorre uma distância de 136,7m.

As operações do *setup* dividem-se em seis fases: operações de organização de material e de ferramentas, retirar ferramentas, ir buscar ferramentas, acrescentar anilhas para matrizes, colocar ferramentas e outros tipos de operações. Na Figura 73 encontra-se a percentagem de tempo gasto em cada uma destas fases.



Figura 73 - Percentagem de tempo gasto nos processos de *setup* da puncionadora

Pela análise da figura compreende-se que as operações de colocação de ferramentas ocupam grande parte do tempo total de *setup*, uma vez que o operador tem que colocar as matrizes e os punções quase para a totalidade da torreta.

Por último, foi necessário perceber as movimentações que o operador realiza utilizando um *spaghetti chart* (Figura 74).

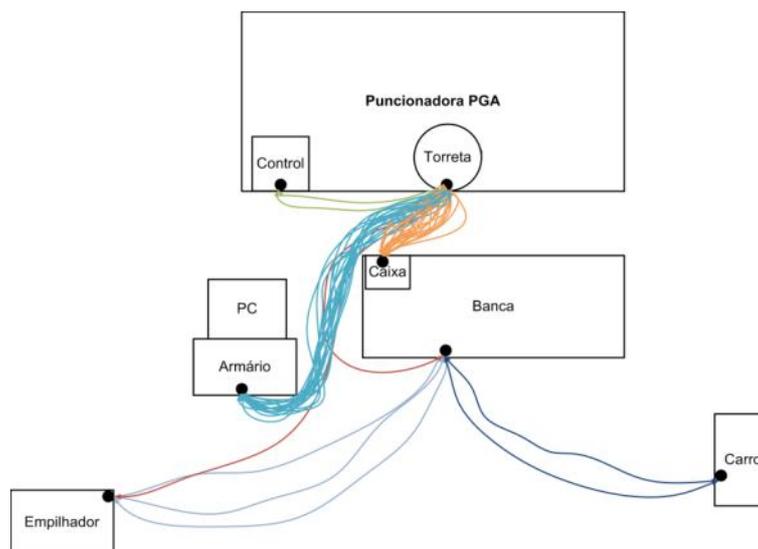


Figura 74 - *Spaghetti Chart* do processo de *setup* da puncionadora

Desta forma, verifica-se que os trajetos que o operador realiza com maior frequência são entre a torreta e o armário de ferramentas e entre a torreta e a caixa das anilhas. Neste *setup* o operador da puncionadora percorre uma distância total de 136,7m.

5.2.2. Fase 1 – Separação de *Setup* Interno e Externo

Ao contrário da prensa, a puncionadora apresenta uma componente automática no seu ciclo de funcionamento, sendo que o operador necessita apenas de colocar o produto na mesa da puncionadora e validar a produção no painel de controlo. Durante o restante tempo de produção, o operador necessita apenas de realizar tarefas de controlo do produto que está a ser processado. No entanto, com a análise efetuada na Fase Preliminar SMED, verificou-se que o operador realiza todas as operações do processo de *setup* enquanto a máquina se encontra parada. Desta forma, todas as operações que este realiza são consideradas como *setup* interno.

Assim, passou-se para a Fase 1 da metodologia SMED para se identificar as operações que o operador poderia fazer com a máquina em funcionamento, obtendo-se o diagrama de sequência do Anexo XIV. Na Tabela 19 apresenta-se a comparação entre os resultados da Fase Preliminar e da Fase 1 da metodologia SMED.

Tabela 19 - Resultados obtidos na Fase Preliminar e Fase 1 SMED puncionadora

Fase SMED	Total de Operações (Internas)	Tempo de <i>Setup</i> (min)	Distância Percorrida (m)
Preliminar	87	15,10	136,7
1	69	9,70	64,4

Só com a separação das operações internas e externas obteve-se uma redução de 5,4min no tempo total de *setup*. Relativamente à distância total percorrida pelo operador, registou-se uma diminuição de 72,3m. Foi ainda reduzido o total de operações internas, passando a realizar-se menos 18 operações.

As operações que passaram a ser externas correspondem a todas as movimentações que o operador realizava para ir buscar e arrumar ferramentas da torreta e às operações de organização de material e de paletes de produtos. No caso da puncionadora não é necessário outro operador para realizar as tarefas do período externo, uma vez que a puncionadora funciona automaticamente, sem a necessidade de presença constante do operador.



Nesta fase da metodologia utilizou-se apenas a técnica de melhoramento nos transportes para planear o transporte das ferramentas (matrizes e punções) e do material (carro de transporte com palete do produto) necessário para o *setup* durante o período externo.

5.2.3. Fase 2 – Conversão de *Setup* Interno em Externo

Na Fase 2 da metodologia SMED verificou-se que a operação de acrescentar anilhas para regular a altura das matrizes era feita em período interno. Neste sentido, sugeriu-se que o operador fizesse esta operação em período externo, colocando as anilhas prontas ao lado de cada matriz. Deste modo, o diagrama de sequência obtido encontra-se no Anexo XV.

A solução proposta nesta fase vai de encontro à técnica enunciada na metodologia SMED para a preparação antecipada de operações. Assim, com a Fase 2 SMED conseguiram-se reduzir mais 10 operações no processo de *setup*, reduzindo-se o tempo total para 7,75min, o que corresponde a uma redução de 1,95min relativamente à fase anterior. Foi obtida ainda uma diminuição de 29,7m, passando o operador a percorrer 34,7m durante o tempo de *setup*.

5.2.4. Fase 3 – Racionalização do *Setup* Interno e Externo

Na última fase da metodologia SMED da puncionadora, tal como na prensa, foram distinguidas as melhorias nas operações internas das melhorias nas operações externas.

Melhorias nas Operações Internas

Um dos grandes problemas da puncionadora é o facto de não existir um método normalizado para o processo de *setup*. Com o estudo realizado verificou-se que o operador coloca as ferramentas na torreta sem seguir uma sequência lógica, ou seja, não coloca as ferramentas por ordem da numeração das posições da torreta. Existem situações em que o operador salta posições, perdendo tempo no final do *setup*, a confirmar as posições todas para colocar as ferramentas que passou à frente. Outro problema relacionado com esta situação é a não identificação das posições na própria

torreta ou a sua não visibilidade (por terem sido feitas a caneta e ao longo do tempo foram desaparecendo).

Para melhorar o processo de colocação de ferramentas na torreta foi proposta a criação de um tabuleiro para utilizar durante o *setup* (Figura 75).

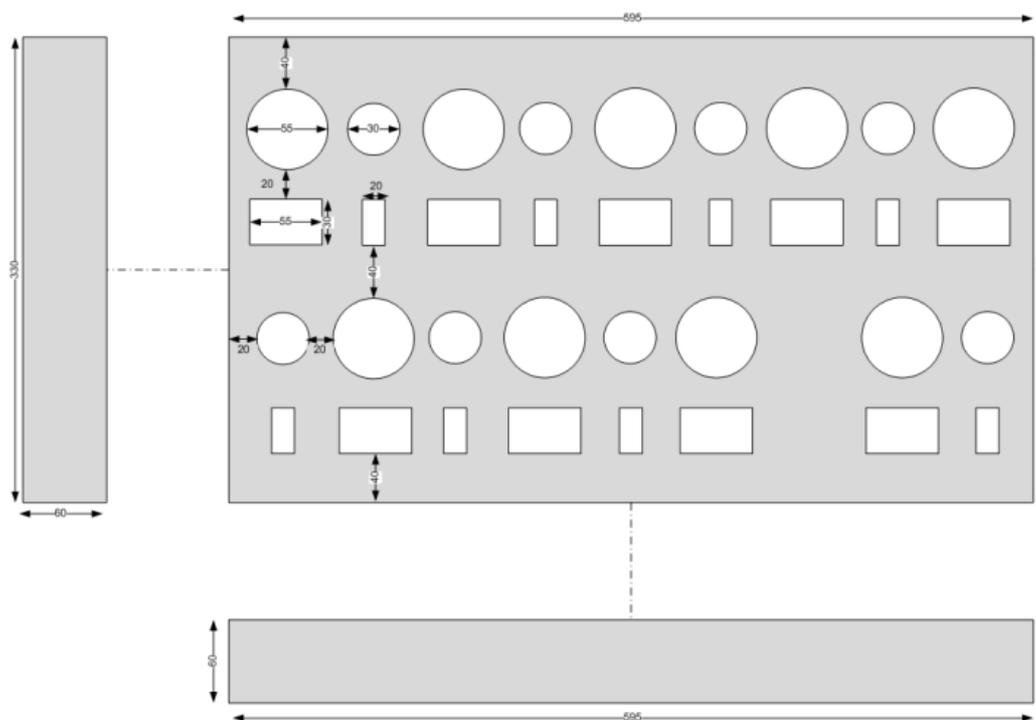


Figura 75 - Tabuleiro SMED para punçionadora

Este tabuleiro apresenta um espaço reservado para cada posição da torreta. Deste modo, existem 17 espaços para os punções e 17 espaços para as matrizes correspondentes, variando de dimensões conforme sejam do tipo A ou do tipo B (ver *layout* da torreta na Figura 71 da secção 5.2.1). A posição 16 da torreta não foi incluída neste tabuleiro, uma vez que se trata de uma posição para ferramentas do tipo C (as de maiores dimensões) e este tipo de ferramenta raramente é trocado, existindo apenas duas destas ferramentas num total de 111.

Foi também necessário propor a identificação do tabuleiro com o número de cada posição da torreta, atribuindo cores a cada tipo de ferramenta (A e B), para facilitar o processo gestão visual (Figura 76).

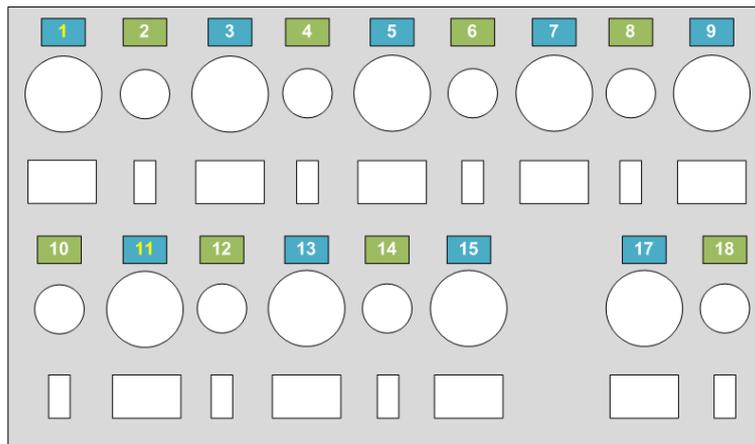


Figura 76 - Identificação das posições no tabuleiro SMED da puncionadora

Procedeu-se também à identificação das posições da própria torreta (Figura 77), mantendo a coerência das cores utilizadas no tabuleiro e permitindo assim tornar o processo de *setup* mais rápido.



Figura 77 - Identificação das posições na torreta da puncionadora

Com estas melhorias, durante o período externo, o operador tem apenas que verificar quais as ferramentas necessárias para um determinado produto e colocá-las nas respetivas posições do tabuleiro. Neste tabuleiro também prepara e coloca as anilhas junto das matrizes (proposta apresentada na Fase 2 da metodologia). Finalmente, com as ferramentas devidamente organizadas, e já no período interno do *setup*, o operador retira as ferramentas antigas e coloca as novas seguindo a ordem das posições (de 1 a 18). No final, e novamente em período externo, o operador arruma as ferramentas antigas no armário, e prepara as ferramentas seguintes no tabuleiro.

Melhorias nas Operações Externas

As melhorias das operações externas realizadas na puncionadora resumem-se, tal como a prensa, ao armazenamento e transporte de materiais e ferramentas.

Na Fase 1 da metodologia, as movimentações para ir buscar as matrizes e punções foram passadas para período externo. No entanto, para que o processo de levantamento de ferramentas seja rápido, foi necessário pensar em formas para melhorar as condições do armário que inicialmente se encontrava desorganizado e sem uma identificação visível das ferramentas (Figura 78).



Figura 78 - Armário inicial de ferramentas da puncionadora

Apesar das ferramentas estarem organizadas por tipo, não existia espaço suficiente para que fossem todos visíveis, o que tornava o processo de procura de ferramentas demorado. Deste modo, propôs-se a criação de uma estante própria para ferramentas da puncionadora para que cada punção e cada matriz tenham o seu próprio espaço e este que seja visível e claro para o operador.

Inicialmente, para poder saber a quantidade de ferramentas existentes, fez-se um levantamento de todas as ferramentas, indicando os seguintes parâmetros: tipo, quantidade, forma, dimensão e folga. O resultado deste levantamento encontra-se no Anexo XVI.

Depois de conhecer as quantidades, foi preciso projetar a estante, com a indicação das medidas e dos espaços necessários. Para tal, foi realizado outro levantamento mas, neste caso, para identificar as quantidades mínimas necessárias para cada uma das ferramentas. As ferramentas da puncionadora precisam de retificação à medida que vão sendo gastas e quando já não se pode fazer a retificação, a secção realiza a encomenda de novas ferramentas. Destas ferramentas umas são mais utilizadas do que outras, sendo necessária a existência de quantidades de reserva diferentes para cada uma.

Com o levantamento das ferramentas e das quantidades de reserva necessárias, foi possível dimensionar a nova estante. Esta informação foi posteriormente enviada para um carpinteiro para ser possível conceber o projeto pretendido utilizando um tipo de madeira resistente não só ao peso das ferramentas mas também a óleos provenientes da máquina. Na Figura 79 encontra-se um exemplo da estante pretendida.



Figura 79 - Estante para a puncionadora (retirada de www.thefabricator.com)

Com este tipo de estante, as ferramentas ficam organizadas existindo um espaço reservado para cada uma. Recorrendo à gestão visual, estas ferramentas ficam devidamente identificadas, melhorando o processo de levantamento de ferramentas e criando um espaço visualmente mais agradável. Na parte inclinada de cada prateleira são colocadas as ferramentas de reserva.

Com a nova estante é também possível melhorar o processo de manutenção das ferramentas, que representa um dos problemas identificados na puncionadora. Existem situações em que o operador realiza a retificação de ferramentas em períodos com a máquina parada, aumentando assim o tempo improdutivo. Isto acontece por não existir nenhum mecanismo que permita saber quais as ferramentas que necessitam de retificação ou até que ferramentas precisam de ser substituídas. Assim, foram criados dois tipos de cartões: um para retificação de ferramentas (Figura 80 a) e outro para encomenda de ferramentas (Figura 80 b).



Figura 80 - Cartões para o processo de manutenção

Para este novo processo de manutenção devem ser criados os dois tipos de cartões para cada uma das ferramentas existentes e sempre que necessário o cartão deve ser colocado na estante, no espaço correspondente à ferramenta em questão. Com a existência destes dois tipos de cartões, o operador consegue saber quais as ferramentas que necessitam de retificação e quais as que necessitam de ser substituídas. Assim, quando a máquina estiver em funcionamento e quando o operador apresentar tempo livre, pode retificar as ferramentas sinalizadas. Como no segundo turno existe outro operador nesta máquina, a hora que é comum aos 2 turnos (16h-17h) pode também ser aproveitada para realizar retificações de ferramentas. No caso em que seja necessário encomendar uma ferramenta, o operador da puncionadora entrega o respetivo cartão ao chefe de secção para este realizar a encomenda ou pode apenas sinalizar na estante e o próprio chefe realiza o levantamento dos cartões de encomenda.



Com as melhorias no *setup* interno e no *setup* externo da puncionadora conseguiram-se atingir resultados relevantes, encontrando-se no Anexo XVII o diagrama de sequência para esta última fase da metodologia. Na Tabela 20 apresenta-se a comparação entre os resultados da Fase 2 e da Fase 3 da metodologia SMED.

Tabela 20 – Resultados obtidos na Fase 2 e na Fase3 SMED da puncionadora

Fase SMED	Total de Operações (Internas)	Tempo de <i>Setup</i> (min)	Distância Percorrida (m)
2	59	7,75	34,7
3	53	5,4	1,7

Na passagem da Fase 2 para a Fase 3 foram reduzidas seis operações, diminuindo-se o tempo de *setup* em 2,35min para um tempo final de 5,4min. A distância total percorrida pelo operador foi reduzida em 33m, passando a percorrer apenas 1,7m durante o *setup* interno.

Tal como na prensa, para finalizar o projeto SMED na puncionadora criaram-se *Standard Work Combination Sheets* para normalizar o processo de *setup* analisado. O resultado destas folhas encontra-se representado no Anexo XVIII.

5.3. Organização do Espaço de Trabalho das Quinadoras

As quinadoras QHD e QIH da secção P01 apresentam um espaço de trabalho bastante desorganizado, não existindo aspetos de gestão visual e de 5S implementados nestas máquinas. Existem também muitas situações em que há falta de espaço para colocar paletes e carros de produtos. Nestas situações, as bancas têm que ser movimentadas com um empilhador, para facilitar o acesso dos operadores aos produtos que se encontram nas paletes. Isto representa um problema, uma vez que origina perdas de tempo para movimentar paletes e carros para depois serem movidas as bancas.

Outro problema relacionado com as bancas é o facto de estas armazenarem as ferramentas das quinadoras (matrizes e punções), o que faz aumentar consideravelmente o peso a manusear. Todas as situações de movimentações de materiais e bancas originam elevados tempos improdutivo. Deste modo, foi necessário intervir em aspetos de organização do espaço para tentar melhorar esta situação.

Inicialmente, no espaço de trabalho das quinadoras existiam quatro bancas diferentes, sendo duas para cada máquina. Na Figura 81 encontra-se retratada a situação inicial com indicação e explicação das bancas existentes.

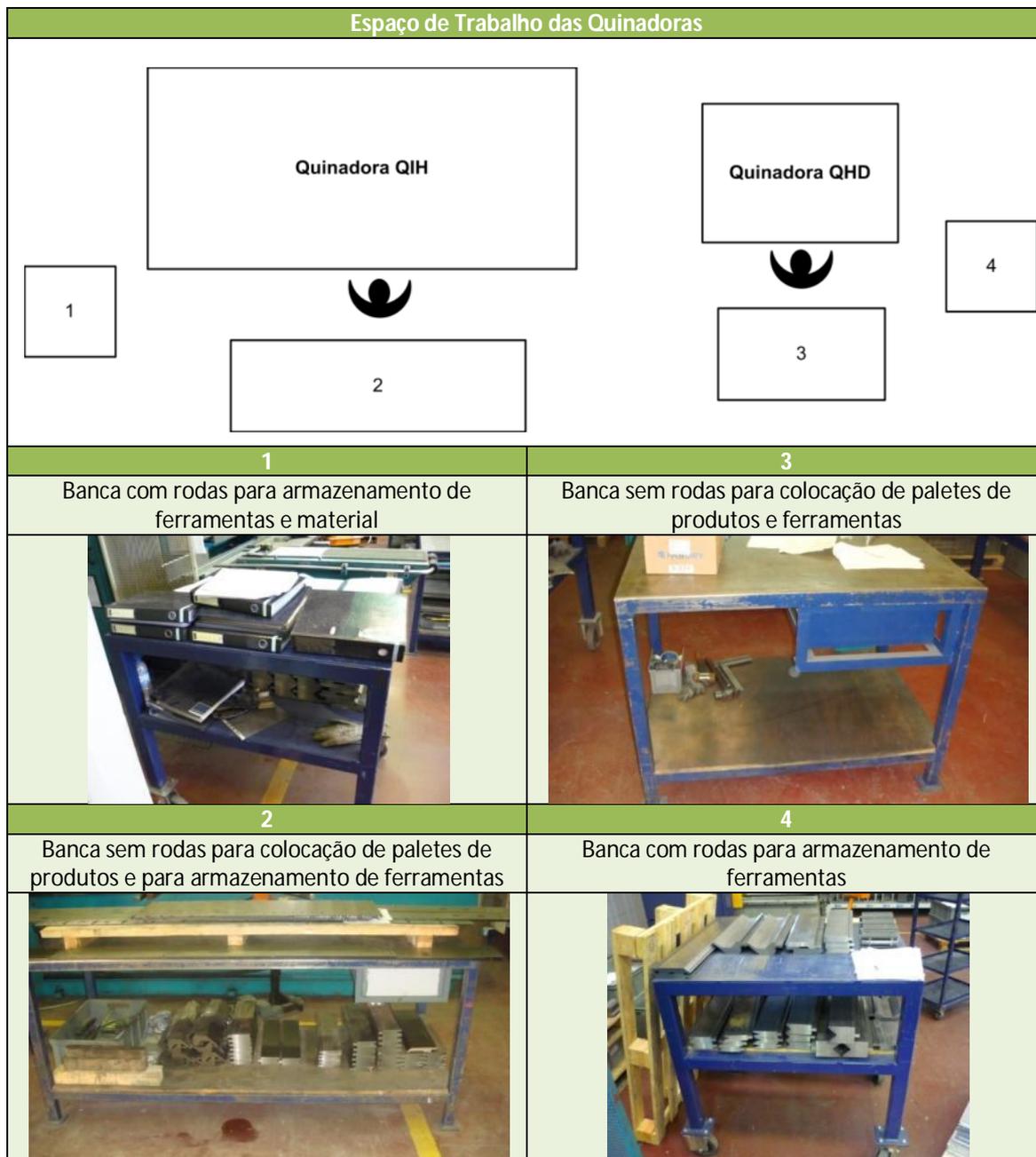


Figura 81 - Situação inicial do espaço de trabalho das quinadoras

Como se pode perceber, as bancas 2 e 3 são aquelas que dificultam a tarefa de movimentação, uma vez que não têm rodas e apresentam um peso elevado. Por outro lado, as bancas 1 e 4, que poderiam ser movidas, apenas eram utilizadas para armazenamento das matrizes e punções. Estas bancas também não serviriam para colocação de paletes, uma vez que têm dimensões reduzidas.

Outro aspeto importante a referir é que as matrizes e punções se encontravam divididas por três destas bancas (1, 2 e 4) e de uma forma desorganizada, não existindo nenhum tipo de identificação. Existiam casos em que estas ferramentas eram colocadas em posições pouco ergonómicas, obrigando a que o operador fizesse esforços excessivos e como tal, aumentando o risco de acidentes.

Para resolver alguns destes problemas foi necessário projetar duas novas bancas com rodas e com as dimensões adequadas para a colocação de paletes de todas as dimensões. Na Figura 82 encontra-se um exemplo das novas bancas criadas.



Figura 82 - Nova banca para colocação de paletes das quinadoras

Com este novo tipo de bancas aumenta-se a flexibilidade, sendo possível movimentá-las facilmente em casos de falta de espaço. Foi criada uma nova banca com rodas para cada máquina.

Para o aspeto da organização das ferramentas foi necessário fazer um levantamento de todas as ferramentas existentes. No Anexo XIX encontram-se as ferramentas da quinadora QHD e no Anexo XX as ferramentas da quinadora QIH. Neste levantamento foram identificadas as seguintes características: código, força máxima, comprimento e quantidade. Foi também feita uma análise ABC para perceber quais as ferramentas mais utilizadas.

Foi também necessário perceber quais as ferramentas mais utilizadas para depois ser possível classificar o conjunto de ferramentas em classes ABC.

Com o levantamento das ferramentas e das quantidades necessárias foi necessário dimensionar os locais para armazenamento destas. Para aproveitar algumas bancas

existentes na secção propôs-se a colocação de divisórias em madeira para que as ferramentas ficassem devidamente arrumadas. Na Figura 83 encontra-se o desenho da solução pretendida.



Figura 83 - Desenho da solução para arrumação das ferramentas das quinadoras

Após a realização dos cálculos das medidas necessárias para armazenar as ferramentas das quinadoras, concluiu-se que as bancas 1, 3 e 4 (representadas anteriormente) poderiam ser aproveitadas para esta solução. Assim, toda a informação foi enviada para um carpinteiro para criar as divisórias pretendidas. Na Figura 84 encontra-se o projeto para esta solução, apresentando-o no Anexo XXI em maiores dimensões.

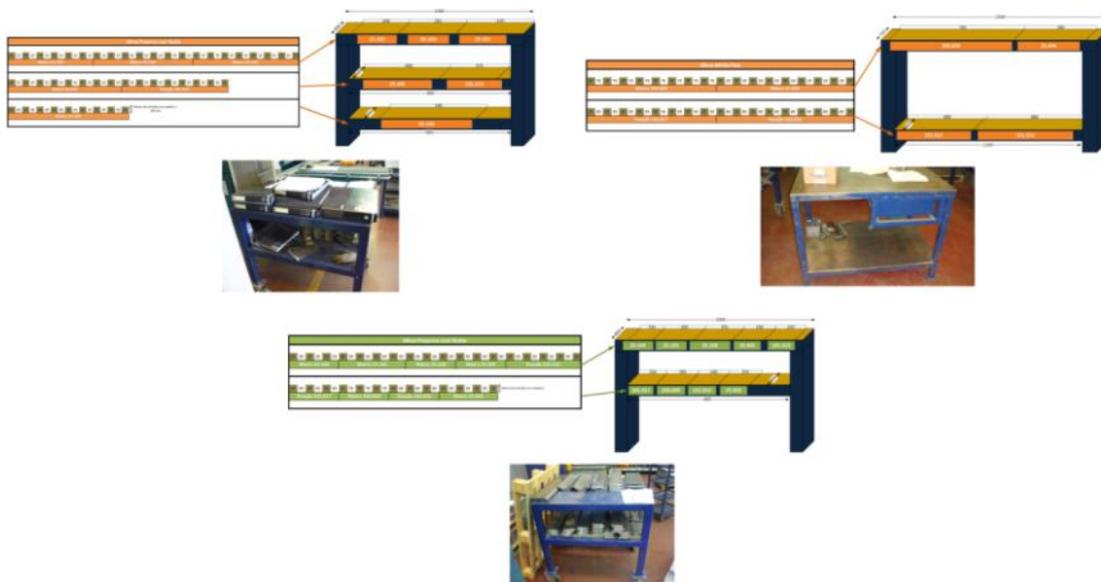


Figura 84 - Projeto para dimensionar divisórias para ferramentas das quinadoras

Assim, as ferramentas da quinadora QIH podem ficar devidamente organizadas nas bancas 1 e 3, sendo necessária apenas a colocação de uma nova prateleira na banca 1

para poder suportar a totalidade das ferramentas. As matrizes e os punções da quinadora QHD podem ser todos armazenados na banca 4. Para identificar estas ferramentas basta colocar etiquetas com informação acerca do código de cada ferramenta. Com esta solução, todas as matrizes e punções das duas quinadoras ficam devidamente organizados e identificados, existindo um espaço próprio para cada referência. Isto permite que o operador saiba que tem de arrumar uma determinada ferramenta no espaço que se encontra vazio. Com esta nova organização as ferramentas ficam também dispostas segundo uma classificação ABC, permitindo que as de classe A (as mais utilizadas) fiquem em posições mais acessíveis ao operador.

Por fim, foi necessário estudar o local onde estas bancas seriam colocadas. Deste modo, é apenas necessário movimentar a quinadora QHD para junto do espaço da prensa CC100, uma vez que existe espaço de manobra para tal. Assim, todas estas novas bancas para ferramentas ficam situadas entre as duas quinadoras, para tornar mais fácil o acesso por parte dos operadores. Na Figura 85 encontra-se representada esta situação.

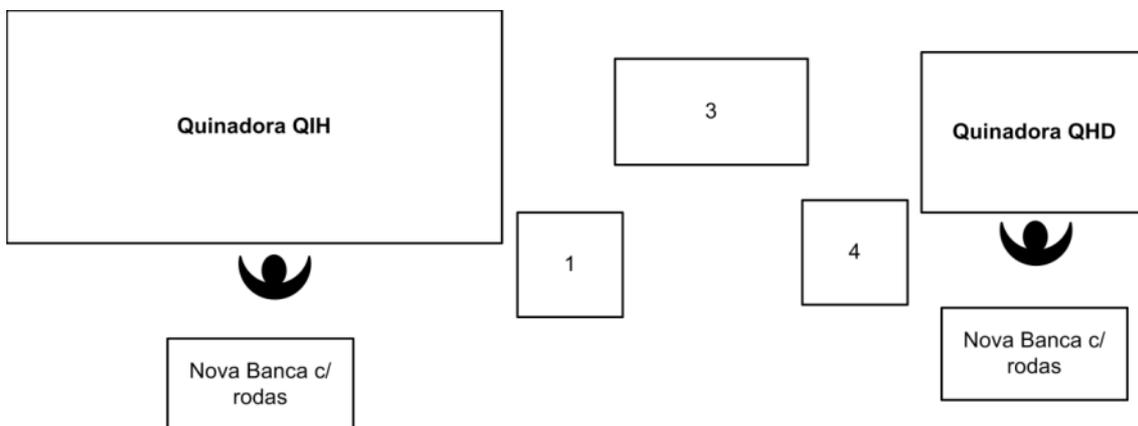


Figura 85 - Situação final do espaço de trabalho das quinadoras

Analisando a Figura 85 percebe-se que esta situação além de permitir uma melhor organização de todo o espaço de trabalho das quinadoras, possibilita que as novas bancas com rodas sejam facilmente movidas em casos de falta de espaço. As bancas 1 e 4, que armazenam as ferramentas, ficam facilmente acessíveis ao operador. Na banca 3 encontram-se as ferramentas da classe B e C da quinadora QIH e que, como tal, são utilizadas com pouca frequência. Esta solução permite também eliminar

paletes de ferramentas antigas que se encontravam entre a quinadora QHD e a prensa CC110 (Figura 86).



Figura 86 - Palete de ferramentas antigas das quinadoras

Com a aplicação destas soluções de organização do espaço, aumenta-se a flexibilidade de produção e aumenta-se o espaço de trabalho dos operadores. Isto permite a colocação de carros e paletes de produtos junto das máquinas sem a necessidade de perdas de tempo e de esforço na movimentação de bancas. O espaço fica também devidamente organizado, com as ferramentas identificadas e aproveitam-se três das quatro bancas existentes no início do projeto.

6. Análise e Discussão de Resultados

Neste capítulo analisam-se os resultados obtidos com as propostas apresentadas para melhorar a secção de Transformação Mecânica da empresa. De todas as soluções propostas apenas três situações não foram implementadas: o armário para arrumar e organizar as ferramentas da puncionadora, o tabuleiro SMED para a puncionadora e as bancas com divisórias para arrumar e organizar as ferramentas das quinadoras. A implementação destas propostas já foi autorizada pela empresa, no entanto, não foram finalizadas durante o tempo de realização desta dissertação, apresentando-se apenas resultados esperados.

6.1. Análise SMED

Nesta subsecção apresentam-se os resultados obtidos com a implementação da metodologia SMED na prensa e na puncionadora da secção em estudo.

6.1.1. Prensa CC100

A metodologia SMED foi aplicada a um dos produtos mais produzidos na prensa, o reforço para prumo oposto, que envolve três *setups* diferentes. Os resultados obtidos foram, de certa forma, diferentes para cada tipo de *setup*. Na Figura 87 encontra-se a comparação entre os tempos de *setup* no início do projeto e os tempos de *setup* obtidos após a implementação de SMED.

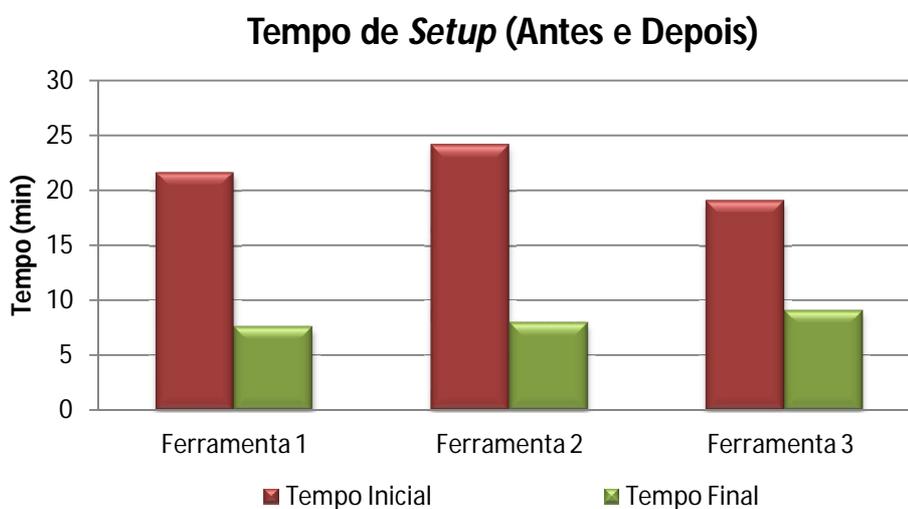


Figura 87 - Tempos de *setup* da prensa (antes e depois)

Como se pode verificar, os tempos para cada um dos *setups* foram significativamente reduzidos com a aplicação das três fases da metodologia SMED. Na Tabela 21 apresenta-se o resumo destes resultados.

Tabela 21 - Ganhos obtidos nos tempos de *setup* da prensa

Ferramenta	Tempo Inicial (min)	Tempo Final (min)	Ganhos (min)	Ganhos (%)
1	21,65	7,57	14,08	65%
2	24,17	7,93	16,24	67%
3	19,10	9,05	10,05	53%

Assim, quanto aos tempos de *setup*, registaram-se ganhos de 65% para a Ferramenta 1 (primeiro processo de *setup*), 67% para a Ferramenta 2 e 53% para a Ferramenta 3. Com estes resultados as percentagens de tempo gasto em cada uma das fases do processo de *setup* foram também alteradas. Na Figura 88 encontra-se a diferença entre a situação inicial e a situação final.

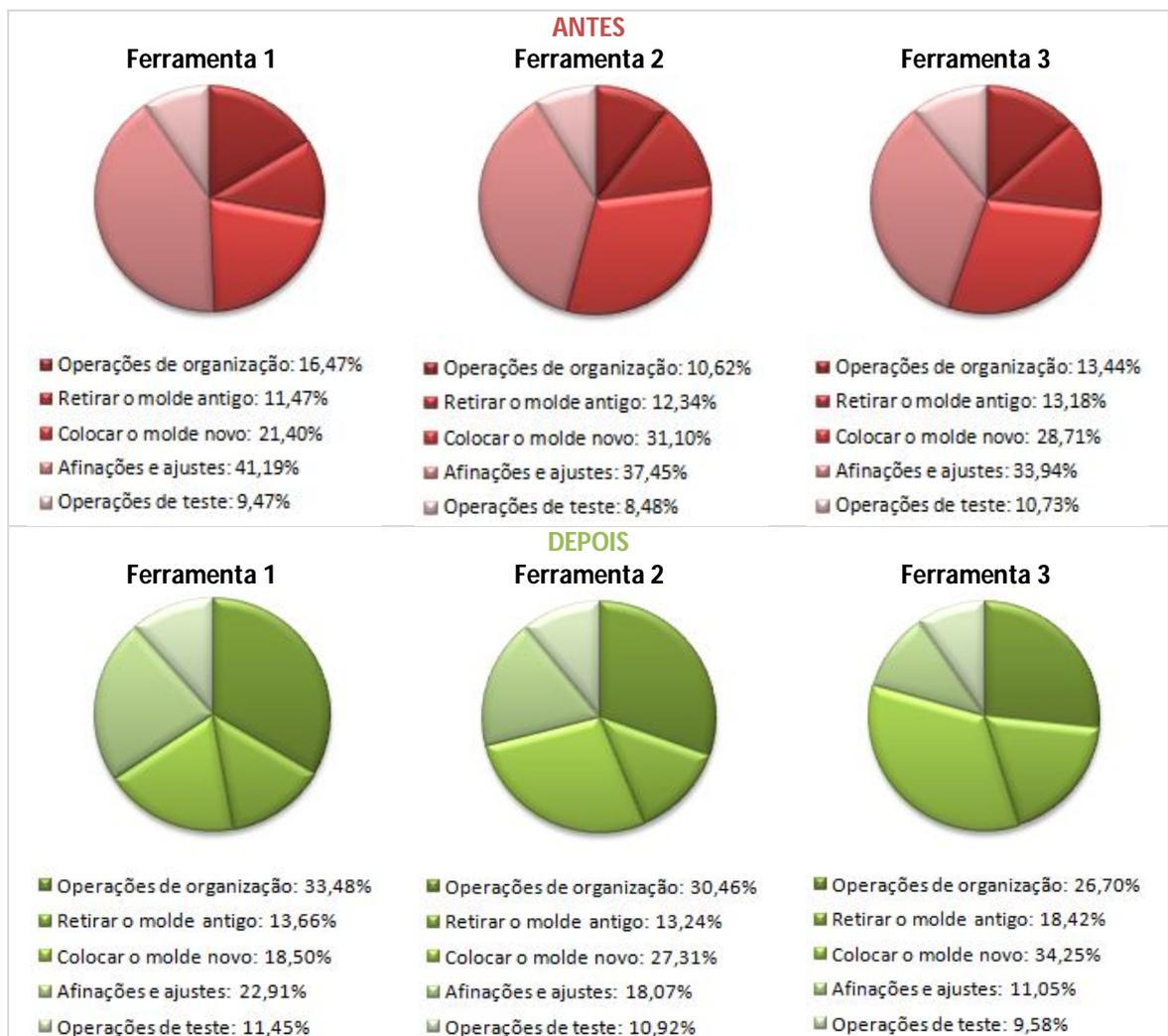


Figura 88 - Tempo gasto nas fases dos *setups* da prensa (antes e depois)



Analisando os resultados é possível visualizar que a fase de afinações e ajustes, que inicialmente ocupava a maior fatia de tempo em cada um dos *setups* analisados, diminuiu drasticamente passando a ser das fases que menos tempo ocupa nestes processos de *setup*.

A redução dos tempos de *setup* possibilita também o aumento da produção na máquina, uma vez que se reduz o tempo de paragem. Na Tabela 22 encontram-se os possíveis ganhos que a empresa teve com a redução dos *setups* para os reforços para prumo oposto.

Tabela 22 - Ganhos com a redução dos tempos de *setup* na prensa

	Situação Inicial			Situação Final		
	Ferramenta 1	Ferramenta 2	Ferramenta 3	Ferramenta 1	Ferramenta 2	Ferramenta 3
Setups por ano	34	34	34	34	34	34
Tempo de <i>Setup</i> por ano (min)	(34x21,65) 736,10	(34x24,17) 821,78	(34x19,10) 649,40	(34x7,57) 257,38	(34x7,93) 269,62	(34x9,05) 307,70
Tempo de produção ganho por ano (min)				478,72	552,16	341,7
Tempo por peça (min)				0,11	0,09	0,11
Ganhos por ano (peças)				4352	6136	3107
Custo por peça (€)				0,054	0,054	0,054
Ganhos por ano (€)				235,01	331,34	167,78
Ganho total por ano (€)				734,13		

Com o aumento do tempo de produção da máquina e sabendo-se o número de *setups* por ano para o produto em análise, consegue-se afirmar que é possível produzir mais 4352 peças para a Ferramenta 1, mais 6136 peças para a Ferramenta 2 e mais 3107 peças para o caso da Ferramenta 3. Este aumento de produção representa um ganho por ano de cerca de 734,13€ relativamente ao produto analisado. Para perceber as vantagens da implementação da metodologia SMED na prensa, apresenta-se na Tabela 23 o impacto económico para os processos de *setup* no geral.

Tabela 23 - Impacto económico da redução dos tempos de *setup* na prensa

Impacto Económico	
Média do tempo de <i>setup</i> inicial (min)	21,64
Média do tempo de <i>setup</i> final (min)	8,18
Ganho por <i>setup</i> (min)	13,46
Média de <i>setups</i> por dia	3
Tempo de produção ganho por dia (min)	40,38
Dias de trabalho num ano	242
Tempo de produção ganho por ano (min)	9771,96
Tempo de produção ganho por ano (h)	162,87
Custo por hora da prensa (€)	10
Ganho por ano (€)	1.628,70

Deste modo estima-se que, com a redução dos tempos de *setup* na prensa, se conseguem obter ganhos na ordem dos 1.628,70€ por ano.

Apesar de se demonstrarem os possíveis ganhos em termos de taxa de produção, um dos objetivos da empresa passa pela redução do tamanho dos lotes para diminuir o *WIP* no espaço fabril. No caso do produto em análise, o número de peças em caixas é de 400 unidades. No entanto, o operador produz o dobro (800 unidades) para reduzir a frequência de *setups*, o que origina grandes quantidades de *WIP* e consequentemente o aumento do espaço ocupado. Assim, com a redução dos tempos de *setup* em mais de 50% para cada um dos 3 moldes do produto, consegue-se produzir apenas o necessário, ou seja, produzir a quantidade indicada na caixa. Na Tabela 24 apresenta-se a diferença entre o tempo total necessário para produzir os reforços para prumo oposto, na situação inicial e na situação proposta.

Tabela 24 - Tempo total de produção de reforços (antes e depois)

	Situação Inicial (min)	Situação Final (min)
Setup Ferramenta 1	21,65	7,57
Processo de Corte	88 (0,11*800)	44 (0,11*400)
Setup Ferramenta 2	24,17	7,93
Processo de Quinagem 1	72 (0,09*800)	36 (0,09*400)
Setup Ferramenta 3	19,1	9,05
Processo de Quinagem 2	88 (0,11*800)	44 (0,11*400)
Tempo Total	312,92	148,55
Ganho	164,37	

Com a redução do tamanho do lote para 400 unidades, conseguem-se ganhos de cerca de 164 minutos por cada vez que se processam os reforços para prumo oposto. Este tempo pode ser aproveitado para aumentar a rotatividade com que os produtos são produzidos, reduzindo-se *stocks* e *WIP* e aumentando-se a flexibilidade produtiva da prensa. Na Figura 89 encontra-se representada a diferença entre a situação inicial e a situação final.

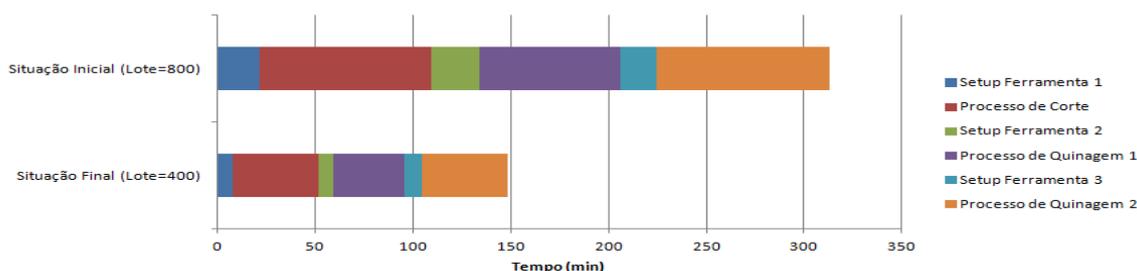


Figura 89 - Produção de reforços em lotes de 800 e lotes de 400



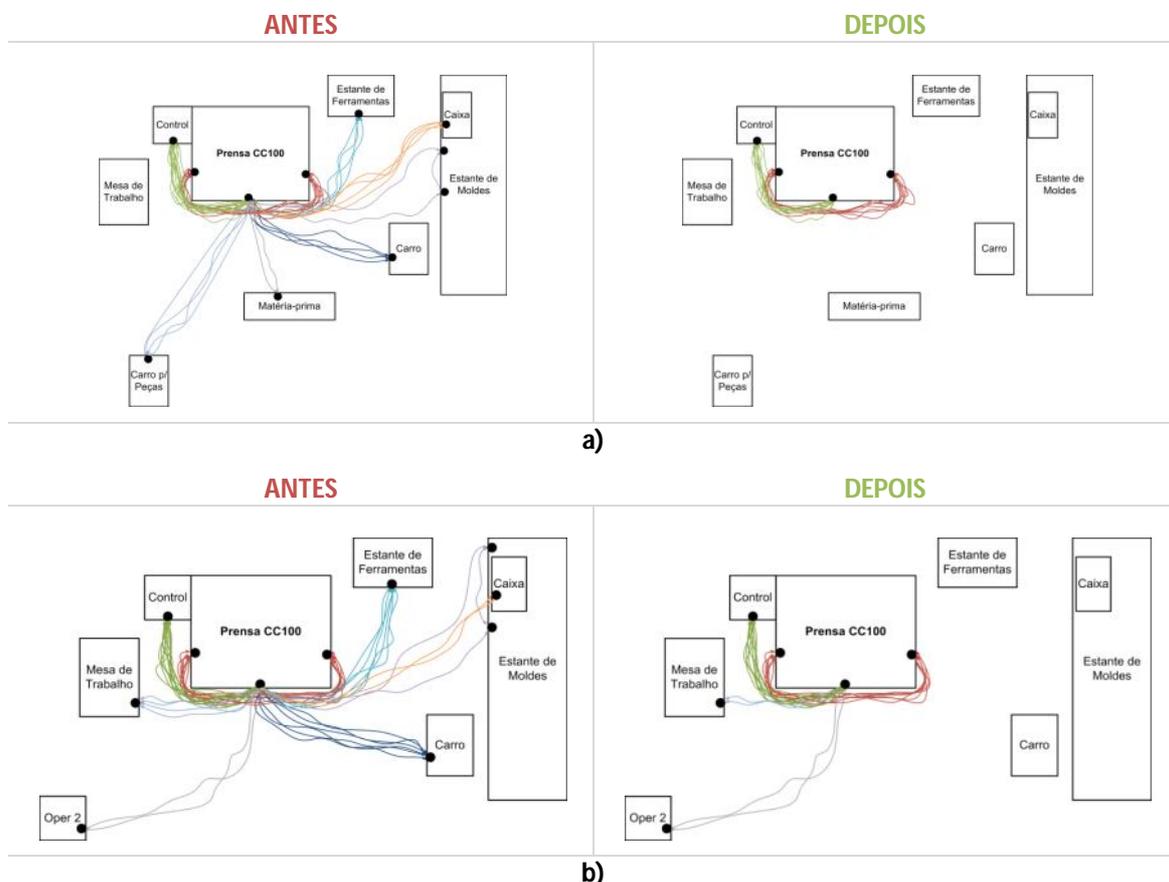
Na Tabela 25 apresentam-se os valores de WIP para a situação em que se produzem lotes de 800 unidades e para o caso de se produzirem lotes de 400 unidades para o produto analisado.

Tabela 25 - Resultados WIP para a produção em lotes de 800 e lotes de 400

Peças em caixas	Procura diária	Stock (dias)	Preço/peça (€)	Valor (€)
800	62,50	12,80	0,054	43,20
400	62,50	6,40	0,054	21,60

Analisando os resultados, verifica-se que é possível reduzir o WIP de 12,8 dias para 6,4 dias se for reduzido o tamanho do lote para o valor pedido pelo cliente (que neste caso é a secção P04.1). Isto representa uma redução de 43,20€ para 21,60€ no valor médio do WIP para o produto em análise.

Outra melhoria obtida com a implementação de SMED na prensa foi a redução das movimentações realizadas pelo operador durante o processo de *setup*. Para representar esta melhoria, apresentam-se na Figura 90 os *spaghetti charts* da situação inicial e final para os processos de *setup* relativos à Ferramenta 1 (Figura 90 a)), Ferramenta 2 (Figura 90 b)) e Ferramenta 3 (Figura 90 c)) do produto analisado.



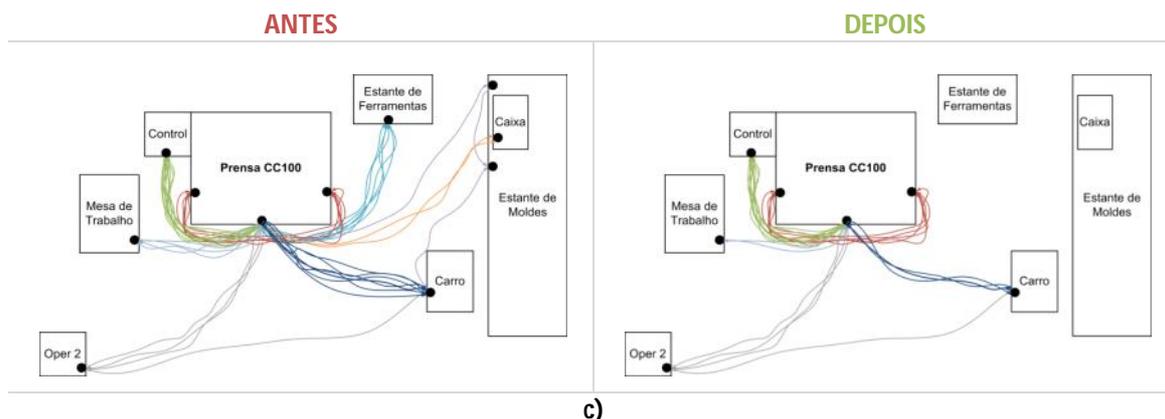


Figura 90 - Spaghetti charts dos processos de *setup* da prensa (antes e depois)

Analisando a Figura 90 verifica-se que, com a implementação de SMED, o operador realiza menos movimentações durante o período interno, o que contribuiu para a redução dos tempos de *setup* e do esforço realizado pelo operador. Na Figura 91 encontra-se a comparação entre a distância percorrida pelo operador no início deste projeto e a distância que este percorre depois de se implementar o SMED.

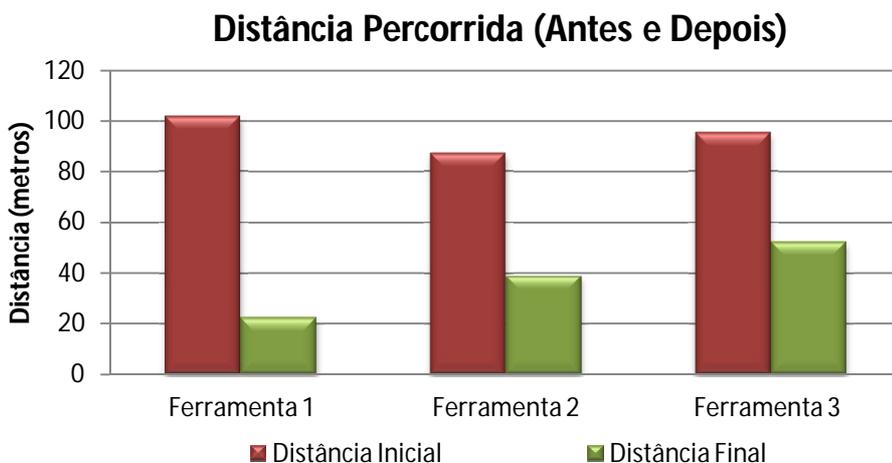


Figura 91 - Distância percorrida pelo operador da prensa (antes e depois)

Através da análise verificam-se reduções significativas, destacando-se o resultado obtido para o primeiro processo de *setup* (Ferramenta 1), em que se reduziu em cerca de 80% a distância total percorrida pelo operador. Na Tabela 26 apresenta-se o resumo dos resultados obtidos.

Tabela 26 - Ganhos obtidos nas distâncias percorridas na prensa

Ferramenta	Distância Inicial (m)	Distância Final (m)	Ganhos (m)	Ganhos (%)
1	102	22,5	79,5	78%
2	87,3	38,9	48,4	55%
3	95,4	52,3	43,1	45%



Registaram-se ganhos em termos de distância percorrida de 78% para a Ferramenta 1, 55% para a Ferramenta 2 e 45% para a Ferramenta 3.

Finalmente com a normalização do processo de *setup* contribuiu-se para uma melhor gestão dos recursos e para um melhor planeamento da produção. A implementação da metodologia SMED na prensa permitiu ainda tornar o processo de *setup* simples e eficaz, reduzindo o esforço despendido pelo operador. Melhorou-se também o espaço de trabalho da prensa, onde as ferramentas de *setup* se encontram devidamente organizadas e identificadas.

6.1.2. Puncionadora PGA

Para a implementação da metodologia SMED na puncionadora, analisou-se o processo de *setup* mais demorado nesta máquina, que corresponde à troca das 18 posições da torreta para se produzir os painéis em lampre. Na Figura 92 encontram-se os tempos de *setup* registados ao longo de cada uma das fases da metodologia.

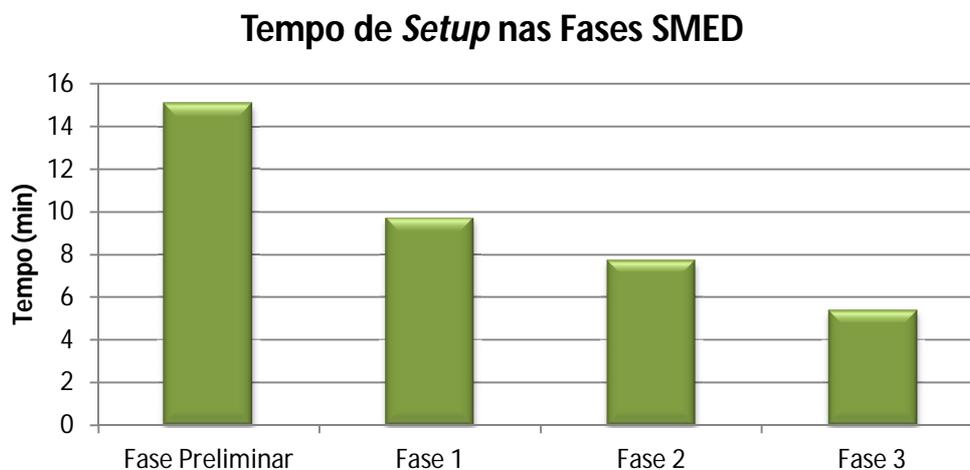


Figura 92 - Tempos de *setup* da puncionadora em cada fase SMED

Pela análise da figura percebe-se que o tempo de *setup* foi diminuindo ao longo de cada uma das fases SMED. No início do projeto registava-se um tempo de 15,1min, sendo que na última fase da metodologia conseguiu-se uma redução de 64% relativamente à situação inicial, registando-se um tempo final de *setup* de 5,4min. Esta situação corresponde a um ganho de 9,7min por cada *setup* para o produto em análise.

Tal como na prensa, as percentagens de tempo gasto em cada uma das fases do processo de *setup* da puncionadora foram alteradas. Na Figura 93 encontra-se a diferença entre a situação inicial e a situação final.

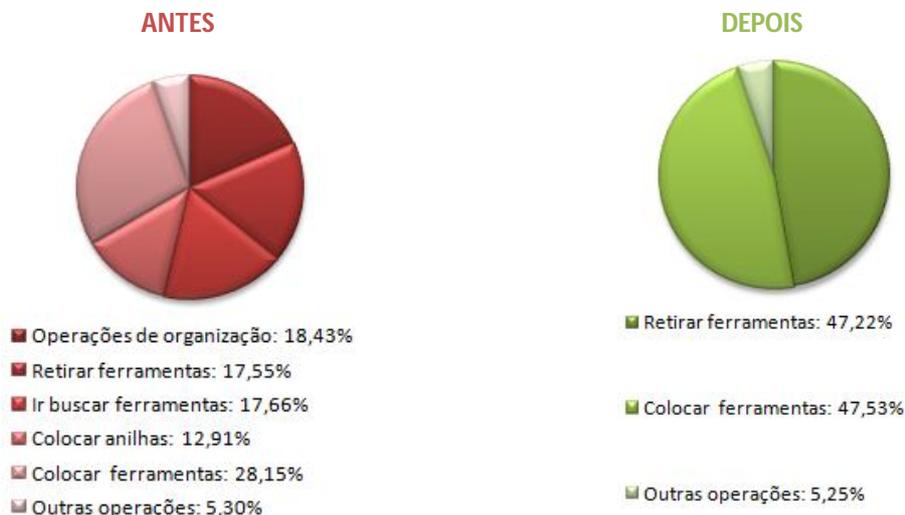


Figura 93 - Tempo gasto nas fases do *setup* da puncionadora (antes e depois)

Na situação final da puncionadora foram eliminadas as operações de organização, de ir buscar ferramentas e de colocar anilhas. Estas operações passaram a ser realizadas em período externo. Desta forma, no processo de *setup* o operador apenas realiza as operações estritamente necessárias e que não podem ser feitas em período externo.

Com a redução do tempo de *setup* na puncionadora foi possível aumentar a taxa de produção devido à diminuição do tempo improdutivo da máquina. Na Tabela 27 encontram-se os ganhos que se podem obter num ano, para o produto em análise.

Tabela 27 - Ganhos com a redução dos tempos de *setup* na puncionadora

Produção	
Nº de <i>setups</i> por ano (painel em lampre)	54
Tempo de <i>setup</i> por ano na situação inicial (min)	815,4 (54x15,1)
Tempo de <i>setup</i> por ano na situação final (min)	291,6 (109x5,4)
Tempo de produção ganho por ano (min)	523,8
Tempo por peça (min)	1,2
Ganhos por ano (peças)	437
Custo por peça (€)	16,74
Ganhos por ano (€)	7.315,38

Com o SMED realizado na puncionadora conseguem-se produzir mais 437 painéis por ano, o que corresponde a um ganho anual de 7.315,38€. Na Tabela 28 apresenta-se o impacto económico para os processos de *setup* da puncionadora no geral.



Tabela 28 - Impacto económico da redução dos tempos de *setup* na puncionadora

Impacto Económico	
Tempo de <i>setup</i> inicial (min)	15,1
Tempo de <i>setup</i> final (min)	5,4
Ganho por <i>setup</i> (min)	9,7
Média de <i>setups</i> por dia	4
Tempo de produção ganho por dia (min)	38,80
Dias de trabalho num ano	242
Tempo de produção ganho por ano (min)	9389,60
Tempo de produção ganho por ano (h)	156,49
Custo por hora da puncionadora (€)	10
Ganho por ano (€)	1.564,90

Com a redução dos tempos de *setup* na puncionadora conseguem-se obter ganhos de 1.564,90€ por ano.

Relativamente aos valores de WIP, verificou-se que o tamanho do lote de produção para os painéis em lampre varia conforme as encomendas dos clientes. Assim, considerou-se que o tamanho do lote corresponde em média a 6 cabines, o que representa cerca de 66 painéis. Na Tabela 29 apresenta-se a redução do WIP para a situação atual (lote de 66 unidades) e para a situação proposta (lote de 33 unidades).

Tabela 29 - Resultados WIP para a produção em lotes de 66 e lotes de 33

Peças em carros	Procura diária	Stock (dias)	Preço/peça (€)	Valor (€)
66	30	2,2	16,74	1.104,84
33	30	1,1	16,74	552,42

Analisando a Tabela 29 percebe-se que é possível reduzir o WIP de 2,2 dias para 1,1 dias se for reduzido o tamanho do lote para um valor perto da procura diária. Esta melhoria corresponde a uma redução de 1.104,84€ para 552,42€ no valor médio do WIP.

A implementação de SMED na puncionadora possibilitou ainda a redução das movimentações realizadas pelo operador. Na Figura 94 apresentam-se os *spaghetti charts* da situação inicial e final. Analisando as duas situações, verifica-se que o operador precisa de realizar muito menos movimentações durante o período de *setup*. A única movimentação que este tem que fazer é para validar a informação inicial no painel de controlo. Durante o restante período de *setup*, o operador não necessita de realizar movimentações, uma vez que o material necessário encontra-se localizado junto dele.

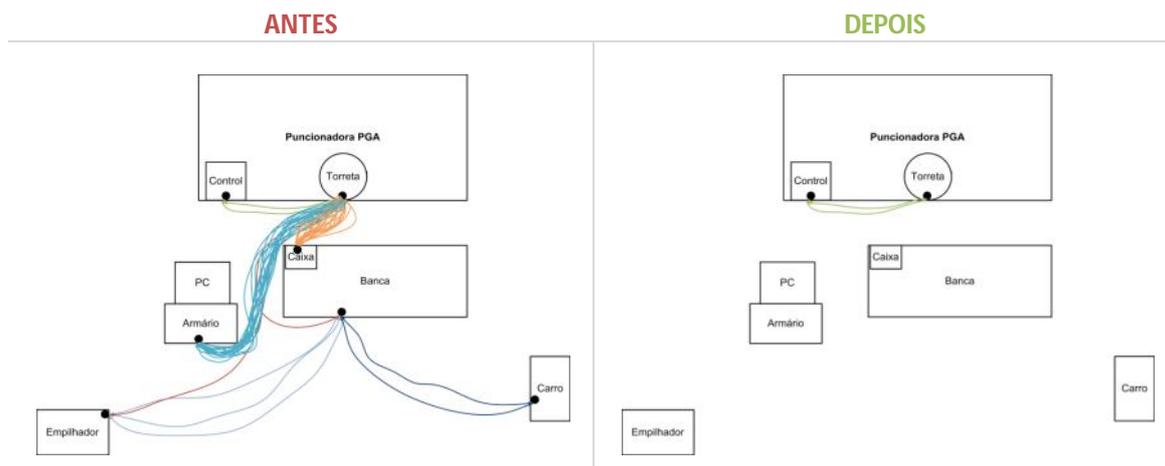


Figura 94 - Spaghetti charts do processo de *setup* da puncionadora (antes e depois)

Na Figura 95 encontram-se os valores das distâncias percorridas pelo operador, registadas ao longo de cada uma das fases da metodologia SMED.

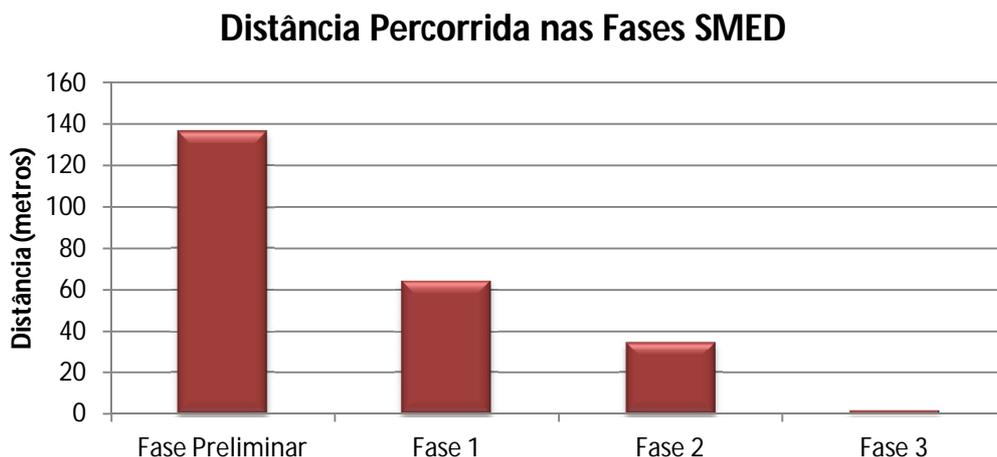


Figura 95 - Distância percorrida na puncionadora em cada fase SMED

Assim, percebe-se que ao longo de cada uma das fases SMED a distância total percorrida pelo operador foi decrescendo acentuadamente, passando de uma distância inicial de 136,7m até a uma distância final de 1,7m. Isto representa uma diminuição de 135m durante o período interno de *setup*, o que corresponde a um ganho de 99%.

Por fim, com a normalização do processo de *setup* da puncionadora, o chefe de secção consegue realizar um planeamento mais eficaz. Com a metodologia SMED o processo de *setup* tornou-se mais evidente e eficaz para o operador, e o espaço de trabalho da puncionadora ficou devidamente organizado. A introdução dos dois tipos de cartões

(cartão de retificação e cartão de encomenda) permite melhorar o processo de manutenção de ferramentas, possibilitando que as tarefas de retificação possam ser efetuadas em períodos com a máquina em funcionamento e permitindo que não ocorram atrasos nos processos de encomenda de novas ferramentas.

6.2. Organização

Ao longo deste projeto foram introduzidas várias melhorias para a organização do espaço de trabalho da secção de Transformação Mecânica. Foi também possível aplicar conceitos de 5S e gestão visual. Na Figura 96 encontra-se o aspeto geral das soluções introduzidas para melhorar a organização do espaço fabril da secção.



Figura 96 - Soluções para melhorar a organização do espaço da secção

No estudo realizado na prensa, apesar do foco principal ter sido a redução dos tempos de *setup*, foi também possível melhorar diversos aspetos do âmbito da organização do espaço de trabalho e que, de uma certa forma, contribuíram para a redução destes tempos. Com o novo carro introduzido as ferramentas ficaram devidamente organizadas e identificadas nas gavetas, ficando localizadas perto do operador. A introdução de uma nova estante para arrumar os moldes da prensa promove a

melhoria no acesso a estas ferramentas e permite que estas fiquem devidamente organizadas. Com a identificação dos moldes e das estantes o processo de levantamento torna-se mais rápido e intuitivo, apoiado pela existência de um mapa criado com a indicação de cada código e a posição na estante de um determinado molde. As linhas delimitadoras coladas no chão permitem a definição de espaços na área envolvente da prensa, evitando a ocupação desadequada de um determinado espaço e reservando um espaço próprio para paletes, carro de ferramentas e carro de transporte de moldes.

Tal como na prensa, em que o objetivo era a redução dos tempos de *setup*, foi também necessário melhorar a organização do espaço da puncionadora. Neste caso, com a criação de um tabuleiro devidamente identificado com cada posição da torreta, o operador pode facilmente organizar as ferramentas do *setup*, tornando o processo de troca mais rápido. A colocação de identificações a cores na própria torreta, facilitou também este processo. Com a introdução de um novo armário para ferramentas, as matrizes e os punções ficam mais acessíveis ao operador o que também permitiu uma fácil identificação, existindo um espaço próprio para cada referência.

Finalmente, para a organização do espaço de trabalho das quinadoras introduziram-se novas bancas com rodas, que permitem uma rápida reconfiguração do espaço, para casos em que exista falta de espaço. Com a remoção de algumas bancas, aumentou-se o espaço de trabalho das quinadoras, o que possibilita uma melhor circulação de pessoas e de materiais. Colocando-se divisórias em algumas bancas existentes na secção, as ferramentas das quinadoras ficam devidamente organizadas e acessíveis ao operador, evitando a adoção de posturas incorretas e reduzindo o esforço para levantamento de ferramentas.



7. Conclusão

Neste capítulo apresentam-se as principais conclusões retiradas deste projeto, fazendo-se ainda algumas sugestões para trabalho futuro.

7.1. Considerações Finais

Com o desfecho deste projeto de dissertação é possível concluir que os objetivos inicialmente previstos foram alcançados. Utilizando a metodologia de investigação *Action-Research* estudou-se a secção de produção de Transformação Mecânica, utilizando como apoio diversas ferramentas de análise e diagnóstico: análise ABC, diagramas de processo, *spaghetti charts*, diagramas de sequência e *Waste Identification Diagram*. Devido a limitações de tempo e por serem as máquinas mais críticas, foram apenas analisadas a prensa, a puncionadora e as quinadoras desta secção. Através da análise realizada identificaram-se alguns problemas para os quais foram propostas soluções de melhoria com base em algumas ferramentas *Lean*, nomeadamente SMED, 5S, gestão visual e *Standard Work*.

Na prensa aplicou-se a metodologia SMED, analisando-se os três processos de *setup* necessários para o fabrico dos reforços para prumo oposto, que são dos produtos mais produzidos nesta máquina. Deste modo, reduziram-se os tempos de *setup* em 65%, 67% e 53% para o primeiro, segundo e terceiro processo de *setup*, respetivamente. Com isto é possível produzir por ano mais 4532 unidades para o produto analisado, correspondendo a um ganho anual de 734€. O tempo de produção ganho por ano para os processos da prensa é de 163h, o que se traduz num ganho anual de 1629€.

Relativamente à puncionadora aplicou-se também a metodologia SMED mas, neste caso, para o processo mais demorado, isto é, o *setup* para os painéis em lampre. Desta forma, registaram-se reduções de 64% no tempo total de *setup*, o que permite a produção de mais 437 unidades por ano para o produto em análise, correspondendo a um ganho anual de 7315€. O tempo de produção recuperado por ano para os processos de *setup* da puncionadora é de 157h, o que corresponde a um ganho anual de 1565€.

Quanto às quinadoras desenvolveram-se soluções para melhoria da organização do espaço de trabalho, nomeadamente a introdução de novas bancas e soluções para organizar e armazenar de uma melhor forma as ferramentas de quinagem. Os principais benefícios obtidos foram o aumento do espaço de trabalho, a possibilidade de realizar uma rápida reconfiguração do espaço e a melhoria do acesso dos operadores às ferramentas.

Assim, com o desenvolvimento de todas as soluções referidas, conseguiram-se atingir os objetivos planeados para este projeto de dissertação. O objetivo de redução do horizonte de planeamento não foi devidamente alcançado. Isto deveu-se à necessidade de realizar estudos a mais máquinas da secção e também à necessidade de explorar em maior detalhe a área de planeamento e controlo da produção, o que se tornou bastante difícil para este projeto, especialmente devido às limitações de tempo.

7.2. Trabalho Futuro

Além de terem sido melhorados alguns aspetos do funcionamento da secção de Transformação Mecânica da Schmitt + Sohn Elevadores, existem outros pontos que poderiam ser alvo de estudo para projetos futuros. Uma das potenciais áreas de atuação seria o planeamento e controlo da produção, onde se deveria criar um *software* que permitisse conhecer o estado do sistema em cada momento de produção. Neste *software* poderiam ser também incluídas várias medidas de desempenho, tais como: a taxa de produção de cada máquina, a taxa de defeitos e a eficiência, entre outras. Com uma solução deste género seria possível saber informações acerca dos diferentes produtos produzidos, tais como máquinas onde foram processados, quantidades em que foram produzidos, pessoas responsáveis e momento (data e hora) de início e fim da produção. Assim, o controlo da produção seria melhorado e feito em tempo real e comprovava-se que um determinado produto tinha sido produzido na secção, evitando reclamações de outras secções de produção da empresa.

Com a metodologia criada neste projeto para a implementação de SMED, a empresa pode alargar a aplicação destes procedimentos para outras máquinas ou até para



outras secções produtivas. Para as máquinas em que já se implementou a metodologia no projeto, é importante realizar um acompanhamento aos operadores para que os tempos obtidos se mantenham. Uma sugestão para a melhoria e desenvolvimento dos processos de *setup* na empresa seria a criação de uma equipa SMED que fosse responsável apenas por esta área e que tinha como objetivo desenvolver soluções de melhoria de uma forma contínua e poder intervir sempre que ocorresse um processo de *setup*.



Referências Bibliográficas

Allahverdi, A., & Soroush, H. (2008). The significance of reducing setup times/setup costs. *European Journal of Operational Research*, 187, 978-984.

Alves, A., & Tenera, A. (2009 May). Improving SMED in the automotive industry: a case study. *Proceedings of POMS 20th Annual conference*, Orlando, Florida, USA, 1-27.

Bacci, M., Sugai, M., & Novaski, O. (2005 novembro). Proposta de modelo de tomada de decisão para aplicação da metodologia SMED. *XII SIMPEP*, Bauru, São Paulo, Brasil.

Cakmakci, M. (2009). Process improvement: performance analysis of the setup time reduction-SMED in the automobile industry. *International Journal of Advance Manufacturing and Technology*, 41, 168-179.

Cakmakci, M., & Karasu, M. (2006). Set-up time reduction process and integrated predetermined time system MTM-UAS: a study of application in a large size company of automobile industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 33(4), 334-344.

Feld, W. (2001). *Lean Manufacturing: tools, techniques, and how to use them*. Florida: St. Lucie Press.

Fisher, M. (1999). Process improvement by poka-yoke. *Work Study*, 48(7), 264-266.

Fritsche, R. (2011). Reducing set-up time for improved flexibility in high-mix low-volume electric drives production. *IEEE*, 11, 74-77.

Gadre, A., Cudney, E., & Corns, S. (2011). Model development of a virtual learning environment to enhance Lean Education. *Procedia Computer Science*, 1(6), 100-105.

Gilmore, M., & Smith, D. (1996). Set-up reduction in pharmaceutical manufacturing: an action research study. *International Journal of Operations & Production Management*, 16(3), 4-17.

Godinho, M., & Fernandes, F. (2004). Manufatura enxuta: uma revisão que classifica e analisa os trabalhos apontando perspectivas de pesquisas futuras. *Gestão & Produção*, 11(1), 1-19.

Gomes, A. (2008). *Quick Changeover em linha de montagem final*. Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal.

Goubergen, D. Van (2000 May). Set-up reduction as an organization-wide problem. *Proceedings of the IEE Solutions 2000*, Cleveland, Ohio, USA, 22-24.

Goubergen, D. Van, & Landeghem, H. Van (2001 July). Role and responsibility of the equipment design engineer in the set-up reduction effort. *Proceedings of Flexible Automation and Intelligent Manufacturing Conference*, Dublin, Ireland.

Goubergen, D. Van, & Landeghem, H. Van (2002a). Reducing setup times of manufacturing lines. *Proceedings of International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing*, Dresden, Germany, 1-10.

Goubergen, D. Van, & Landeghem, H. Van (2002b). Rules for integrating fast changeover capabilities into new equipment design. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 18, 205-214.

Hall, R. (1987). *Attaining manufacturing excellence – Just in Time, Total Quality, Total People Involvement*. Homewood: Dow Jones-Irwin.

Hay, E. (1987). Any machine set-up time can be reduced by 75%. *Industrial Engineering*, 19(8), 62-67.

Kennedy, F., & Widener, S. (2008). A control framework: Insights from evidence on lean accounting. *Management Accounting Research*, 19(4), 301-323.

King, P. (2009). SMED in the process industries: improved flow through shorter product changeovers. Textos de apoio de Peter King. Obtido de *Institute of Industrial Engineers*: <http://www.iienet2.org/Landing.aspx?id=887>

Lago, N., Carvalho, D., & Ribeiro, L. (2008, julho 1). Lean office. *Fundição*, 248|249, 6-8.

Liker, J. (2004). *The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. New York: McGraw-Hill.

Lopes, R., Neto, C., & Pinto, J. (2010 dezembro). Mudança rápida de ferramentas (Quick Changeover): aplicação prática do método SMED. *Kéramica*, 305, 31-36.



- McIntosh, R., Culley, S., Gest, G., Mileham, T., & Owen, G. (1996). An assessment of the role of design in the improvement of changeover performance. *International Journal of Operations & Production Management*, 16(9), 5-22.
- McIntosh, R., Culley, S., Mileham, A., & Owen, G. (2000). A critical evaluation of Shingo's "SMED" (Single Minute Exchange of Die) methodology. *International Journal of Production Research*, 38(11), 2377-2395.
- McIntosh, R., Culley, S., Mileham, A., & Owen, G. (2001a). Changeover improvement: a maintenance perspective. *International Journal of Production Economics*, 73, 153-163.
- McIntosh, R., Culley, S., Mileham, A., & Owen, G. (2001b). *Improving Changeover Performance*. Oxford: Butterworth Heinemann.
- McIntosh, R., Owen, G., Culley, S., & Mileham, T. (2007). Changeover improvement: reinterpreting Shingo's "SMED" methodology. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 54(1), 98-111.
- Mileham, A., Culley, S., Owen, G., & McIntosh, R. (1999). Rapid changeover: a prerequisite for responsive manufacture. *International Journal of Operations & Production Management*, 19(8), 785-796.
- Monden, Y. (1998). *Toyota Production System: an integrated approach to Just-In-Time*. Norcross: Engineering and Management Press.
- Moreira, A., & Pais, G. (2011). Single Minute Exchange of Die: a case study implementation. *Journal of Technology Management & Innovation*, 6, 129-146.
- Mota, P. (2007). *Estudo e implementação da metodologia SMED e o seu impacto numa linha de produção*. Dissertação de mestrado, Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal.
- Moxham, C., & Greatbanks, R. (2001). Prerequisites for the implementation of the SMED methodology: a study in a textile processing environment. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 18(4), 404-414.
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM*. Cambridge: Productivity Press.

O'Brien, R. (1998). *An Overview of the Methodological Approach of Action Research*. Faculty of Information Studies, University of Toronto.

Ohno, T. (1988). *The Toyota Production System: Beyond Large Scale-Production*. Portland: Productivity Press.

Osada, T. (1991). *The 5S's: five keys to a total quality environment*. Tokyo: Asian Productivity Organisation.

Pais, G. (2008). *Estudo e implementação da metodologia SMED na Inplas*. Dissertação de mestrado, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

Pannesi, R. (1995). Lead time competitiveness in make-to-order manufacturing firm. *International Journal of Production Research*, 3(6), 150-163.

Patel, S., Dale, B., & Shaw, P. (2001a). Set-up time reduction and mistake proofing methods: an examination in precision component manufacturing. *The TQM Magazine*, 13(3), 175-179.

Patel, S., Shaw, P., & Dale, B. (2001b). Set-up time reduction and mistake proofing methods: a study of application in a small company. *Business Process Management Journal*, 7, 65-75.

Perinic, M., Ikonic, M., & Maricic, S. (2009). Die casting process assessment using Single Minute Exchange of Dies (SMED) method. *Metallurgija*, 48(3), 199-202.

Reis, M., & Alves, J. (2010). Um método para o cálculo do benefício econômico e definição da estratégia em trabalhos de redução do tempo de *setup*. *Gestão & Produção*, 17(3), 579-588.

Ribeiro, D. (2010). *Melhoria dos processos de mudança de série através da metodologia SMED na fabricação de componentes plásticos e metálicos na GE Power Controls Portugal*. Dissertação de mestrado, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal.

Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to see – Value Stream Mapping to create value and eliminate muda*. Massachusetts: The Lean Enterprise Institute.



Sá, J., Carvalho, J. & Sousa, R. (2011). *Waste Identification Diagrams, A Engenharia como Alavanca para o Desenvolvimento e Sustentabilidade*, 6º Congresso Luso – Moçambicano de Engenharia, Maputo, Moçambique.

Sekine, K., & Arai, K. (1992). *Kaizen for Quick Changeover: going beyond SMED*. New York: Productivity Press.

Shingo, S. (1985). *A revolution in manufacturing: the SMED system*. Portland: Productivity Press.

Shingo, S. (1989a). *A study of the Toyota Production System from industrial engineering*

Shingo, S. (1989b). *Zero quality control: source inspection and the poka-yoke system*. Portland: Productivity Press.

Simões, A. (2010). *Melhoria do tempo de troca numa linha de prensagem: aplicação do método SMED*. Dissertação de mestrado, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal.

Singh, B., & Khanduja, D. (2010). SMED: for quick changeovers in foundry SMEs. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 59, 98-116.

Sousa, R., & Moreira, F. (2010). *Documento de apoio à Unidade Curricular de Sistemas Automáticos de Produção*. Guimarães, Departamento de Produção e Sistemas, Universidade do Minho.

Sousa, R., Lima, R., Carvalho, D., & Alves, A. (2009). An industrial application of resource constrained scheduling for quick changeover. *Proceedings of IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, Hong Kong, 189-193.

Spear, S., & Bowen, H. (1999). Decoding the DNA of the Toyota Production System. *Harvard Business Review*, 77(5), 95-106.

Spence, A., & Porteus, E. (1987). Setup reduction and increased effective capacity. *Management Science*, 33(10), 1291-1301.

Sugai, M., McIntosh, R., & Novaski, O. (2007). Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso. *Gestão & Produção*, 14(2), 323-335.

Tharisheneprem, S. (2008). Achieving full fungibility and Quick Changeover by turning knobs in tape and reel machine by applying SMED theory. *Proceedings of 33rd International Electronics Manufacturing Technology Conference*.

The Productivity Press Development Team (1996). *Quick Changeover for operators: the SMED system*. New York: Productivity Press.

The Productivity Press Development Team (2002). *Standard Work for the shop floor*. New York: Productivity Press.

Trovinger, S., & Bohn, R. (2005). Setup time reduction for electronics assembly: combining simple (SMED) and IT-based methods. *Production and Operations Management, 14*(2), 205-217.

Ulutas, B. (2011). An application of SMED methodology. *World Academy of Science, Engineering and Technology, 79*, 100-103.

viewpoint. Portland:Productivity Press.

Warwood, S., & Knowles, G. (2004). An investigation into Japanese 5-S practice in UK industry. *The TQM Magazine, 16*(5), 347-353.

Womack, J., & Jones, D. (1996). *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. New York: Free Press.

Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1990). *The machine that changed the world*. New York: Rawson Associates.



Anexos

Anexo I – Organigrama da Empresa



Figura 97 - Organigrama da empresa

Anexo II – Layouts das Secções Produtivas

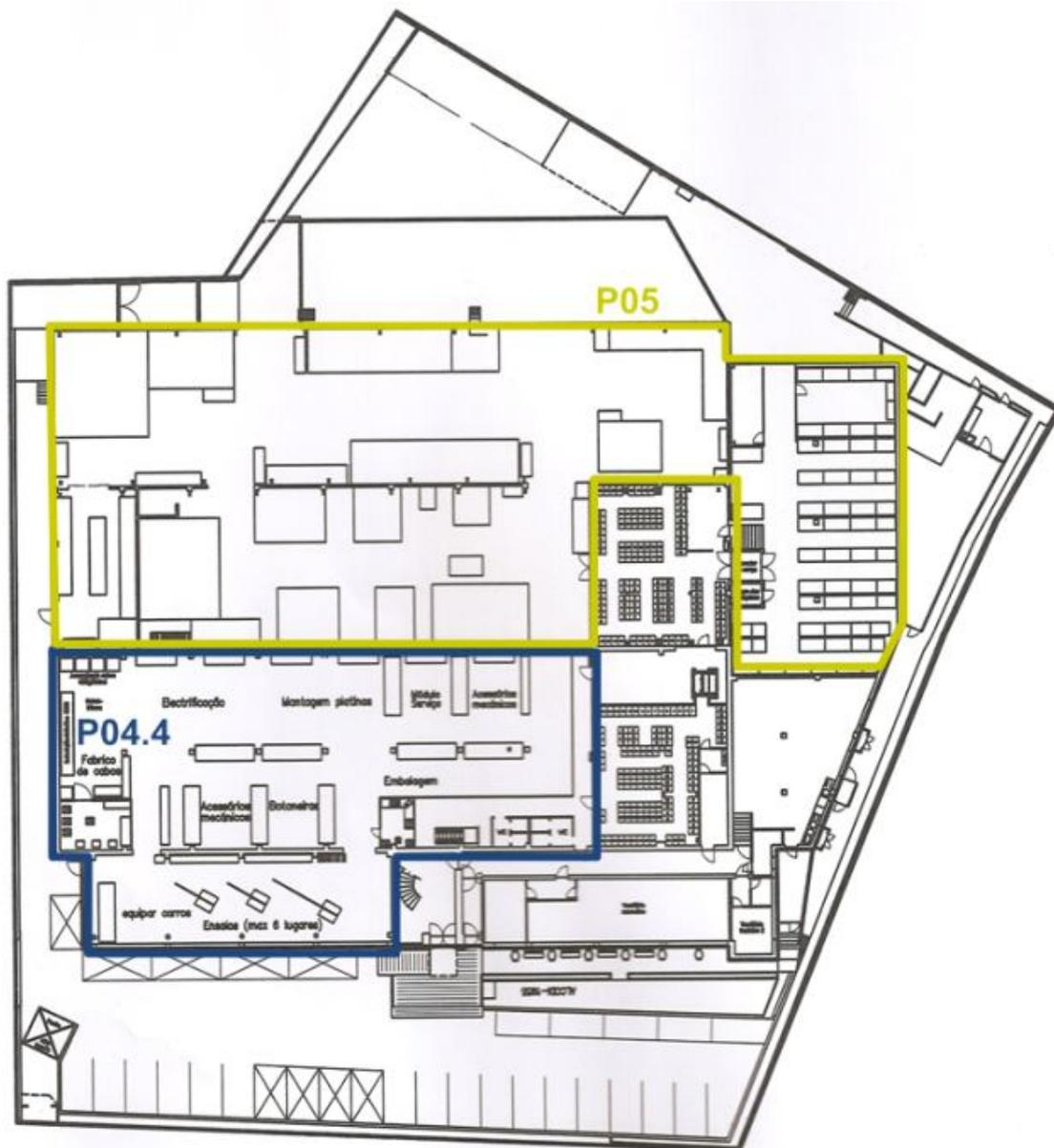


Figura 98 - Layout Schmitt I

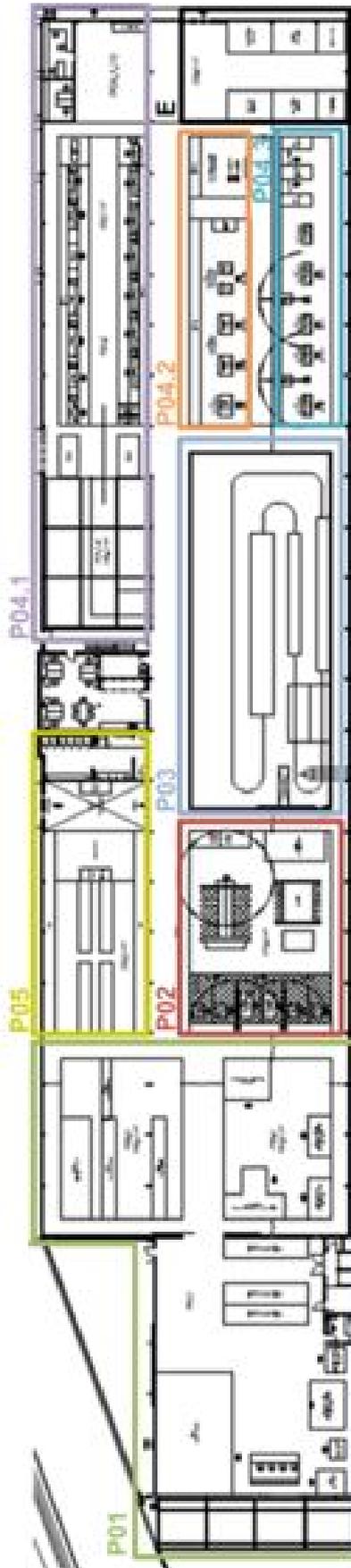


Figura 99 - Layout Schmitt II



Anexo III – Análise ABC Prensa

Tabela 30 - Análise ABC para a prensa (1 de 3)

Código	Quantidade	Quantidade Acumulada	% Quantidade	% Acumulada	Artigos	% Artigos	Classe
D05110	117390	117390	29,775%	29,775%	1	1,220%	A
D05186	26850	144240	6,810%	36,586%	2	2,439%	
D05190	26390	170630	6,694%	43,279%	3	3,659%	
D05107	22055	192685	5,594%	48,873%	4	4,878%	
D05189	13040	205725	3,308%	52,181%	5	6,098%	
KB268	10600	216325	2,689%	54,869%	6	7,317%	
D04095	10586	226911	2,685%	57,555%	7	8,537%	
D04035	8700	235611	2,207%	59,761%	8	9,756%	
D08574	8622	244233	2,187%	61,948%	9	10,976%	
D05533	8420	252653	2,136%	64,084%	10	12,195%	
D04062	8380	261033	2,126%	66,209%	11	13,415%	
D05197	7478	268511	1,897%	68,106%	12	14,634%	
D05222	6494	275005	1,647%	69,753%	13	15,854%	
D04199	6400	281405	1,623%	71,377%	14	17,073%	
D07458	6030	287435	1,529%	72,906%	15	18,293%	
D04097	5920	293355	1,502%	74,408%	16	19,512%	
D04199	5650	299005	1,433%	75,841%	17	20,732%	
D07457	5400	304405	1,370%	77,210%	18	21,951%	
D07459	4395	308800	1,115%	78,325%	19	23,171%	
D05009	4120	312920	1,045%	79,370%	20	24,390%	
D04086	4114	317034	1,043%	80,414%	21	25,610%	
D05178	4110	321144	1,042%	81,456%	22	26,829%	
D05178	4110	325254	1,042%	82,499%	23	28,049%	
D04271	4100	329354	1,040%	83,539%	24	29,268%	
D04086	3910	333264	0,992%	84,530%	25	30,488%	
D04433	3795	337059	0,963%	85,493%	26	31,707%	
D06693	3376	340435	0,856%	86,349%	27	32,927%	
D04180	3185	343620	0,808%	87,157%	28	34,146%	
D05176	3104	346724	0,787%	87,944%	29	35,366%	
D05435	3000	349724	0,761%	88,705%	30	36,585%	
D05176	2954	352678	0,749%	89,455%	31	37,805%	
D06764	2637	355315	0,669%	90,123%	32	39,024%	
D05432	2550	357865	0,647%	90,770%	33	40,244%	
D07341	2514	360379	0,638%	91,408%	34	41,463%	
D05534	2390	362769	0,606%	92,014%	35	42,683%	
MT2146	2300	365069	0,583%	92,597%	36	43,902%	
D04456	2048	367117	0,519%	93,117%	37	45,122%	

Tabela 31 - Análise ABC para a prensa (2 de 3)

Código	Quantidade	Quantidade Acumulada	% Quantidade	% Acumulada	Artigos	% Artigos	Classe
GV187	2010	369127	0,510%	93,627%	38	46,341%	C
D03582	2000	371127	0,507%	94,134%	39	47,561%	
D03718	1930	373057	0,490%	94,624%	40	48,780%	
D05213	1650	374707	0,419%	95,042%	41	50,000%	
D04822	1600	376307	0,406%	95,448%	42	51,220%	
GG946	1545	377852	0,392%	95,840%	43	52,439%	
D03638	1540	379392	0,391%	96,230%	44	53,659%	
D06548	1470	380862	0,373%	96,603%	45	54,878%	
MT2145	1370	382232	0,347%	96,951%	46	56,098%	
MT2147	1370	383602	0,347%	97,298%	47	57,317%	
D05431	1200	384802	0,304%	97,603%	48	58,537%	
D03717	1050	385852	0,266%	97,869%	49	59,756%	
D05197	1009	386861	0,256%	98,125%	50	60,976%	
D05222	999	387860	0,253%	98,378%	51	62,195%	
D05197	696	388556	0,177%	98,555%	52	63,415%	
D05131	690	389246	0,175%	98,730%	53	64,634%	
D05222	610	389856	0,155%	98,884%	54	65,854%	
D05197	601	390457	0,152%	99,037%	55	67,073%	
D05222	551	391008	0,140%	99,177%	56	68,293%	
D05222	333	391341	0,084%	99,261%	57	69,512%	
D05197	331	391672	0,084%	99,345%	58	70,732%	
D05004	315	391987	0,080%	99,425%	59	71,951%	
D05004	290	392277	0,074%	99,499%	60	73,171%	
D05197	266	392543	0,067%	99,566%	61	74,390%	
D05222	230	392773	0,058%	99,624%	62	75,610%	
D05197	187	392960	0,047%	99,672%	63	76,829%	
D05197	170	393130	0,043%	99,715%	64	78,049%	
D05222	158	393288	0,040%	99,755%	65	79,268%	
D05222	142	393430	0,036%	99,791%	66	80,488%	
D05197	123	393553	0,031%	99,822%	67	81,707%	
D05197	102	393655	0,026%	99,848%	68	82,927%	
D05222	99	393754	0,025%	99,873%	69	84,146%	
D05222	97	393851	0,025%	99,898%	70	85,366%	
D05222	95	393946	0,024%	99,922%	71	86,585%	
D05197	87	394033	0,022%	99,944%	72	87,805%	
D05197	55	394088	0,014%	99,958%	73	89,024%	
D05004	40	394128	0,010%	99,968%	74	90,244%	
D05197	32	394160	0,008%	99,976%	75	91,463%	
D05222	32	394192	0,008%	99,984%	76	92,683%	



Tabela 32 - Análise ABC para a prensa (3 de 3)

Código	Quantidade	Quantidade Acumulada	% Quantidade	% Acumulada	Artigos	% Artigos	Classe
D05222	20	394212	0,005%	99,989%	77	93,902%	C
D05197	12	394224	0,003%	99,992%	78	95,122%	
D05222	12	394236	0,003%	99,995%	79	96,341%	
D05004	10	394246	0,003%	99,998%	80	97,561%	
D05197	4	394250	0,001%	99,999%	81	98,780%	
D05222	4	394254	0,001%	100,000%	82	100,000%	
TOTAL	394254				82		



Anexo IV – Resultados WID para Estudo da Prensa

Tabela 33 - Resultados das observações WID para o reforço para prumo oposto

Guilhotina		
Acrescenta Valor	10	31,25%
Espera	5	15,63%
Movimentação	8	25,00%
Retrabalho	1	3,13%
Setup	0	0%
Transporte	5	15,63%
Outro	3	9,38%
	32	100%

Prensa		
Acrescenta Valor	12	37,50%
Espera	1	3,13%
Movimentação	5	15,63%
Retrabalho	1	3,13%
Setup	5	15,63%
Transporte	4	12,50%
Outro	4	12,50%
	32	100%

Montagem de Prumos		
Acrescenta Valor	10	31,25%
Espera	2	6,25%
Movimentação	6	18,75%
Retrabalho	0	0,00%
Setup	0	0%
Transporte	5	15,63%
Outro	9	28,13%
	32	100%

Montagem do Aro		
Acrescenta Valor	13	40,63%
Espera	1	3,13%
Movimentação	8	25,00%
Retrabalho	0	0,00%
Setup	0	0%
Transporte	4	12,50%
Outro	6	18,75%
	32	100%

Embalagem		
Acrescenta Valor	15	46,88%
Espera	2	6,25%
Movimentação	7	21,88%
Retrabalho	0	0,00%
Setup	0	0%
Transporte	4	12,50%
Outro	4	12,50%
	32	100%



Anexo V – Resultados WID para Estudo da Puncionadora

Tabela 34 - Resultados das observações WID para o painel em lampre

Guilhotina		
Acrescenta Valor	10	31,25%
Espera	5	15,63%
Movimentação	8	25,00%
Retrabalho	1	3,13%
Setup	0	0,00%
Transporte	5	15,63%
Outro	3	9,38%
	32	100%

Puncionadora		
Acrescenta Valor	8	25,00%
Espera	7	21,88%
Movimentação	5	15,63%
Retrabalho	0	0,00%
Setup	6	18,75%
Transporte	3	9,38%
Outro	3	9,38%
	32	100%

Quinadora QIHD		
Acrescenta Valor	11	34,38%
Espera	2	6,25%
Movimentação	7	21,88%
Retrabalho	0	0,00%
Setup	4	12,50%
Transporte	6	18,75%
Outro	2	6,25%
	32	100%

Montagem de Cabine		
Acrescenta Valor	17	53,13%
Espera	2	6,25%
Movimentação	5	15,63%
Retrabalho	0	0,00%
Setup	0	0,00%
Transporte	5	15,63%
Outro	3	9,38%
	32	100%

Embalagem		
Acrescenta Valor	15	46,88%
Espera	2	6,25%
Movimentação	7	21,88%
Retrabalho	0	0,00%
Setup	0	0,00%
Transporte	4	12,50%
Outro	4	12,50%
	32	100%

Anexo VI – Fase Preliminar SMED na Prensa

Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento				Resumo		
Diagrama nº: 1	Folha nº: 1 de 2					
Produto: Reforço para prumo oposto		Atividades	Atual	Proposto	Ganho	
Medida: 145x30x2 mm		Operação ○	34			
Artigo nº: 139727		Transporte ⇒	12			
Atividade: Setup Ferramenta N°1		Controlo □	1			
		Espera D	0			
		Armazenagem ▽	1			
Localização: Prensa da secção P01		Total				
Operadores: Domingos Oliveira		Distância (m)	102			
Método: Atual / Proposto		Tempo (s)	1299			
Diagrama por: Eric Costa	Data: 27-03-2012	Custo				
Aprovado por:	Data:	Mão-de-obra				
		Material				
		Total				

Nº	Descrição	Distância (m)	Tempo (s)	Símbolos					Obs.
				○	⇒	□	D	▽	
1	Desligar máquina	1,8	4	●					
2	Abrir portas de segurança	1,8	8	●					
3	Ir buscar carro com a caixa para peças	16,4	22	●	●				
4	Colocar peças produzidas na caixa		30	●					
5	Arrumar carro com as peças	16,4	22		●				
6	Colocar resíduos produzidos na sucata		65	●					
7	Ir buscar calculadora	6,3	9	●	●				
8	Calcular e registar quantidade de peças produzidas		17	●					
9	Ir buscar folha de registo de tempos	6,3	9	●	●				
10	Registar tempos de <i>setup</i> e tempos de produção		28	●					
11	Ir buscar ferramentas	5,7	9	●	●				
12	Desapertar fixação superior direita		11	●					
13	Desapertar fixação superior esquerda	1,8	13	●					
14	Afinar abertura do alimentador	1,8	9	●					
15	Desapertar fixação inferior esquerda		11	●					
16	Desapertar fixação inferior direita	1,8	10	●					
17	Deslocar molde para a ponta da banca		4	●					
18	Ir buscar carro	3	12	●	●				
19	Colocar molde no carro		11	●					
20	Afastar carro da máquina		12	●					
21	Desmontar base superior do molde		31	●					
22	Arrumar molde no armário	4,05	25	●					
23	Colocar novo molde no carro	0,8	33	●					
24	Movimentar carro para junto da máquina	3,25	14	●	●				
25	Desmontar cabeçote do molde		47	●					
26	Montar base superior do molde		36	●					
27	Afinar curso e corrediça	1,8	228	●					
28	Limpar molde, banca e alimentador		16	●					
29	Movimentar carro para junto da banca		7	●	●				
30	Colocar molde na banca		22	●					
31	Arrumar carro	3	13	●	●				
32	Centrar molde		65	●					
33	Apertar fixação inferior esquerda à mão		9	●					

Figura 100 - Diagrama fase preliminar SMED ferramenta 1 da prensa (1 de 2)

Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento									
Diagrama nº: 1		Folha nº: 2 de 2		Resumo					
Produto: Reforço para prumo oposto		Atividades		Atual	Proposto	Ganho			
Medida: 145x30x2 mm		Operação ○		34					
Artigo nº: 139727		Transporte ⇒		12					
Atividade: Setup Ferramenta N°1		Controlo □		1					
Localização: Prensa da secção P01		Espera D		0					
		Armazenagem ▽		1					
		Total							
Operadores: Domingos Oliveira		Distância (m)		102					
Método: Atual / Proposto		Tempo (s)		1299					
Diagrama por: Eric Costa		Data: 27-03-2012		Custo					
Aprovado por:		Data:		Mão-de-obra					
				Material					
				Total					
Nº	Descrição	Distância (m)	Tempo (s)	Símbolos					Obs.
				○	⇒	□	D	▽	
34	Apertar fixação inferior direita à mão	1,8	10	●					
35	Apertar fixação inferior esquerda com ferramenta		11	●					
36	Apertar fixação inferior direita com ferramenta	1,8	12	●					
37	Afinar fecho do alimentador	1,8	184	●					
38	Colocar fixação superior direita		13	●					
39	Colocar fixação superior esquerda	1,8	10	●					
40	Apertar fixação superior esquerda		8	●					
41	Apertar fixação superior direita	1,8	9	●					
42	Arrumar ferramentas	5,7	8	●	●				
43	Afinar passo do alimentador	1,8	31	●					
44	Preparar máquina	1,8	9	●					
45	Testar passo	0,9	18	●					
46	Ir buscar fita metálica	5	7	●	●				
47	Testar peças		98	●					
48	Fechar portas de segurança	1,8	9	●					
			Tempo Total (s)	1299					
			Tempo Total (min)	21,65					

Figura 101 - Diagrama fase preliminar SMED ferramenta 1 da prensa (2 de 2)

Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento									
Diagrama nº: 1		Folha nº: 1 de 2		Resumo					
Produto: Reforço para prumo oposto		Atividades		Atual	Proposto	Ganho			
Medida: 145x30x2 mm		Operação ○		36					
Artigo nº: 139727		Transporte ⇒		13					
Atividade: Setup Ferramenta N°2		Controlo □		1					
		Espera D		1					
Localização: Prensa da secção P01		Armazenagem ▽		0					
Total									
Operadores: Domingos Oliveira		Distância (m)		87,3					
Método: Atual / Proposto		Tempo (s)		1450					
Custo									
Diagrama por: Eric Costa		Data: 02-04-2012		Mão-de-obra					
Aprovado por:		Data:		Material					
				Total					
Nº	Descrição	Distância (m)	Tempo (s)	Símbolos					Obs.
				○	⇒	□	D	▽	
1	Desligar máquina	1,8	4	●					
2	Abrir portas de segurança	1,8	8	●					
3	Colocar peças produzidas na banca	3,3	51	●	●				
4	Colocar resíduos produzidos na sucata		65	●	●				
5	Ir buscar calculadora	6,3	9	●	●				
6	Calcular e registar quantidade de peças produzidas		17	●					
7	Ir buscar ferramentas	5,7	9	●	●				
8	Desapertar fixação superior direita		11	●					
9	Desapertar fixação superior esquerda	1,8	13	●					
10	Afinar abertura do alimentador	1,8	15	●					
11	Desapertar fixação inferior esquerda		11	●					
12	Desapertar fixação inferior direita	1,8	12	●					
13	Deslocar molde para a ponta da banca		6	●					
14	Ir buscar carro	3	13	●	●				
15	Colocar molde no carro		13	●					
16	Afastar carro da máquina		12	●	●				
17	Desmontar base superior do molde		31	●					
18	Arrumar molde no armário	4,65	48	●	●				
19	Ir buscar novo molde	0,4	8	●	●				
20	Colocar novo molde no carro		28	●					
21	Movimentar carro para junto da banca	4,05	21	●	●				
22	Limpar banca		7	●					
23	Colocar molde na banca		9	●					
24	Afastar carro	3	10	●	●				
25	Centrar molde		65	●					
26	Apertar fixação inferior esquerda à mão		9	●					
27	Apertar fixação inferior direita à mão	1,8	11	●					
28	Apertar fixação inferior esquerda com ferramenta		11	●					
29	Apertar fixação inferior direita com ferramenta	1,8	12	●					
30	Desapertar parafusos do molde		19	●					
31	Limpar superfície do molde e alimentador		8	●					
32	Afinar curso e correção	1,8	206	●					
33	Ir buscar cabeçote	3	5	●	●				

Figura 102 - Diagrama fase preliminar SMED ferramenta 2 da prensa (1 de 2)

Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento		Resumo			
Diagrama nº: 1	Folha nº: 2 de 2	Atividades	Atual	Proposto	Ganho
Produto: Reforço para prumo oposto		Operação ○	36		
Medida: 145x30x2 mm		Transporte ⇒	13		
Artigo nº: 139727		Controlo □	1		
Atividade: Setup Ferramenta N°2		Espera D	1		
Localização: Prensa da secção P01		Armazenagem ▽	0		
		Total			
Operadores: Domingos Oliveira		Distância (m)	87,3		
Método: Atual / Proposto		Tempo (s)	1450		
Diagrama por: Eric Costa	Data: 02-04-2012	Custo			
Aprovado por:	Data:	Mão-de-obra			
		Material			
		Total			

Nº	Descrição	Distância (m)	Tempo (s)	Símbolos					Obs.
				○	⇒	□	D	▽	
34	Colocar cabeçote no molde		18	●					
35	Ir buscar caixa de parafusos	5,7	16		●				
36	Apertar cabeçote		74	●					
37	Montar base superior do molde		78	●					
38	Pedir auxílio de outro operador	14	30					●	
39	Posicionar base superior no molde		25	●					
40	Afinar fecho do alimentador	1,8	215	●					
41	Colocar fixação superior direita		13	●					
42	Colocar fixação superior esquerda	1,8	10	●					
43	Apertar fixação superior esquerda		8	●					
44	Apertar fixação superior direita	1,8	9	●					
45	Arrumar ferramentas	5,7	12		●				
46	Afinar passo do alimentador	1,8	24	●					
47	Preparar máquina	1,8	9	●					
48	Testar passo		18	●					
49	Ir buscar peças	3,3	7		●				
50	Testar peças		98	●					
51	Fechar portas de segurança	1,8	9	●					
			Tempo Total (s)	1450					
			Tempo Total (min)	24,17					

Figura 103 - Diagrama fase preliminar SMED ferramenta 2 da prensa (2 de 2)

Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento				Resumo		
Diagrama nº: 1	Folha nº: 1 de 2					
Produto: Reforço para prumo oposto		Atividades	Atual	Proposto	Ganho	
Medida: 145x30x2 mm		Operação ○	23			
Artigo nº: 139727		Transporte ⇒	14			
Atividade: Setup Ferramenta N°3		Controlo □	1			
		Espera D	2			
Localização: Prensa da secção P01		Armazenagem ▽	0			
		Total				
Operadores: Domingos Oliveira		Distância (m)	95,35			
Método: Atual / Proposto		Tempo (s)	1146			
		Custo				
Diagrama por: Eric Costa	Data: 02-04-2012	Mão-de-obra				
Aprovado por:	Data:	Material				
		Total				

Nº	Descrição	Distância (m)	Tempo (s)	Símbolos					Obs.
				○	⇒	□	D	▽	
1	Desligar máquina	1,8	4	●					
2	Abrir portas de segurança	1,8	8	●					
3	Colocar peças produzidas na banca	3,3	51	●	●				
4	Colocar resíduos produzidos na sucata		65	●	●				
5	Ir buscar calculadora	6,3	9	●	●				
6	Calcular e registar quantidade de peças produzidas		17	●	●				
7	Ir buscar ferramentas	5,7	9	●	●				
8	Desapertar fixação superior direita		11	●	●				
9	Desapertar fixação superior esquerda	1,8	13	●	●				
10	Afinar abertura do alimentador	1,8	15	●	●				
11	Pedir auxílio de outro operador	14	27	●	●				
12	Remover base superior do molde		10	●	●				
13	Colocar base superior no carro	1,5	6	●	●				
14	Ir buscar ferramentas	3	6	●	●				
15	Desmontar base superior do molde		20	●	●				
16	Movimentar para junto da máquina	1,5	4	●	●				
17	Desmontar cabeçote		33	●	●				
18	Arrumar cabeçote no armário	4,65	12	●	●				
19	Ir buscar novo cabeçote	0,4	8	●	●				
20	Colocar cabeçote no molde	2	25	●	●				
21	Ir buscar caixa de parafusos	5,7	11	●	●				
22	Apertar cabeçote		63	●	●				
23	Movimentar para junto do carro	1,5	4	●	●				
24	Montar base superior do molde		96	●	●				
25	Movimentar para junto da máquina	1,5	4	●	●				
26	Afinar curso e correção	1,8	130	●	●				
27	Pedir auxílio de outro operador	14	30	●	●				
28	Posicionar base superior no molde	1,5	36	●	●				
29	Afinar fecho do alimentador	1,8	72	●	●				
30	Colocar fixação superior direita		13	●	●				
31	Colocar fixação superior esquerda	1,8	10	●	●				
32	Apertar fixação superior esquerda		8	●	●				
33	Apertar fixação superior direita	1,8	9	●	●				

Figura 104 - Diagrama fase preliminar SMED ferramenta 3 da prensa (1 de 2)

Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento				 SCHMITT+SOHN ELEVADORES					
Diagrama nº: 1		Folha nº: 2 de 2		Resumo					
Produto: Reforço para prumo oposto		Atividades		Atual	Proposto	Ganho			
Medida: 145x30x2 mm		Operação ○		23					
Artigo nº: 139727		Transporte ⇒		14					
Atividade: Setup Ferramenta N°3		Controlo □		1					
Localização: Prensa da secção P01		Espera D		2					
		Armazenagem ▽		0					
		Total							
Operadores: Domingos Oliveira		Distância (m)		95,35					
Método: Atual / Proposto		Tempo (s)		1146					
Diagrama por: Eric Costa		Data: 02-04-2012		Custo					
Aprovado por:		Data:		Mão-de-obra					
				Material					
				Total					
Nº	Descrição	Distância (m)	Tempo (s)	Símbolos					Obs.
				○	⇒	□	D	▽	
34	Arrumar ferramentas	5,7	12	●	●				
35	Afinar passo do alimentador	1,8	154	●	●				
36	Preparar máquina	1,8	9	●	●				
37	Testar passo		18	●	●				
38	Ir buscar peças	3,3	7	●	●				
39	Testar peças		98	●	●				
40	Fechar portas de segurança	1,8	9	●	●				
			Tempo Total (s)	1146					
			Tempo Total (min)	19,10					

Figura 105 - Diagrama fase preliminar SMED ferramenta 3 da prensa (2 de 2)

Anexo VII – Fase 1 SMED na Prensa

Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento				Resumo			
Diagrama nº: 2	Folha nº: 1 de 2						
Produto: Reforço para prumo oposto		Atividades	Atual	Proposto	Ganho		
Medida: 145x30x2 mm		Operação ○	34	32	2		
Artigo nº: 139727		Transporte →	12	0	12		
Atividade: Setup Ferramenta N°1		Controlo □	1	1	0		
		Espera D	0	0	0		
		Armazenagem ▽	1	0	1		
Localização: Prensa da secção P01		Total					
Operadores: Domingos Oliveira		Distância (m)	102	26,1	75,9		
Método: Atual / Proposto		Tempo (s)	1299	1050	249		
Diagrama por: Eric Costa	Data: 31-03-2012	Custo					
Aprovado por:	Data:	Mão-de-obra					
		Material					
		Total					

Nº	Descrição	Distância (m)	Tempo (s)	Símbolos					Obs.
				○	→	□	D	▽	
1	Desligar máquina	1,8	4	●					
2	Abrir portas de segurança	1,8	8	●					
3	Colocar peças produzidas na caixa		30	●					
4	Colocar resíduos produzidos na sucata		65	●					
5	Calcular e registar quantidade de peças produzidas		17	●					
6	Registar tempos de <i>setup</i> e tempos de produção		28	●					
7	Desapertar fixação superior direita		11	●					
8	Desapertar fixação superior esquerda	1,8	13	●					
9	Afinar abertura do alimentador	1,8	9	●					
10	Desapertar fixação inferior esquerda		11	●					
11	Desapertar fixação inferior direita	1,8	10	●					
12	Deslocar molde para a ponta da banca		4	●					
13	Colocar molde no carro		11	●					
14	Desmontar base superior do molde		31	●					
15	Montar base superior do novo molde		36	●					
16	Afinar curso e correção	1,8	228	●					
17	Limpar molde, banca e alimentador		16	●					
18	Colocar novo molde na banca		22	●					
19	Centrar molde		65	●					
20	Apertar fixação inferior esquerda à mão		9	●					
21	Apertar fixação inferior direita à mão	1,8	10	●					
22	Apertar fixação inferior esquerda com ferramenta		11	●					
23	Apertar fixação inferior direita com ferramenta	1,8	12	●					
24	Afinar fecho do alimentador	1,8	184	●					
25	Colocar fixação superior direita		13	●					
26	Colocar fixação superior esquerda	1,8	10	●					
27	Apertar fixação superior esquerda		8	●					
28	Apertar fixação superior direita	1,8	9	●					
29	Afinar passo do alimentador	1,8	31	●					
30	Preparar máquina	1,8	9	●					
31	Testar passo	0,9	18	●					
32	Testar peças		98	●	→				
33	Fechar portas de segurança	1,8	9	●					

Figura 106 - Diagrama fase 1 SMED ferramenta 1 da prensa (1 de 2)

Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento				 SCHMITT+SOHN ELEVADORES					
Diagrama n°: 2		Folha n°: 2 de 2		Resumo					
Produto: Reforço para prumo oposto		Atividades		Atual	Proposto	Ganho			
Medida: 145x30x2 mm		Operação	○	34	32	2			
Artigo n°: 139727		Transporte	⇒	12	0	12			
Atividade: Setup Ferramenta N°1		Controlo	□	1	1	0			
Localização: Prensa da secção P01		Espera	D	0	0	0			
		Armazenagem	▽	1	0	1			
		Total							
Operadores: Domingos Oliveira		Distância (m)		102	26,1	75,9			
Método: Atual / Proposto		Tempo (s)		1299	1050	249			
Diagrama por: Eric Costa		Data: 31-03-2012	Custo						
Aprovado por:		Data:	Mão-de-obra						
			Material						
			Total						
N°	Descrição	Distância (m)	Tempo (s)	Símbolos					Obs.
				○	⇒	□	D	▽	
			Tempo Total (s)	1050					
			Tempo Total (min)	17,50					

Figura 107 – Diagrama fase 1 SMED ferramenta 1 da prensa (2 de 2)

Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento		Resumo			
Diagrama nº: 2	Folha nº: 1 de 2				
Produto: Reforço para prumo oposto		Atividades	Atual	Proposto	Ganho
Medida: 145x30x2 mm		Operação ○	36	32	4
Artigo nº: 139727		Transporte ⇒	13	1	12
Atividade: Setup Ferramenta N°2		Controlo □	1	1	0
		Espera D	1	1	0
Localização: Prensa da secção P01		Armazenagem ▽	0	0	0
		Total			
Operadores: Domingos Oliveira		Distância (m)	87,3	42,5	44,8
Método: <u>Atual</u> / Proposto		Tempo (s)	1450	1137	313
Diagrama por:	Data:	Custo			
Eric Costa	02-04-2012	Mão-de-obra			
Aprovado por:	Data:	Material			
		Total			

Nº	Descrição	Distância (m)	Tempo (s)	Símbolos					Obs.
				○	⇒	□	D	▽	
1	Desligar máquina	1,8	4	●					
2	Abrir portas de segurança	1,8	8	●	●				
3	Colocar peças produzidas na banca	3,3	51	●	●				
4	Colocar resíduos produzidos na sucata		65	●	●				
5	Calcular e registar quantidade de peças produzidas		17	●					
6	Desapertar fixação superior direita		11	●					
7	Desapertar fixação superior esquerda	1,8	13	●					
8	Afinar abertura do alimentador	1,8	15	●					
9	Desapertar fixação inferior esquerda		11	●					
10	Desapertar fixação inferior direita	1,8	12	●					
11	Deslocar molde para a ponta da banca		6	●					
12	Colocar molde no carro		13	●					
13	Desmontar base superior do molde		31	●					
14	Limpar banca		7	●					
15	Colocar novo molde na banca		9	●					
16	Centrar molde		65	●					
17	Apertar fixação inferior esquerda à mão		9	●					
18	Apertar fixação inferior direita à mão	1,8	11	●					
19	Apertar fixação inferior esquerda com ferramenta		11	●					
20	Apertar fixação inferior direita com ferramenta	1,8	12	●					
21	Limpar alimentador		4	●					
22	Afinar curso e correção	1,8	206	●					
23	Montar base superior do novo molde		78	●	●				
24	Pedir auxílio de outro operador	14	30	●	●				
25	Posicionar base superior no molde		25	●	●				
26	Afinar fecho do alimentador	1,8	215	●					
27	Colocar fixação superior direita		13	●					
28	Colocar fixação superior esquerda	1,8	10	●					
29	Apertar fixação superior esquerda		8	●					
30	Apertar fixação superior direita	1,8	9	●					
31	Afinar passo do alimentador	1,8	24	●					
32	Preparar máquina	1,8	9	●					
33	Testar passo		18	●					

Figura 108 - Diagrama fase 1 SMED ferramenta 2 da prensa (1 de 2)

Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento									
Diagrama n°: 2		Folha n°: 2 de 2		Resumo					
Produto: Reforço para prumo oposto		Atividades		Atual	Proposto	Ganho			
Medida: 145x30x2 mm		Operação ○		36	32	4			
Artigo n°: 139727		Transporte ⇒		13	1	12			
Atividade: Setup Ferramenta N°2		Controlo □		1	1	0			
Localização: Prensa da secção P01		Espera D		1	1	0			
		Armazenagem ▽		0	0	0			
		Total							
Operadores: Domingos Oliveira		Distância (m)		87,3	42,5	44,8			
Método: Atual / Proposto		Tempo (s)		1450	1137	313			
Diagrama por: Eric Costa		Data: 02-04-2012		Custo					
Aprovado por:		Data:		Mão-de-obra					
				Material					
				Total					
N°	Descrição	Distância (m)	Tempo (s)	Símbolos					Obs.
				○	⇒	□	D	▽	
34	Testar peças		98						
35	Fechar portas de segurança	1,8	9						
			Tempo Total (s)	1137					
			Tempo Total (min)	18,95					

Figura 109 - Diagrama fase 1 SMED ferramenta 2 da prensa (2 de 2)

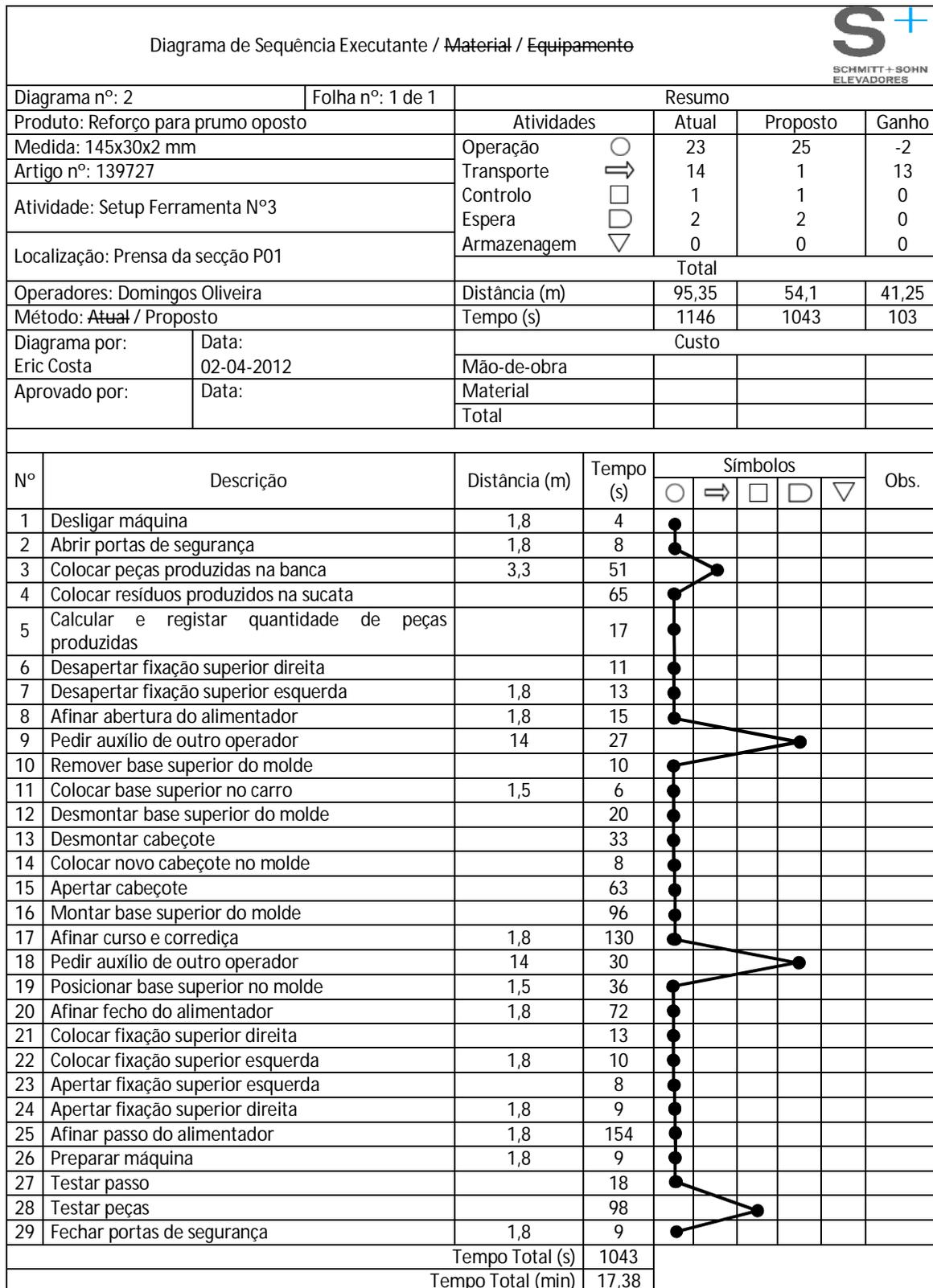


Figura 110 - Diagrama fase 1 SMED ferramenta 3 da prensa

Anexo VIII – Checklist da Fase 1 SMED da Prensa

Checklist de Operações Externas de Setup	
Secção: P01	
Máquina: Prensa CC100	
Produto:	
Código do Produto:	
Data:	
ANTES de desligar a máquina	
Material Necessário:	
Capa com folhas de registo de tempos	
Calculadora	
Carro com caixa para peças	
Carro de transporte com novo molde	
Chaves umbraco	
Chave de lunetas	
Tubo	
Matéria-prima para teste	
DEPOIS de ligar a máquina	
Material para Arrumar:	
Capa com folhas de registo de tempos	
Calculadora	
Carro com caixa para peças	
Molde antigo	
Carro de transporte	
Chaves umbraco	
Chave de lunetas	
Tubo	
Assinatura:	

Figura 111 - Checklist fase 1 SMED da prensa

Anexo IX – Fase 2 SMED na Prensa

Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento				Resumo		
Diagrama nº: 3	Folha nº: 1 de 1					
Produto: Reforço para prumo oposto		Atividades	Atual	Proposto	Ganho	
Medida: 145x30x2 mm		Operação ○	32	30	2	
Artigo nº: 139727		Transporte ⇒	0	0	0	
Atividade: Setup Ferramenta N°1		Controlo □	1	1	0	
		Espera D	0	0	0	
Localização: Prensa da secção P01		Armazenagem ▽	0	0	0	
		Total				
Operadores: Domingos Oliveira		Distância (m)	26,1	26,1	0	
Método: Atual / Proposto		Tempo (s)	1050	977	73	
Diagrama por: Eric Costa	Data: 02-04-2012	Custo				
Aprovado por:	Data:	Mão-de-obra				
		Material				
		Total				

Nº	Descrição	Distância (m)	Tempo (s)	Símbolos					Obs.
				○	⇒	□	D	▽	
1	Desligar máquina	1,8	4	●					
2	Abrir portas de segurança	1,8	8	●					
3	Colocar peças produzidas na caixa		30	●					
4	Colocar resíduos produzidos na sucata		65	●					
5	Calcular e registar quantidade de peças produzidas		17	●					
6	Registar tempos de <i>setup</i> e tempos de produção		28	●					
7	Desapertar fixação superior direita		11	●					
8	Desapertar fixação superior esquerda	1,8	13	●					
9	Afinar abertura do alimentador	1,8	9	●					
10	Desapertar fixação inferior esquerda		11	●					
11	Desapertar fixação inferior direita	1,8	10	●					
12	Deslocar molde para a ponta da banca		4	●					
13	Colocar molde no carro		11	●					
14	Afinar curso e corrediça	1,8	228	●					
15	Limpar banca e alimentador		10	●					
16	Colocar novo molde na banca		22	●					
17	Centrar molde		65	●					
18	Apertar fixação inferior esquerda à mão		9	●					
19	Apertar fixação inferior direita à mão	1,8	10	●					
20	Apertar fixação inferior esquerda com ferramenta		11	●					
21	Apertar fixação inferior direita com ferramenta	1,8	12	●					
22	Afinar fecho do alimentador	1,8	184	●					
23	Colocar fixação superior direita		13	●					
24	Colocar fixação superior esquerda	1,8	10	●					
25	Apertar fixação superior esquerda		8	●					
26	Apertar fixação superior direita	1,8	9	●					
27	Afinar passo do alimentador	1,8	31	●					
28	Preparar máquina	1,8	9	●					
29	Testar passo	0,9	18	●					
30	Testar peças		98	●	●				
31	Fechar portas de segurança	1,8	9	●					
			Tempo Total (s)	977					
			Tempo Total (min)	16,28					

Figura 112 - Diagrama fase 2 SMED ferramenta 1 da prensa

Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento		Resumo			
Diagrama nº: 3	Folha nº: 1 de 2		Atual	Proposto	Ganho
Produto: Reforço para prumo oposto		Atividades			
Medida: 145x30x2 mm		Operação ○	32	30	2
Artigo nº: 139727		Transporte ⇒	1	1	0
Atividade: Setup Ferramenta N°2		Controlo □	1	1	0
		Espera D	1	1	0
		Armazenagem ▽	0	0	0
Localização: Prensa da secção P01		Total			
Operadores: Domingos Oliveira		Distância (m)	42,5	42,5	0
Método: Atual / Proposto		Tempo (s)	1137	1028	109
Diagrama por:	Data:	Custo			
Eric Costa	02-04-2012	Mão-de-obra			
Aprovado por:	Data:	Material			
		Total			

Nº	Descrição	Distância (m)	Tempo (s)	Símbolos					Obs.
				○	⇒	□	D	▽	
1	Desligar máquina	1,8	4	●					
2	Abrir portas de segurança	1,8	8	●	●				
3	Colocar peças produzidas na banca	3,3	51	●	●				
4	Colocar resíduos produzidos na sucata		65	●					
5	Calcular e registar quantidade de peças produzidas		17	●					
6	Desapertar fixação superior direita		11	●					
7	Desapertar fixação superior esquerda	1,8	13	●					
8	Afinar abertura do alimentador	1,8	15	●					
9	Desapertar fixação inferior esquerda		11	●					
10	Desapertar fixação inferior direita	1,8	12	●					
11	Deslocar molde para a ponta da banca		6	●					
12	Colocar molde no carro		13	●					
13	Limpar banca		7	●					
14	Colocar novo molde na banca		9	●					
15	Centrar molde		65	●					
16	Apertar fixação inferior esquerda à mão		9	●					
17	Apertar fixação inferior direita à mão	1,8	11	●					
18	Apertar fixação inferior esquerda com ferramenta		11	●					
19	Apertar fixação inferior direita com ferramenta	1,8	12	●					
20	Limpar alimentador		4	●					
21	Afinar curso e corredeira	1,8	206	●	●				
22	Pedir auxílio de outro operador	14	30	●	●				
23	Posicionar base superior no molde		25	●					
24	Afinar fecho do alimentador	1,8	215	●					
25	Colocar fixação superior direita		13	●					
26	Colocar fixação superior esquerda	1,8	10	●					
27	Apertar fixação superior esquerda		8	●					
28	Apertar fixação superior direita	1,8	9	●					
29	Afinar passo do alimentador	1,8	24	●					
30	Preparar máquina	1,8	9	●					
31	Testar passo		18	●					
32	Testar peças		98	●	●				
33	Fechar portas de segurança	1,8	9	●					

Figura 113 - Diagrama fase 2 SMED ferramenta 2 da prensa (1 de 2)



Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento									
Diagrama n°: 3	Folha n°: 2 de 2	Resumo							
Produto: Reforço para prumo oposto		Atividades	Atual	Proposto	Ganho				
Medida: 145x30x2 mm		Operação ○	32	30	2				
Artigo n°: 139727		Transporte ⇒	1	1	0				
Atividade: Setup Ferramenta N°2		Controlo □	1	1	0				
		Espera □	1	1	0				
Localização: Prensa da secção P01		Armazenagem ▽	0	0	0				
	Total								
Operadores: Domingos Oliveira		Distância (m)	42,5	42,5	0				
Método: Atual / Proposto		Tempo (s)	1137	1028	109				
Diagrama por: Eric Costa	Data: 02-04-2012	Custo							
Aprovado por:	Data:	Mão-de-obra							
		Material							
		Total							
N°	Descrição	Distância (m)	Tempo (s)	Símbolos					Obs.
				○	⇒	□	□	▽	
			Tempo Total (s)	1028					
			Tempo Total (min)	17,13					

Figura 114 - Diagrama fase 2 SMED ferramenta 2 da prensa (2 de 2)

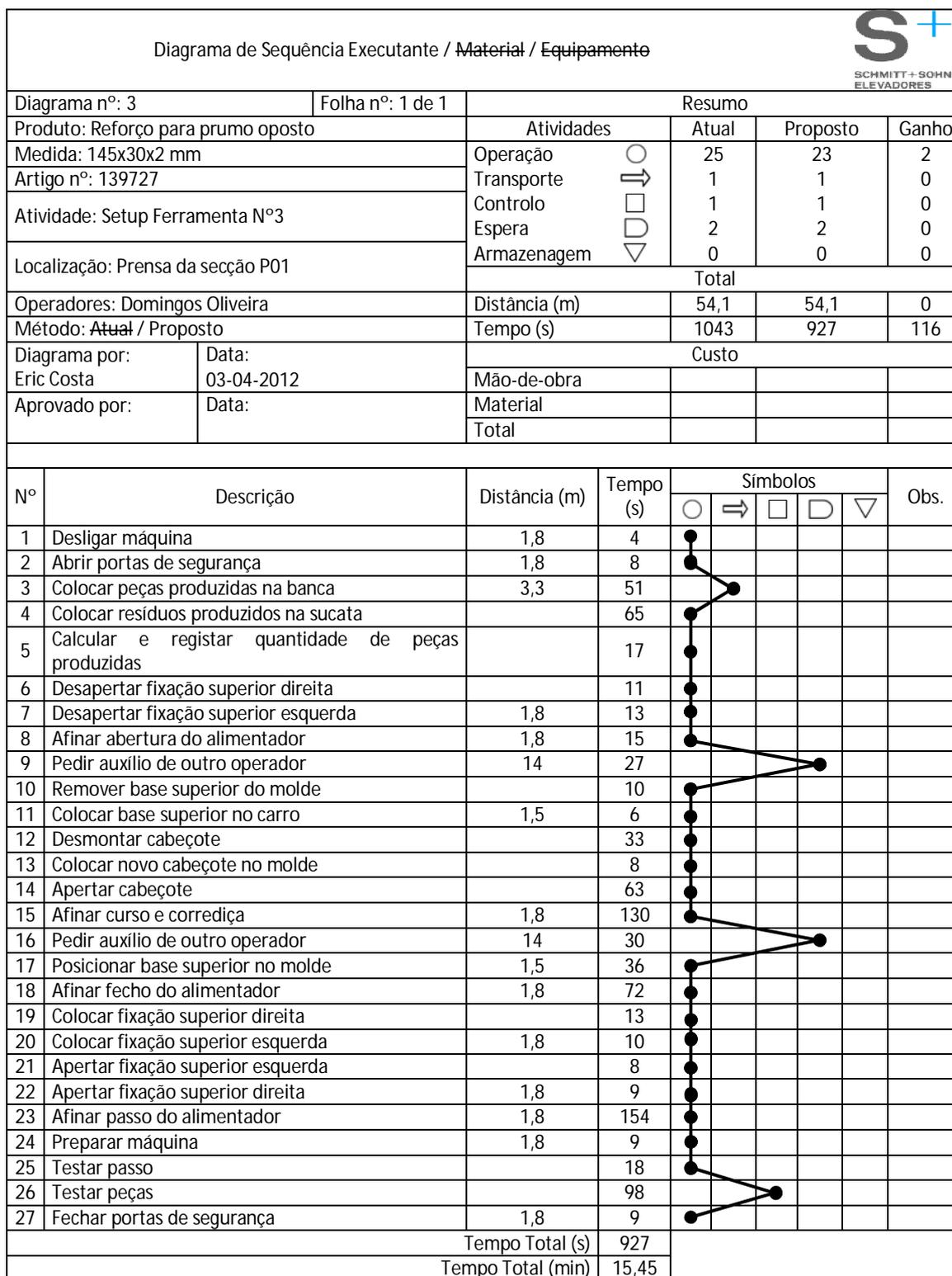


Figura 115 - Diagrama fase 2 SMED ferramenta 3 da prensa

Anexo X – Checklist da Fase 2 SMED da Prensa

Checklist de Operações Externas de Setup	
Secção: P01	
Máquina: Prensa CC100	
Produto:	
Código do Produto:	
Data:	
ANTES de desligar a máquina	
Material Necessário:	
Capa com folhas de registo de tempos	
Calculadora	
Carro com caixa para peças	
Carro de transporte com novo molde	
Chaves umbraco	
Chave de lunetas	
Tubo	
Matéria-prima para teste	
Base superior	
Outras Operações:	
Montar base superior no novo molde	
DEPOIS de ligar a máquina	
Material para Arrumar:	
Capa com folhas de registo de tempos	
Calculadora	
Carro com caixa para peças	
Molde antigo	
Carro de transporte	
Chaves umbraco	
Chave de lunetas	
Tubo	
Base superior	
Outras Operações:	
Desmontar base superior do molde antigo	
Assinatura:	

Figura 116 - Checklist fase 2 SMED da prensa

Anexo XI – Fase 3 SMED na Prensa

Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento				Resumo					
Diagrama nº: 4	Folha nº: 1 de 1								
Produto: Reforço para prumo oposto		Atividades	Atual	Proposto	Ganho				
Medida: 145x30x2 mm		Operação ○	30	26	4				
Artigo nº: 139727		Transporte ⇒	0	0	0				
Atividade: Setup Ferramenta N°1		Controlo □	1	1	0				
		Espera D	0	0	0				
		Armazenagem ▽	0	0	0				
Localização: Prensa da secção P01		Total							
Operadores: Domingos Oliveira		Distância (m)	26,1	22,5	3,6				
Método: Atual / Proposto		Tempo (s)	977	454	523				
Diagrama por: Eric Costa	Data: 24-05-2012	Custo							
Aprovado por:	Data:	Mão-de-obra							
		Material							
		Total							
Nº	Descrição	Distância (m)	Tempo (s)	Símbolos					Obs.
				○	⇒	□	D	▽	
1	Desligar máquina	1,8	4	●					
2	Abrir portas de segurança	1,8	8	●					
3	Colocar peças produzidas na caixa		30	●					
4	Colocar resíduos produzidos na sucata		65	●					
5	Calcular e registar quantidade de peças produzidas		17	●					
6	Registar tempos de <i>setup</i> e tempos de produção		28	●					
7	Desapertar fixação superior direita		11	●					
8	Desapertar fixação superior esquerda	1,8	13	●					
9	Afinar abertura do alimentador	1,8	9	●					
10	Desapertar fixação inferior esquerda		6	●					
11	Desapertar fixação inferior direita	1,8	7	●					
12	Deslocar molde para a ponta da banca		4	●					
13	Colocar molde no carro		11	●					
14	Selecionar ferramenta e afinar fecho do alimentador	1,8	80	●					
15	Limpar banca e alimentador		10	●					
16	Colocar novo molde na banca		22	●					
17	Apertar fixação inferior esquerda		6	●					
18	Apertar fixação inferior direita	1,8	7	●					
19	Colocar fixação superior direita		13	●					
20	Colocar fixação superior esquerda	1,8	10	●					
21	Apertar fixação superior esquerda		8	●					
22	Apertar fixação superior direita	1,8	9	●					
23	Afinar passo do alimentador	1,8	15	●					
24	Preparar máquina	1,8	9	●					
25	Testar passo	0,9	18	●					
26	Testar peças		25	●	●				
27	Fechar portas de segurança	1,8	9	●					
			Tempo Total (s)	454					
			Tempo Total (min)	7,57					

Figura 117 - Diagrama fase 3 SMED ferramenta 1 da prensa

Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento		Resumo			
Diagrama nº: 4	Folha nº: 1 de 1		Atual	Proposto	Ganho
Produto: Reforço para prumo oposto		Atividades			
Medida: 145x30x2 mm		Operação ○	30	26	4
Artigo nº: 139727		Transporte ⇒	1	1	0
Atividade: Setup Ferramenta N°2		Controlo □	1	1	0
		Espera D	1	1	0
		Armazenagem ▽	0	0	0
Localização: Prensa da secção P01		Total			
Operadores: Domingos Oliveira		Distância (m)	42,5	38,9	3,6
Método: Atual / Proposto		Tempo (s)	1028	476	552
Diagrama por:	Data:	Custo			
Eric Costa	25-05-2012	Mão-de-obra			
Aprovado por:	Data:	Material			
		Total			

Nº	Descrição	Distância (m)	Tempo (s)	Símbolos					Obs.
				○	⇒	□	D	▽	
1	Desligar máquina	1,8	4	●					
2	Abrir portas de segurança	1,8	8	●	●				
3	Colocar peças produzidas na banca	3,3	51	●	●				
4	Colocar resíduos produzidos na sucata		65	●					
5	Calcular e registar quantidade de peças produzidas		17	●					
6	Desapertar fixação superior direita		11	●					
7	Desapertar fixação superior esquerda	1,8	13	●					
8	Afinar abertura do alimentador	1,8	15	●					
9	Desapertar fixação inferior esquerda		6	●					
10	Desapertar fixação inferior direita	1,8	7	●					
11	Deslocar molde para a ponta da banca		6	●					
12	Colocar molde no carro		13	●					
13	Limpar banca		7	●					
14	Colocar novo molde na banca		9	●					
15	Apertar fixação inferior esquerda		6	●					
16	Apertar fixação inferior direita	1,8	7	●					
17	Limpar alimentador		4	●					
18	Selecionar ferramenta e afinar fecho do alimentador	1,8	57	●	●				
19	Pedir auxílio de outro operador	14	30	●	●				
20	Posicionar base superior no molde		25	●					
21	Colocar fixação superior direita		13	●					
22	Colocar fixação superior esquerda	1,8	10	●					
23	Apertar fixação superior esquerda		8	●					
24	Apertar fixação superior direita	1,8	9	●					
25	Afinar passo do alimentador	1,8	14	●					
26	Preparar máquina	1,8	9	●					
27	Testar passo		18	●	●				
28	Testar peças		25	●	●				
29	Fechar portas de segurança	1,8	9	●	●				
			Tempo Total (s)	476					
			Tempo Total (min)	7,93					

Figura 118 - Diagrama fase 3 SMED ferramenta 2 da prensa

Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento		Resumo			
Diagrama nº: 4	Folha nº: 1 de 1				
Produto: Reforço para prumo oposto		Atividades	Atual	Proposto	Ganho
Medida: 145x30x2 mm		Operação ○	23	22	1
Artigo nº: 139727		Transporte ⇒	1	1	0
Atividade: Setup Ferramenta N°3		Controlo □	1	1	0
		Espera D	2	2	0
Localização: Prensa da secção P01		Armazenagem ▽	0	0	0
Total					
Operadores: Domingos Oliveira		Distância (m)	54,1	52,3	1,8
Método: Atual / Proposto		Tempo (s)	927	543	384
Diagrama por:		Custo			
Eric Costa	Data: 26-05-2012	Mão-de-obra			
Aprovado por:	Data:	Material			
		Total			

Nº	Descrição	Distância (m)	Tempo (s)	Símbolos					Obs.
				○	⇒	□	D	▽	
1	Desligar máquina	1,8	4	●					
2	Abrir portas de segurança	1,8	8	●					
3	Colocar peças produzidas na banca	3,3	51	●	●				
4	Colocar resíduos produzidos na sucata		65	●					
5	Calcular e registar quantidade de peças produzidas		17	●					
6	Desapertar fixação superior direita		11	●					
7	Desapertar fixação superior esquerda	1,8	13	●					
8	Afinar abertura do alimentador	1,8	15	●					
9	Pedir auxílio de outro operador	14	27	●	●				
10	Remover base superior do molde		10	●					
11	Colocar base superior no carro	1,5	6	●					
12	Desmontar cabeçote		33	●					
13	Colocar novo cabeçote no molde		8	●					
14	Apertar cabeçote		63	●					
15	Selecionar ferramenta e afinar fecho do alimentador	1,8	28	●					
16	Pedir auxílio de outro operador	14	30	●	●				
17	Posicionar base superior no molde	1,5	36	●					
18	Colocar fixação superior direita		13	●					
19	Colocar fixação superior esquerda	1,8	10	●					
20	Apertar fixação superior esquerda		8	●					
21	Apertar fixação superior direita	1,8	9	●					
22	Afinar passo do alimentador	1,8	17	●					
23	Preparar máquina	1,8	9	●					
24	Testar passo		18	●					
25	Testar peças		25	●	●				
26	Fechar portas de segurança	1,8	9	●					
			Tempo Total (s)	543					
			Tempo Total (min)	9,05					

Figura 119 - Diagrama fase 3 SMED ferramenta 3 da prensa

Anexo XII – Normalização dos Processos de *Setup* da Prensa

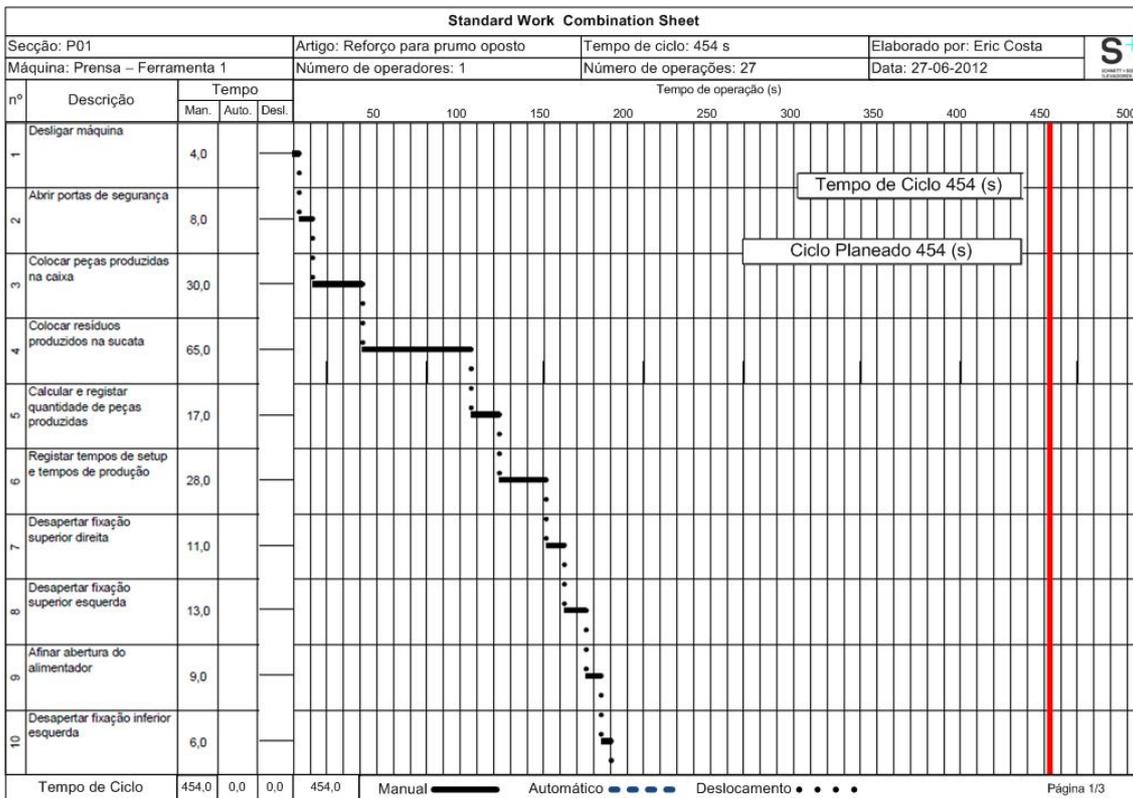


Figura 120 - Standard Work Combination Sheet ferramenta 1 da prensa (1 de 3)

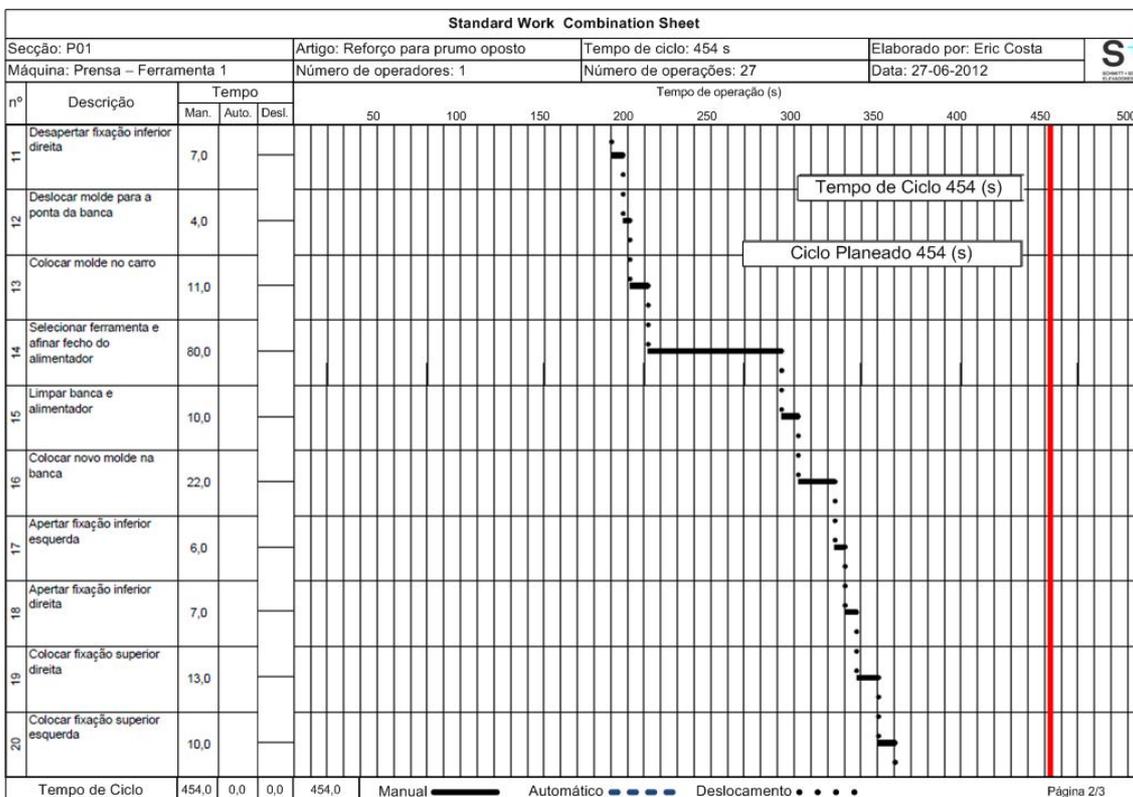


Figura 121 - Standard Work Combination Sheet ferramenta 1 da prensa (2 de 3)

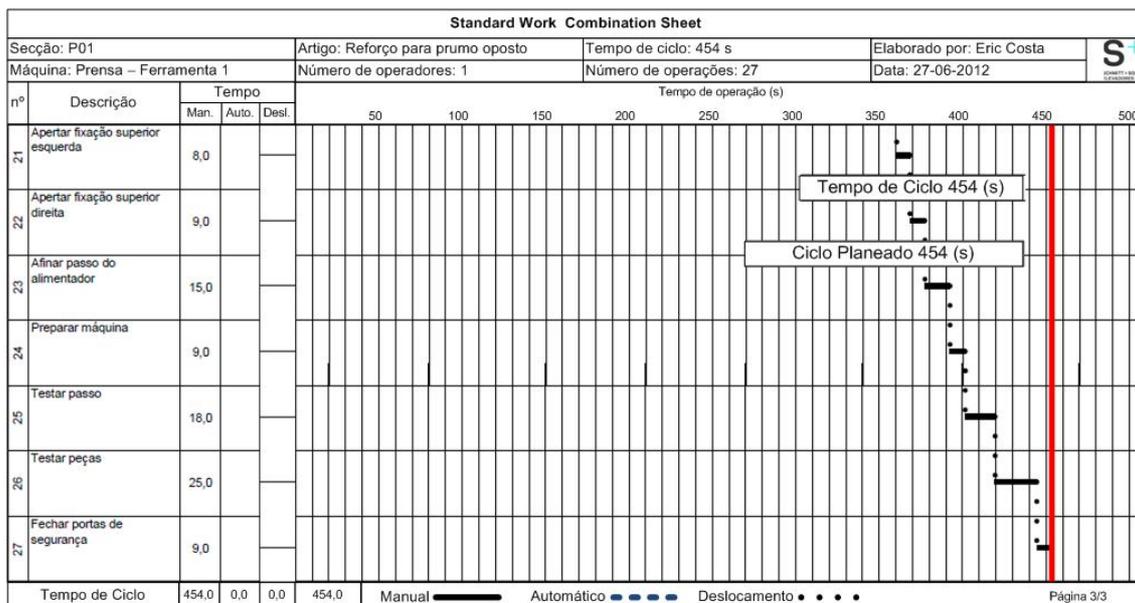


Figura 122 - Standard Work Combination Sheet ferramenta 1 da prensa (3 de 3)

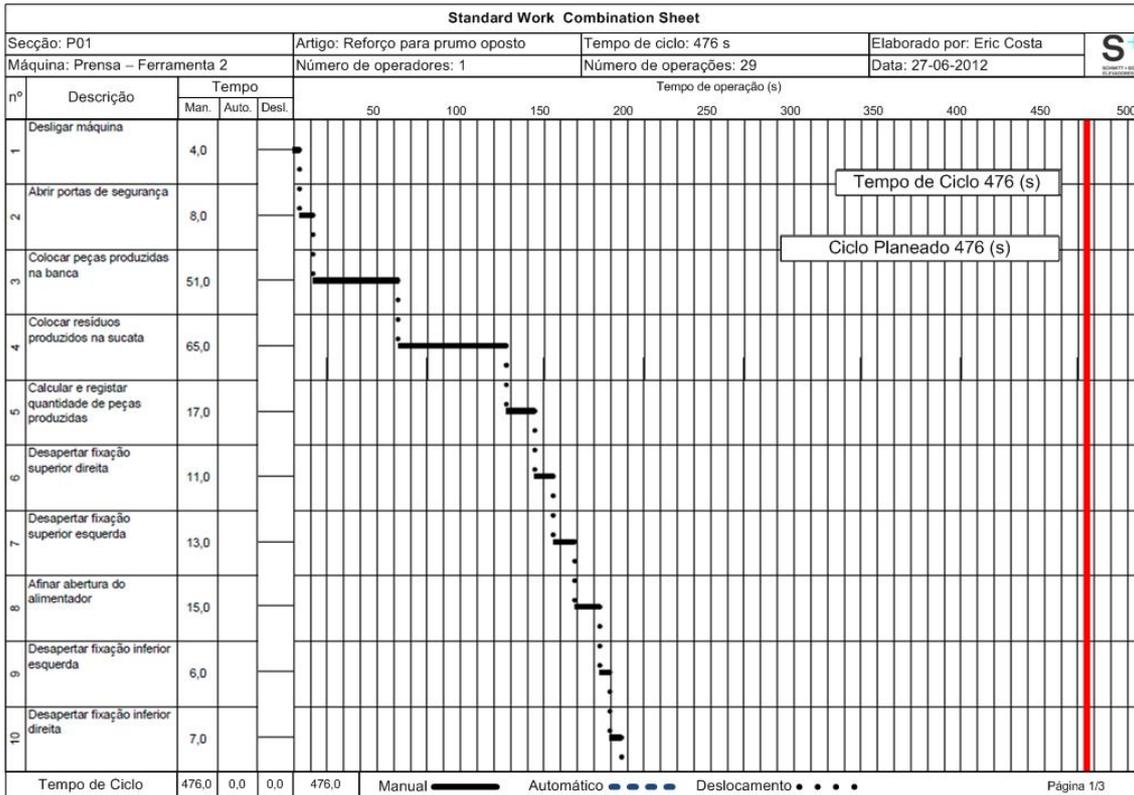


Figura 123 - Standard Work Combination Sheet ferramenta 2 da prensa (1 de 3)

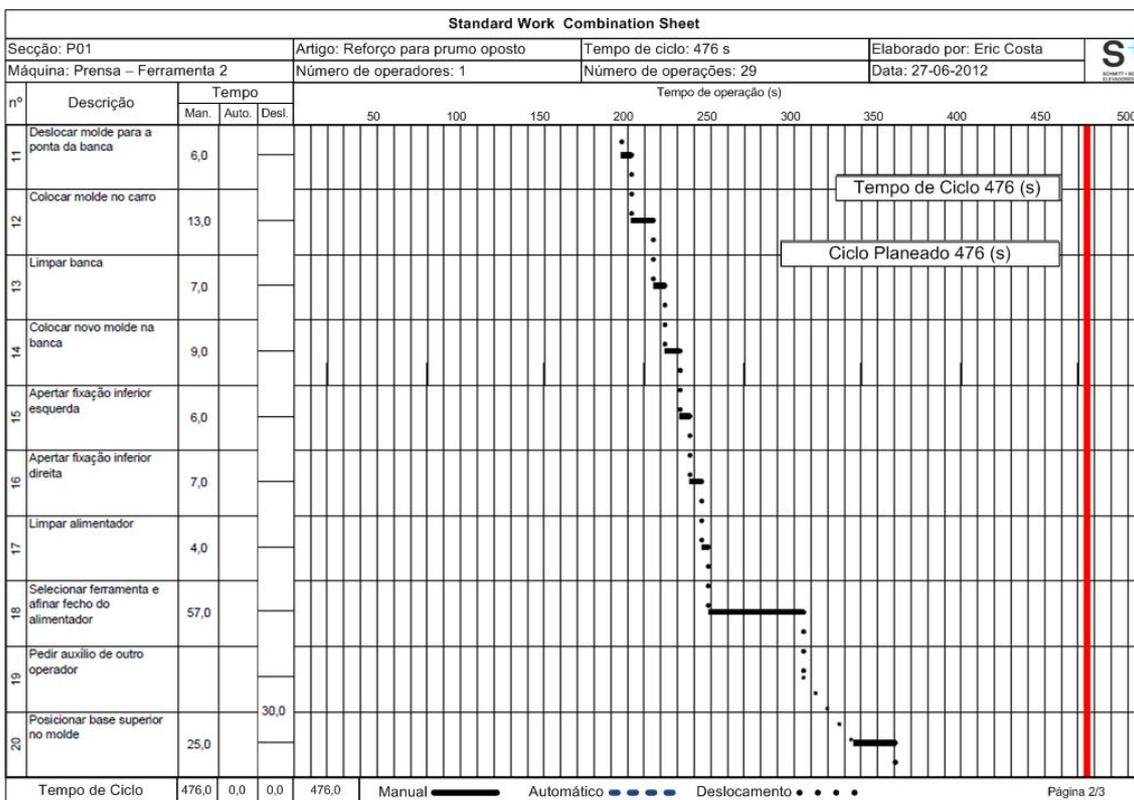


Figura 124 - Standard Work Combination Sheet ferramenta 2 da prensa (2 de 3)

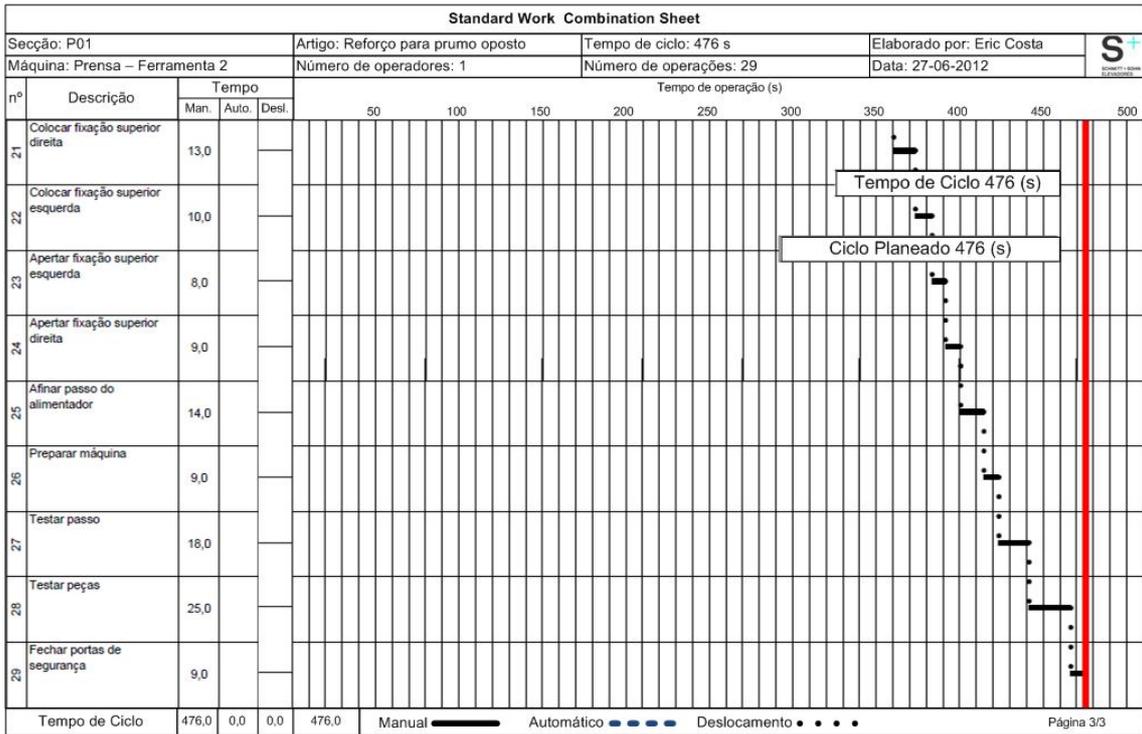


Figura 125 - Standard Work Combination Sheet ferramenta 2 da prensa (3 de 3)

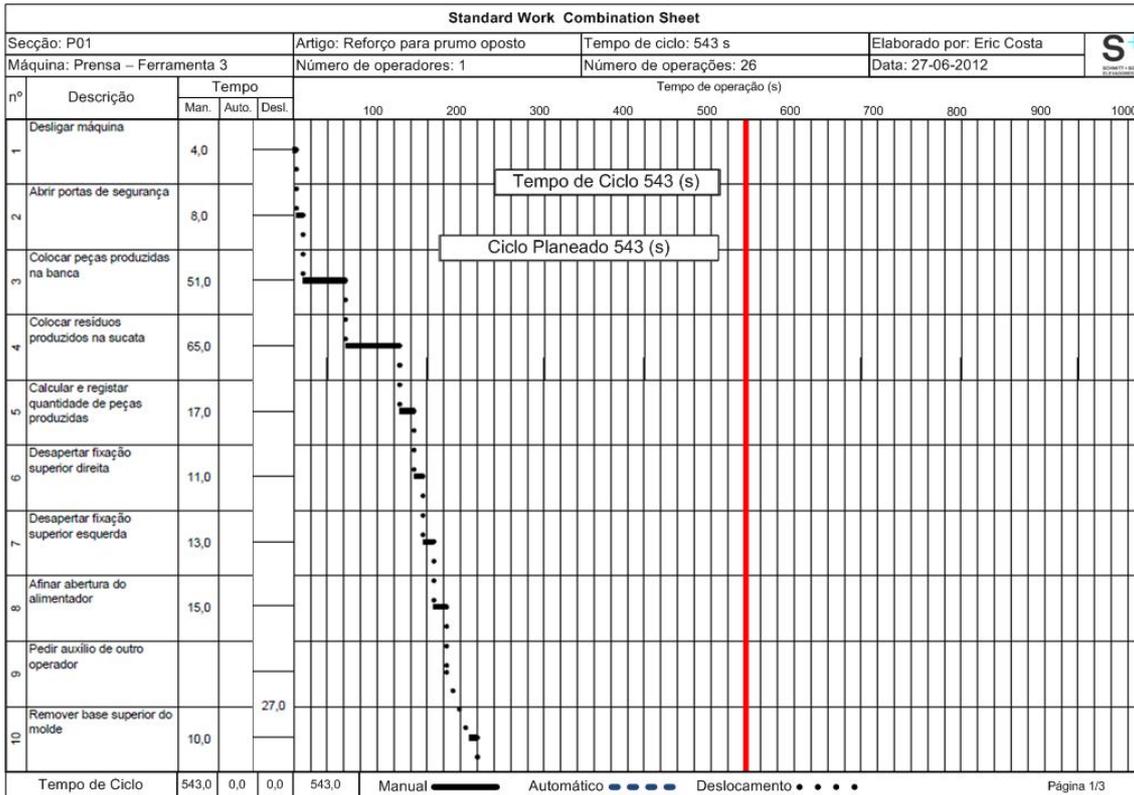


Figura 126 - Standard Work Combination Sheet ferramenta 3 da prensa (1 de 3)

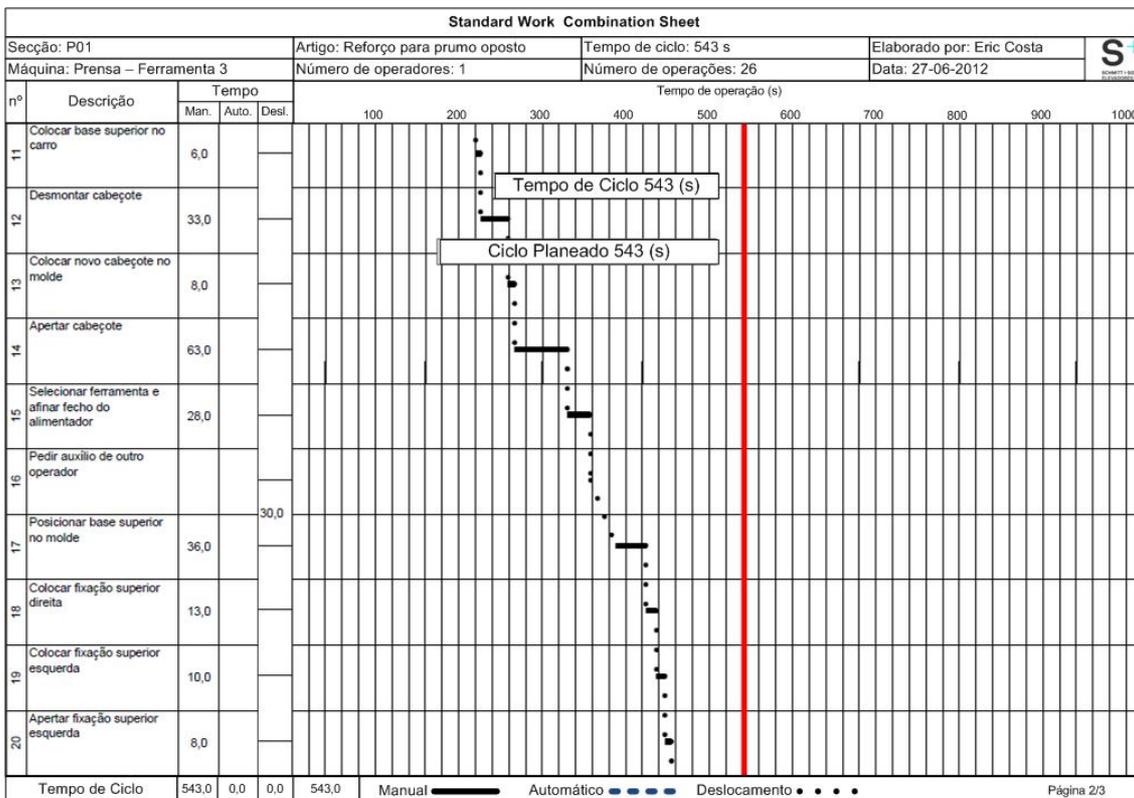


Figura 127 - Standard Work Combination Sheet ferramenta 3 da prensa (2 de 3)

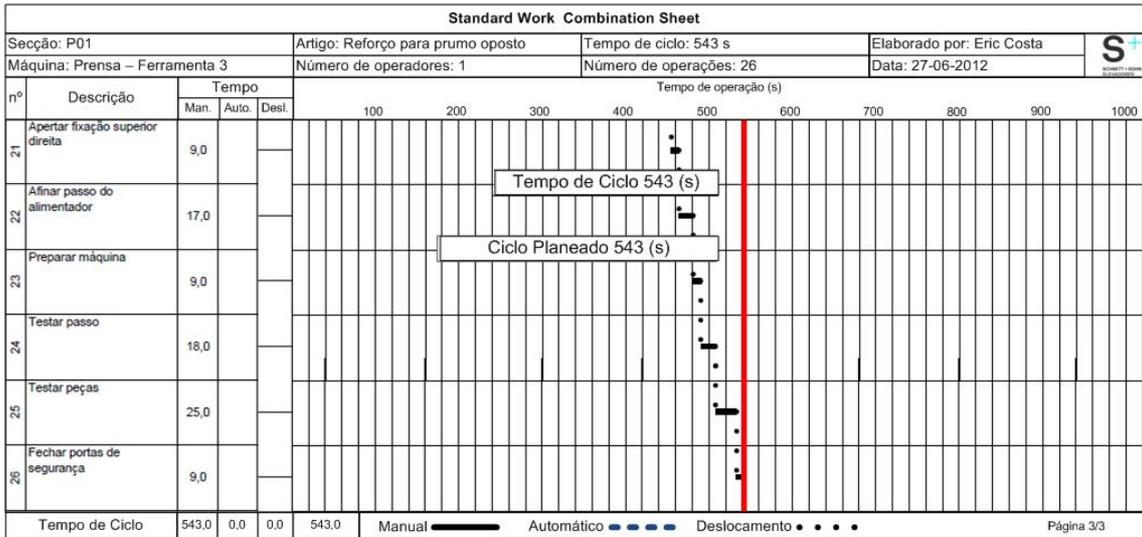


Figura 128 - Standard Work Combination Sheet ferramenta 3 da prensa (3 de 3)

Anexo XIII – Fase Preliminar SMED na Puncionadora

Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento				S+ SCHMITT+SOHN ELEVADORES	
Diagrama nº: 1	Folha nº: 1 de 3	Resumo			
Produto: Painel em lampre		Atividades	Atual	Proposto	Ganho
Medida: Variável		Operação ○	67		
Artigo nº: Variável		Transporte ⇒	17		
Atividade: Setup de Cabines		Controlo □	3		
		Espera D	0		
Localização: Puncionadora da secção P01		Armazenagem ▽	0		
		Total			
Operadores: Carlos Gomes		Distância (m)	136,7		
Método: Atual / Proposto		Tempo (s)	906		
Diagrama por: Eric Costa	Data: 21-05-2012	Custo			
Aprovado por:	Data:	Mão-de-obra			
		Material			
		Total			

Nº	Descrição	Distância (m)	Tempo (s)	Símbolos					Obs.
				○	⇒	□	D	▽	
1	Ir buscar empilhador	14,6	15						
2	Movimentar palete para junto da máquina	10,6	10						
3	Colocar pedaços de madeira em cima do carro	3,5	20						
4	Movimentar carro para junto da máquina	3,5	8						
5	Colocar palete em cima do carro	1,5	74						
6	Arrumar empilhador	10,6	19						
7	Movimentar carro para junto da banca	4	14						
8	Movimentar para junto da máquina	3,3	7						
9	Abrir porta da torreta		3						
10	Validar informação no painel de controlo	1,7	4						
11	Retirar matriz e punção da posição 14		11						
12	Ir buscar duas matrizes e dois punções ao armário	7,2	18						
13	Colocar punção na posição 14		4						
14	Acrescentar anilhas na matriz	1,1	7						
15	Colocar matriz na posição 14	1,1	9						
16	Retirar base de matriz da posição 17		4						
17	Colocar punção na posição 17		3						
18	Acrescentar anilhas na matriz	1,1	8						
19	Colocar matriz na posição 17	1,1	9						
20	Retirar matriz e punção da posição 18		5						
21	Arrumar matriz e punção da posição 18 e antiga matriz e punção da posição 14	3,6	7						
22	Trazer e colocar punção na posição 18	3,6	10						
23	Acrescentar anilhas na matriz	1,1	12						
24	Colocar matriz na posição 18	1,1	7						
25	Ir buscar ferramentas	2,2	9						
26	Desapertar AUTO INDEX da posição 1		22						
27	Retirar matriz e punção da posição 1		10						
28	Ir buscar matriz e punção ao armário	7,2	9						
29	Colocar punção na posição 1		2						
30	Colocar matriz na posição 1		6						
31	Apertar AUTO INDEX da posição 1		24						
32	Retirar base de matriz da posição 3		4						
33	Retirar matriz e punção da posição 4		5						

Figura 129 - Diagrama fase preliminar SMED da puncionadora (1 de 3)

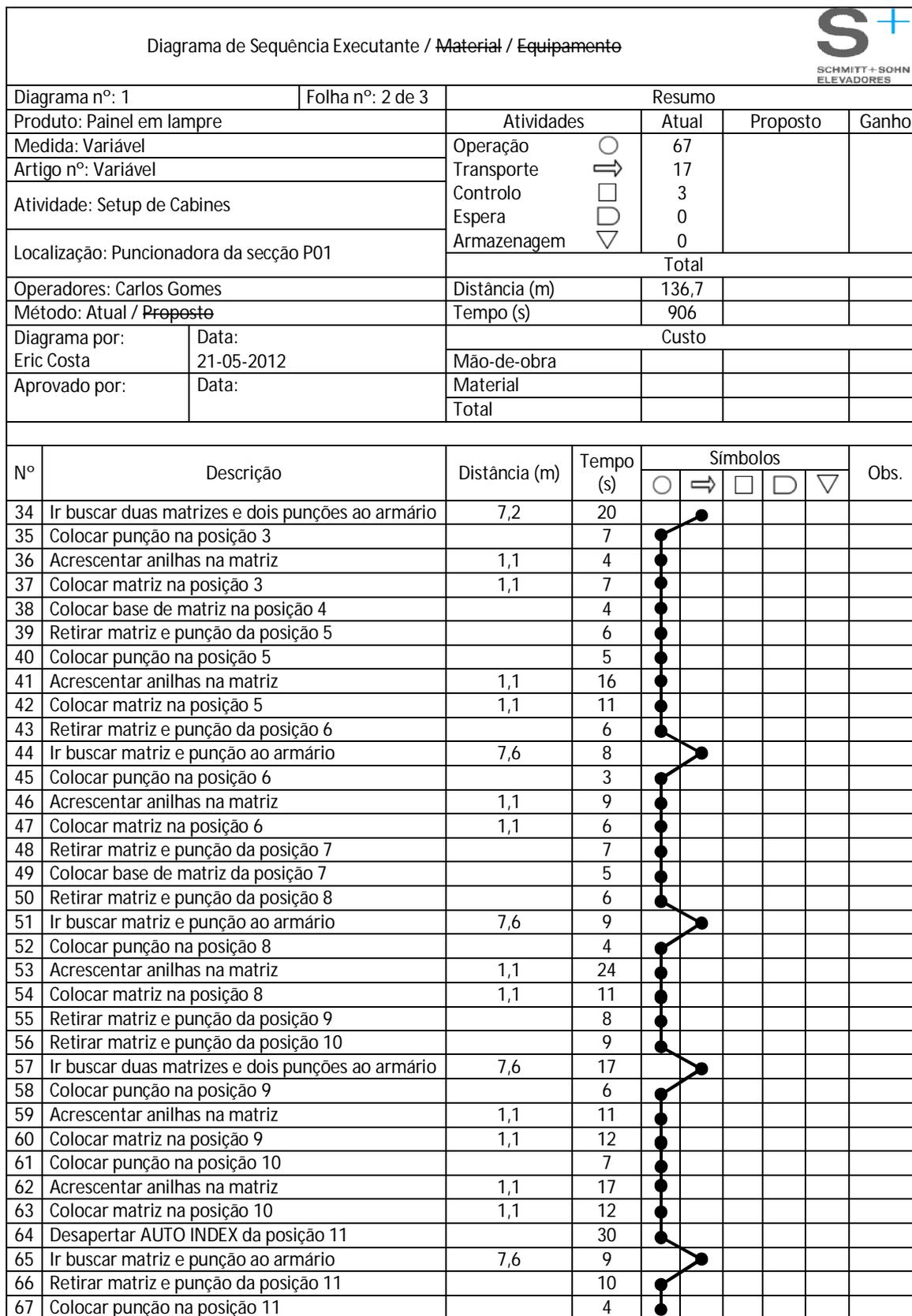


Figura 130 - Diagrama fase preliminar SMED da puncionadora (2 de 3)

Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento				Resumo					
Diagrama nº: 1	Folha nº: 3 de 3			Atual	Proposto	Ganho			
Produto: Painel em lampre			Atividades	67					
Medida: Variável			Operação ○	17					
Artigo nº: Variável			Transporte ⇒	3					
Atividade: Setup de Cabines			Controlo □	0					
			Espera ▭	0					
			Armazenagem ▽	0					
Localização: Puncionadora da secção P01			Total						
Operadores: Carlos Gomes	Distância (m)		136,7						
Método: Atual / Proposto	Tempo (s)		906						
Diagrama por: Eric Costa	Data: 21-05-2012			Custo					
Aprovado por:	Data:	Mão-de-obra							
		Material							
		Total							
Nº	Descrição	Distância (m)	Tempo (s)	Símbolos					Obs.
				○	⇒	□	▭	▽	
68	Acrescentar anilhas na matriz	1,1	9	●					
69	Colocar matriz na posição 11	1,1	8	●					
70	Apertar AUTO INDEX da posição 11		26	●					
71	Retirar matriz e punção da posição 13		6	●					
72	Colocar punção na posição 13		3	●					
73	Colocar matriz na posição 13		15	●					
74	Colocar punção na posição 15		2	●					
75	Retirar base de matriz da posição 15		5	●					
76	Colocar matriz na posição 15		7	●					
77	Confirmar posições da torreta		8	●	●				
78	Colocar punção na posição 4		5	●					
79	Retirar base de matriz da posição 4		3	●					
80	Colocar matriz na posição 4		6	●					
81	Confirmar posições da torreta		7	●	●				
82	Colocar punção na posição 7		3	●					
83	Retirar base de matriz da posição 7		2	●					
84	Colocar matriz na posição 7		12	●					
85	Confirmar posições da torreta		23	●	●				
86	Fechar porta da torreta		3	●					
87	Arrumar ferramentas		44	●					
			Tempo Total (s)	906					
			Tempo Total (min)	15,10					

Figura 131 - Diagrama fase preliminar SMED da puncionadora (3 de 3)

Anexo XIV – Fase 1 SMED na Puncionadora

Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento						S+ SCHMITT+SOHN ELEVADORES			
Diagrama nº: 2		Folha nº: 1 de 3		Resumo					
Produto: Painel em lampre		Atividades		Atual	Proposto	Ganho			
Medida: Variável		Operação ○		67	66	1			
Artigo nº: Variável		Transporte ⇒		17	0	17			
Atividade: Setup de Cabines		Controlo □		3	3	0			
		Espera D		0	0	0			
Localização: Puncionadora da secção P01		Armazenagem ▽		0	0	0			
		Total							
Operadores: Carlos Gomes		Distância (m)		136,7	64,4	72,3			
Método: Atual / Proposto		Tempo (s)		906	582	324			
Diagrama por: Eric Costa		Data: 30-05-2012		Custo					
Aprovado por:		Data:		Mão-de-obra					
				Material					
				Total					
Nº	Descrição	Distância (m)	Tempo (s)	Símbolos					Obs.
				○	⇒	□	D	▽	
1	Abrir porta da torreta		3	●					
2	Validar informação no painel de controlo	1,7	4	●					
3	Retirar matriz e punção da posição 14		11	●					
4	Colocar punção na posição 14	2,2	4	●					
5	Acrescentar anilhas na matriz	1,1	7	●					
6	Colocar matriz na posição 14	1,1	9	●					
7	Retirar base de matriz da posição 17		4	●					
8	Colocar punção na posição 17	2,2	3	●					
9	Acrescentar anilhas na matriz	1,1	8	●					
10	Colocar matriz na posição 17	1,1	9	●					
11	Retirar matriz e punção da posição 18		5	●					
12	Colocar punção na posição 18	1,1	3	●					
13	Acrescentar anilhas na matriz	1,1	12	●					
14	Colocar matriz na posição 18	1,1	7	●					
15	Desapertar AUTO INDEX da posição 1		22	●					
16	Retirar matriz e punção da posição 1		10	●					
17	Colocar punção na posição 1	2,2	2	●					
18	Colocar matriz na posição 1	2,2	6	●					
19	Apertar AUTO INDEX da posição 1		24	●					
20	Retirar base de matriz da posição 3		4	●					
21	Retirar matriz e punção da posição 4		5	●					
22	Colocar punção na posição 3	2,2	7	●					
23	Acrescentar anilhas na matriz	1,1	4	●					
24	Colocar matriz na posição 3	1,1	7	●					
25	Colocar base de matriz na posição 4		4	●					
26	Retirar matriz e punção da posição 5		6	●					
27	Colocar punção na posição 5	2,2	5	●					
28	Acrescentar anilhas na matriz	1,1	16	●					
29	Colocar matriz na posição 5	1,1	11	●					
30	Retirar matriz e punção da posição 6		6	●					
31	Colocar punção na posição 6	2,2	3	●					
32	Acrescentar anilhas na matriz	1,1	9	●					
33	Colocar matriz na posição 6	1,1	6	●					

Figura 132 - Diagrama fase 1 SMED da puncionadora (1 de 3)

Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento		Resumo			
Diagrama nº: 2	Folha nº: 2 de 3	Atividades	Atual	Proposto	Ganho
Produto: Painel em lampre		Operação ○	67	66	1
Medida: Variável		Transporte ⇒	17	0	17
Artigo nº: Variável		Controlo □	3	3	0
Atividade: Setup de Cabines		Espera D	0	0	0
Localização: Puncionadora da secção P01		Armazenagem ▽	0	0	0
		Total			
Operadores: Carlos Gomes		Distância (m)	136,7	64,4	72,3
Método: Atual / Proposto		Tempo (s)	906	582	324
		Custo			
Diagrama por: Eric Costa	Data: 30-05-2012	Mão-de-obra			
Aprovado por:	Data:	Material			
		Total			

Nº	Descrição	Distância (m)	Tempo (s)	Símbolos					Obs.
				○	⇒	□	D	▽	
34	Retirar matriz e punção da posição 7		7	●					
35	Colocar base de matriz da posição 7		5	●					
36	Retirar matriz e punção da posição 8		6	●					
37	Colocar punção na posição 8	2,2	4	●					
38	Acrescentar anilhas na matriz	1,1	24	●					
39	Colocar matriz na posição 8	1,1	11	●					
40	Retirar matriz e punção da posição 9		8	●					
41	Retirar matriz e punção da posição 10		9	●					
42	Colocar punção na posição 9	2,2	6	●					
43	Acrescentar anilhas na matriz	1,1	11	●					
44	Colocar matriz na posição 9	1,1	12	●					
45	Colocar punção na posição 10	2,2	7	●					
46	Acrescentar anilhas na matriz	1,1	17	●					
47	Colocar matriz na posição 10	1,1	12	●					
48	Desapertar AUTO INDEX da posição 11		30	●					
49	Retirar matriz e punção da posição 11		10	●					
50	Colocar punção na posição 11	2,2	4	●					
51	Acrescentar anilhas na matriz	1,1	9	●					
52	Colocar matriz na posição 11	1,1	8	●					
53	Apertar AUTO INDEX da posição 11		26	●					
54	Retirar matriz e punção da posição 13		6	●					
55	Colocar punção na posição 13	2,2	3	●					
56	Colocar matriz na posição 13		15	●					
57	Colocar punção na posição 15	2,2	2	●					
58	Retirar base de matriz da posição 15		5	●					
59	Colocar matriz na posição 15	2,2	7	●					
60	Confirmar posições da torreta		8	●					
61	Colocar punção na posição 4	2,2	5	●					
62	Retirar base de matriz da posição 4		3	●					
63	Colocar matriz na posição 4	2,2	6	●					
64	Confirmar posições da torreta		7	●					
65	Colocar punção na posição 7	2,2	3	●					
66	Retirar base de matriz da posição 7		2	●					
67	Colocar matriz na posição 7	2,2	12	●					

Figura 133 - Diagrama fase 1 SMED da puncionadora (2 de 3)



Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento				Resumo					
Diagrama n°: 2	Folha n°: 3 de 3								
Produto: Painel em lampre		Atividades	Atual	Proposto	Ganho				
Medida: Variável		Operação ○	67	66	1				
Artigo n°: Variável		Transporte ⇒	17	0	17				
Atividade: Setup de Cabines		Controlo □	3	3	0				
		Espera D	0	0	0				
		Armazenagem ▽	0	0	0				
Localização: Puncionadora da secção P01		Total							
Operadores: Carlos Gomes		Distância (m)	136,7	64,4	72,3				
Método: Atual / Proposto		Tempo (s)	906	582	324				
Diagrama por: Eric Costa	Data: 30-05-2012	Custo							
Aprovado por:	Data:	Mão-de-obra							
		Material							
		Total							
N°	Descrição	Distância (m)	Tempo (s)	Símbolos					Obs.
				○	⇒	□	D	▽	
68	Confirmar posições da torreta		23						
69	Fechar porta da torreta		3						
			Tempo Total (s)	582					
			Tempo Total (min)	9,70					

Figura 134 - Diagrama fase 1 SMED da puncionadora (3 de 3)

Anexo XV – Fase 2 SMED na Puncionadora

Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento									
Diagrama nº: 3		Folha nº: 1 de 2		Resumo					
Produto: Painel em lampre		Atividades		Atual	Proposto	Ganho			
Medida: Variável		Operação ○		66	56	10			
Artigo nº: Variável		Transporte ⇒		0	0	0			
Atividade: Setup de Cabines		Controlo □		3	3	0			
		Espera D		0	0	0			
Localização: Puncionadora da secção P01		Armazenagem ▽		0	0	0			
		Total							
Operadores: Carlos Gomes		Distância (m)		64,4	34,7	29,7			
Método: Atual / Proposto		Tempo (s)		582	465	117			
Diagrama por: Eric Costa		Data: 31-05-2012		Custo					
Aprovado por:		Data:		Mão-de-obra					
				Material					
				Total					
Nº	Descrição	Distância (m)	Tempo (s)	Símbolos					Obs.
				○	⇒	□	D	▽	
1	Abrir porta da torreta		3	●					
2	Validar informação no painel de controlo	1,7	4	●					
3	Retirar matriz e punção da posição 14		11	●					
4	Colocar punção na posição 14		4	●					
5	Colocar matriz na posição 14	2,2	9	●					
6	Retirar base de matriz da posição 17		4	●					
7	Colocar punção na posição 17		3	●					
8	Colocar matriz na posição 17	2,2	9	●					
9	Retirar matriz e punção da posição 18		5	●					
10	Colocar punção na posição 18		3	●					
11	Colocar matriz na posição 18	2,2	7	●					
12	Desapertar AUTO INDEX da posição 1		22	●					
13	Retirar matriz e punção da posição 1		10	●					
14	Colocar punção na posição 1		2	●					
15	Colocar matriz na posição 1	2,2	6	●					
16	Apertar AUTO INDEX da posição 1		24	●					
17	Retirar base de matriz da posição 3		4	●					
18	Retirar matriz e punção da posição 4		5	●					
19	Colocar punção na posição 3		7	●					
20	Colocar matriz na posição 3	2,2	7	●					
21	Colocar base de matriz na posição 4		4	●					
22	Retirar matriz e punção da posição 5		6	●					
23	Colocar punção na posição 5		5	●					
24	Colocar matriz na posição 5	2,2	11	●					
25	Retirar matriz e punção da posição 6		6	●					
26	Colocar punção na posição 6		3	●					
27	Colocar matriz na posição 6	2,2	6	●					
28	Retirar matriz e punção da posição 7		7	●					
29	Colocar base de matriz da posição 7		5	●					
30	Retirar matriz e punção da posição 8		6	●					
31	Colocar punção na posição 8		4	●					
32	Colocar matriz na posição 8	2,2	11	●					
33	Retirar matriz e punção da posição 9		8	●					

Figura 135 - Diagrama fase 2 SMED da puncionadora (1 de 2)

Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento		Resumo			
Diagrama nº: 3	Folha nº: 2 de 2	Atividades	Atual	Proposto	Ganho
Produto: Painel em lampre		Operação ○	66	56	10
Medida: Variável		Transporte ⇒	0	0	0
Artigo nº: Variável		Controlo □	3	3	0
Atividade: Setup de Cabines		Espera D	0	0	0
Localização: Puncionadora da secção P01		Armazenagem ▽	0	0	0
		Total			
Operadores: Carlos Gomes		Distância (m)	64,4	34,7	29,7
Método: Atual / Proposto		Tempo (s)	582	465	117
Diagrama por:	Data:	Custo			
Eric Costa	31-05-2012	Mão-de-obra			
Aprovado por:	Data:	Material			
		Total			

Nº	Descrição	Distância (m)	Tempo (s)	Símbolos					Obs.
				○	⇒	□	D	▽	
34	Retirar matriz e punção da posição 10		9	●					
35	Colocar punção na posição 9		6	●					
36	Colocar matriz na posição 9	2,2	12	●					
37	Colocar punção na posição 10		7	●					
38	Colocar matriz na posição 10	2,2	12	●					
39	Desapertar AUTO INDEX da posição 11		30	●					
40	Retirar matriz e punção da posição 11		10	●					
41	Colocar punção na posição 11		4	●					
42	Colocar matriz na posição 11	2,2	8	●					
43	Apertar AUTO INDEX da posição 11		26	●					
44	Retirar matriz e punção da posição 13		6	●					
45	Colocar punção na posição 13		3	●					
46	Colocar matriz na posição 13	2,2	15	●					
47	Colocar punção na posição 15		2	●					
48	Retirar base de matriz da posição 15		5	●					
49	Colocar matriz na posição 15	2,2	7	●					
50	Confirmar posições da torreta		8	●					
51	Colocar punção na posição 4		5	●					
52	Retirar base de matriz da posição 4		3	●					
53	Colocar matriz na posição 4	2,2	6	●					
54	Confirmar posições da torreta		7	●					
55	Colocar punção na posição 7		3	●					
56	Retirar base de matriz da posição 7		2	●					
57	Colocar matriz na posição 7	2,2	12	●					
58	Confirmar posições da torreta		23	●					
59	Fechar porta da torreta		3	●					
			Tempo Total (s)	465					
			Tempo Total (min)	7,75					

Figura 136 - Diagrama fase 2 SMED da puncionadora (2 de 2)



Anexo XVI – Lista de Ferramentas da Puncionadora

Tabela 35 - Lista de ferramentas da puncionadora (parte 1 de 3)

Tipo	Q	Forma	Dimensão	Folga
A	1	Redondo	3	0,2
A	2	Redondo	3,2	0,3 + 0,4
A	1	Redondo	3,5	0,3 + 0,4
A	2	Redondo	4	0,3 + 0,4 + 0,7
A	2	Redondo	4,2	0,3 + 0,4
A	2	Redondo	4,5	0,3 + 0,4 + 0,7
A	2	Redondo	5	0,3 + 0,4 + 0,7
A	1	Redondo	5,2	0,3
A	2	Redondo	5,5	0,3 + 0,4 + 0,7
A	2	Redondo	6	
A	1	Redondo	6,2	0,3
A	2	Redondo	6,5	0,3 + 0,4 + 0,7
A	2	Redondo	7	0,4
A	2	Redondo	7,5	0,4
A	1	Redondo	8,2	0,4
A	2	Redondo	8,5	0,3 + 0,4 + 0,7
A	2	Redondo	9,5	0,3 + 0,4 + 0,7
A	1	Redondo	10	0,3 + 0,4 + 0,7
A	1	Redondo	10,2	0,3 + 0,7
A	2	Redondo	10,5	0,3 + 0,4 + 0,7
A	2	Redondo	11	0,3 + 0,4 + 0,7 + 0,9
A	1	Redondo	12,1	0,4 + 0,7
A	1	Redondo	13,1	0,4
A	2	Redondo	15	0,3 + 0,4
A	2	Quadrado	5	0,3 + 0,4 + 0,7
A	2	Oval	9,5x4,5	0,3 + 0,4 + 0,7
A	2	Oval	10x5,5	0,3 + 0,4
A	3	Oval	12x6,5	0,3 + 0,4 + 0,7
A	1	Oval	12x8,5	0,3
A	1	Oval	12x9	0,4
A	1	Oval	14,5x10,5	0,3 + 0,7
A	1	Oval	15x10,2	0,4
A	2	Retângulo	12x3	0,3 + 0,4
A	1	Retângulo	8,5x7	0,2
A	1	Retângulo	9x8,1	0,3
A	1	Retângulo	8,3x8,1	0,3

Tabela 36 - Lista de ferramentas da puncionadora (parte 2 de 3)

Tipo	Q	Forma	Dimensão	Folga
B	3	Redondo	9	0,3 + 0,7
B	2	Redondo	10	0,3 + 0,4 + 0,7
B	1	Redondo	12	0,4 + 0,7
B	1	Redondo	12,5	0,4
B	2	Redondo	13	0,2 + 0,4 + 0,7
B	1	Redondo	13,5	0,4
B	2	Redondo	14	0,3 + 0,4 + 0,7
B	1	Redondo	14,8	0,9
B	1	Redondo	16	0,4
B	1	Redondo	16,5	0,7
B	1	Redondo	17	0,4
B	2	Redondo	17,5	0,3 + 0,4 + 0,7 + 0,9
B	2	Redondo	19	0,3 + 0,9
B	2	Redondo	20	0,3 + 0,4 + 0,7
B	1	Redondo	20,5	0,3
B	1	Redondo	22	0,3 + 0,7
B	1	Redondo	22,4	0,7
B	2	Redondo	24,6	0,3 + 0,7
B	2	Redondo	26,8	0,4 + 0,7
B	1	Redondo	29	0,3
B	1	Redondo	30	0,4
B	1	Redondo	34	0,7
B	1	Redondo	40	0,4
B	1	Redondo	43,5	0,4
B	1	Redondo	45	0,4
B	3	Quadrado	10,5	0,2 + 0,3 + 0,4 + 0,7
B	4	Quadrado	15	0,2 + 0,3 + 0,4 + 0,7
B	3	Quadrado	20	0,2 + 0,3 + 0,4 + 0,7
B	2	Quadrado	25	0,3 + 0,4 + 0,7
B	1	Quadrado	28	0,4
B	2	Retângulo	15x8	0,3 + 0,7
B	1	Retângulo	19x13	0,2
B	2	Retângulo	20x7	0,2 + 0,3 + 0,4 + 0,7
B	1	Retângulo	22x13	0,4 + 0,7
B	1	Retângulo	24x7	0,4
B	3	Retângulo	28x5	0,3 + 0,4 + 0,7
B	1	Retângulo	30x7	0,4
B	3	Retângulo	32x7	0,2 + 0,3 + 0,4 + 0,7
B	1	Retângulo	40x3	0,2 + 0,4
B	3	Retângulo	40x5	0,3 + 0,4 + 0,7



Tabela 37 - Lista de ferramentas da puncionadora (parte 3 de 3)

Tipo	Q	Forma	Dimensão	Folga
B	1	Oval	12x6,5	0,4
B	2	Oval	12x8,5	0,3 + 0,4 + 0,7
B	1	Oval	14,5x7	0,3
B	2	Oval	17,5x5	0,3 + 0,4 + 0,7
B	1	Oval	18x16,8	0,3
B	2	Oval	20x5,5	0,4 + 0,7
B	2	Oval	20x6,5	0,2 + 0,3 + 0,4 + 0,7
B	4	Oval	20x8,5	0,2 + 0,3 + 0,4 + 0,7
B	2	Oval	20,4x18,4	0,4
B	1	Oval	24x4	0,4
B	1	Oval	24x9	0,2 + 0,7
B	2	Oval	25x10,5	0,4 + 0,7
B	1	Oval	30x2	0,3
B	2	Oval	30x10,5	0,3 + 0,7
B	1	Oval	30x11	0,4 + 0,7
B	2	Oval	35x9	0,3 + 0,4 + 0,7
B	2	Oval	35x12,5	0,2 + 0,3 + 0,4 + 0,7 + 0,9
B	1	Oval	35x14	0,4 + 0,7
B	1	Oval	35x17	0,4 + 0,7 + 0,9
B	1	Oval	40x4	0,3
B	1	Oval	40x5	0,3
C	1	Redondo	48,2	0,4
C	1	Redondo	60	0,3

Tabela 38 - Lista de ferramentas especiais da puncionadora

Tipo	Q	Forma	Dimensão	Folga
B	1	CRUZ RAI0-5	15x15	0,2
B	1	CRUZ RAI0-10	25x25	0,2
B	1	TIPO T Referência 29688		0,2
B	1	Redondo com chaveta R. 30268		0,3
B	1	Redondo com chaveta 32,5x2,1		0,4
B	1	Tipo Fechadura	22,5x17,5	0,4
B	1	Medronho	5,5	esp. máx 2mm
A	3	Punções de bico		
B	1	Quadrado com Raio	26,1	0,4 + 0,7
B	1	Quadrado com Raio	24,6	0,4
B	1	Quadrado com Raio	32,5	0,4
C	1	Quadrado com Raio	48,2	0,4

Anexo XVII – Fase 3 SMED na Puncionadora

Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento				Resumo		
Diagrama nº: 4	Folha nº: 1 de 2					
Produto: Painel em lampre		Atividades	Atual	Proposto	Ganho	
Medida: Variável		Operação ○	56	53	3	
Artigo nº: Variável		Transporte ⇒	0	0	0	
Atividade: Setup de Cabines		Controlo □	3	0	3	
		Espera D	0	0	0	
		Armazenagem ▽	0	0	0	
Localização: Puncionadora da secção P01		Total				
Operadores: Carlos Gomes		Distância (m)	34,7	1,7	33	
Método: Atual / Proposto		Tempo (s)	465	324	141	
Diagrama por: Eric Costa	Data: 16-06-2012	Custo				
Aprovado por:	Data:	Mão-de-obra				
		Material				
		Total				

Nº	Descrição	Distância (m)	Tempo (s)	Símbolos					Obs.
				○	⇒	□	D	▽	
1	Abrir porta da torreta		3	●					
2	Validar informação no painel de controlo	1,7	4	●					
3	Colocar torreta na posição 1		7	●					
4	Desapertar AUTO INDEX da posição 1		26	●					
5	Retirar matriz e punção da posição 1		7	●					
6	Colocar punção na posição 1		3	●					
7	Colocar matriz na posição 1		4	●					
8	Apertar AUTO INDEX da posição 1		24	●					
9	Retirar base de matriz da posição 3		5	●					
10	Colocar punção na posição 3		3	●					
11	Colocar matriz na posição 3		4	●					
12	Retirar matriz e punção da posição 4		7	●					
13	Colocar punção na posição 4		3	●					
14	Colocar matriz na posição 4		4	●					
15	Retirar matriz e punção da posição 5		7	●					
16	Colocar punção na posição 5		3	●					
17	Colocar matriz na posição 5		4	●					
18	Retirar matriz e punção da posição 6		7	●					
19	Colocar punção na posição 6		3	●					
20	Colocar matriz na posição 6		4	●					
21	Retirar matriz e punção da posição 7		7	●					
22	Colocar punção na posição 7		3	●					
23	Colocar matriz na posição 7		4	●					
24	Retirar matriz e punção da posição 8		7	●					
25	Colocar punção na posição 8		3	●					
26	Colocar matriz na posição 8		4	●					
27	Retirar matriz e punção da posição 9		7	●					
28	Colocar punção na posição 9		3	●					
29	Colocar matriz na posição 9		4	●					
30	Retirar matriz e punção da posição 10		7	●					
31	Colocar punção na posição 10		3	●					
32	Colocar matriz na posição 10		4	●					
33	Desapertar AUTO INDEX da posição 11		26	●					

Figura 137 - Diagrama fase 3 SMED da puncionadora (1 de 2)

Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento		Resumo							
Diagrama nº: 4	Folha nº: 2 de 2	Atividades	Atual	Proposto	Ganho				
Produto: Painel em lampre		Operação ○	56	53	3				
Medida: Variável		Transporte ⇒	0	0	0				
Artigo nº: Variável		Controlo □	3	0	3				
Atividade: Setup de Cabines		Espera D	0	0	0				
		Armazenagem ▽	0	0	0				
Localização: Puncionadora da secção P01		Total							
Operadores: Carlos Gomes		Distância (m)	34,7	1,7	33				
Método: Atual / Proposto		Tempo (s)	465	324	141				
Diagrama por:	Data:	Custo							
Eric Costa	16-06-2012	Mão-de-obra							
Aprovado por:	Data:	Material							
		Total							
Nº	Descrição	Distância (m)	Tempo (s)	Símbolos					Obs.
				○	⇒	□	D	▽	
34	Retirar matriz e punção da posição 11		7	●					
35	Colocar punção na posição 11		3	●					
36	Colocar matriz na posição 11		4	●					
37	Apertar AUTO INDEX da posição 11		25	●					
38	Retirar matriz e punção da posição 13		7	●					
39	Colocar punção na posição 13		3	●					
40	Colocar matriz na posição 13		4	●					
41	Retirar matriz e punção da posição 14		7	●					
42	Colocar punção na posição 14		3	●					
43	Colocar matriz na posição 14		4	●					
44	Retirar base de matriz da posição 15		5	●					
45	Colocar punção na posição 15		3	●					
46	Colocar matriz na posição 15		4	●					
47	Retirar base de matriz da posição 17		7	●					
48	Colocar punção na posição 17		3	●					
49	Colocar matriz na posição 17		4	●					
50	Retirar matriz e punção da posição 18		7	●					
51	Colocar punção na posição 18		3	●					
52	Colocar matriz na posição 18		4	●					
53	Fechar porta da torreta		3	●					
Tempo Total (s)			324						
Tempo Total (min)			5,4						

Figura 138 - Diagrama fase 3 SMED da puncionadora (2 de 2)

Anexo XVIII – Normalização do Processo de Setup Puncionadora

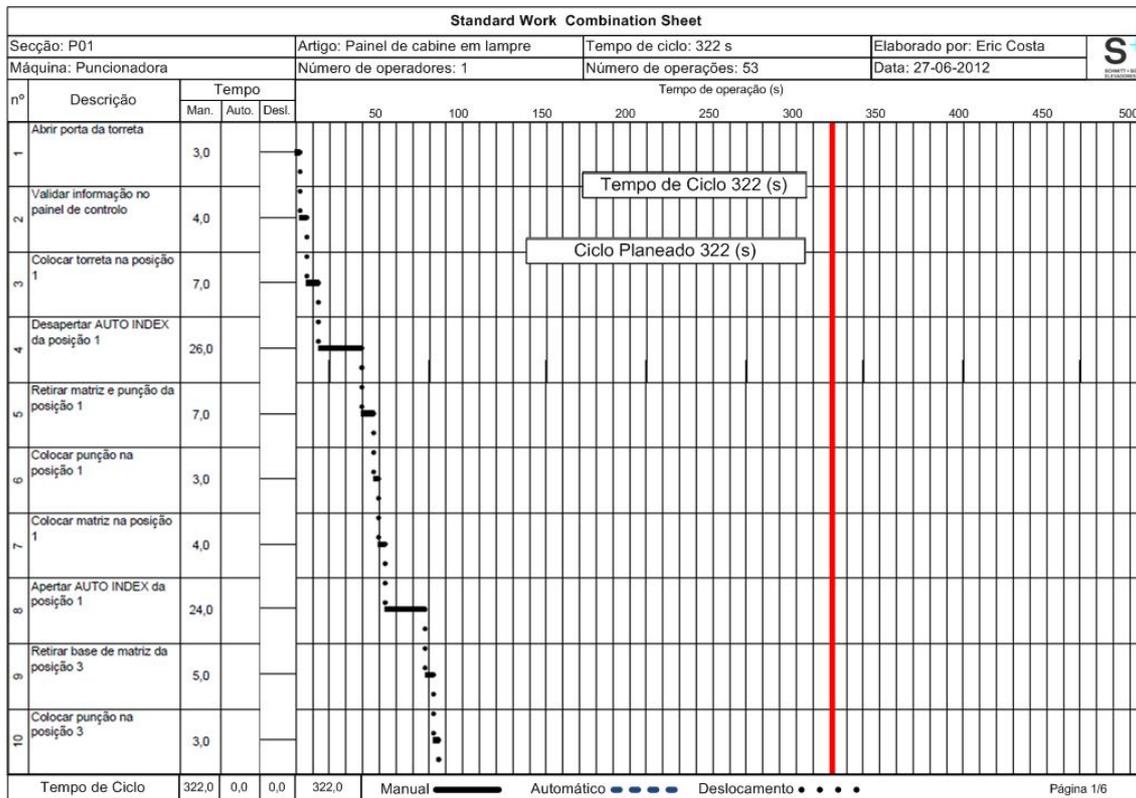


Figura 139 - Standard Work Combination Sheet da puncionadora (1 de 6)

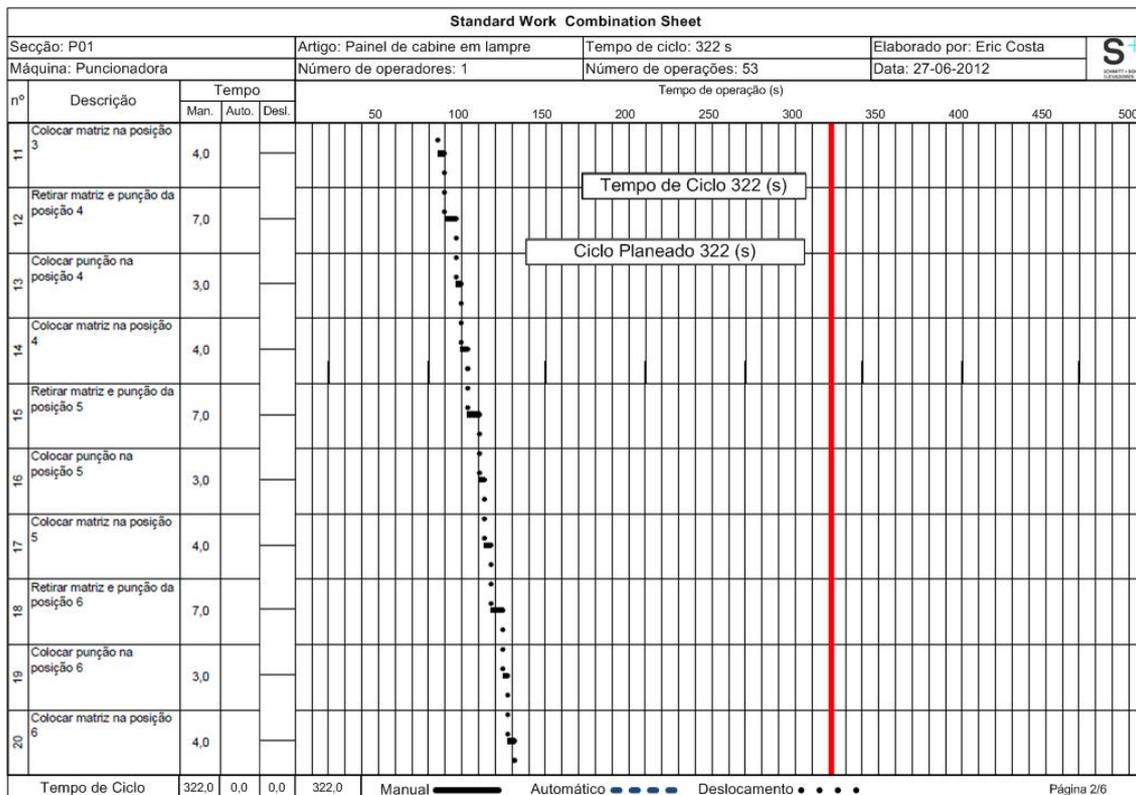


Figura 140 - Standard Work Combination Sheet da puncionadora (2 de 6)

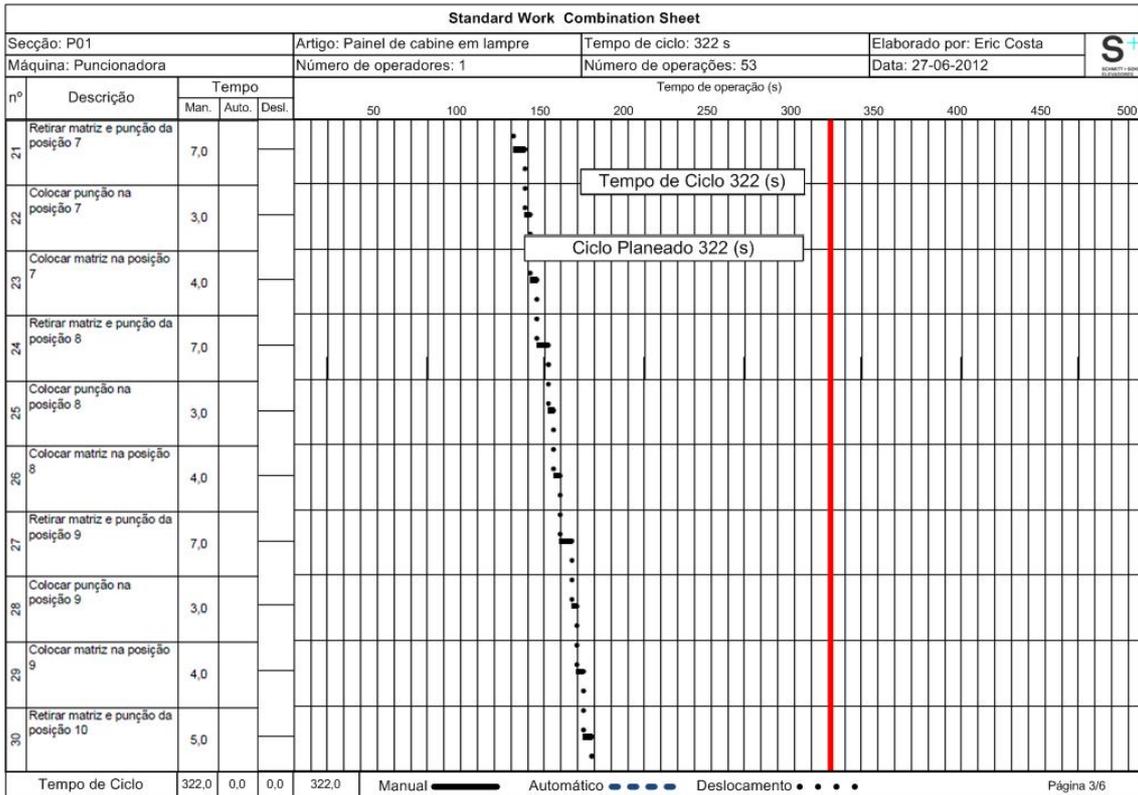


Figura 141 - Standard Work Combination Sheet da puncionadora (3 de 6)

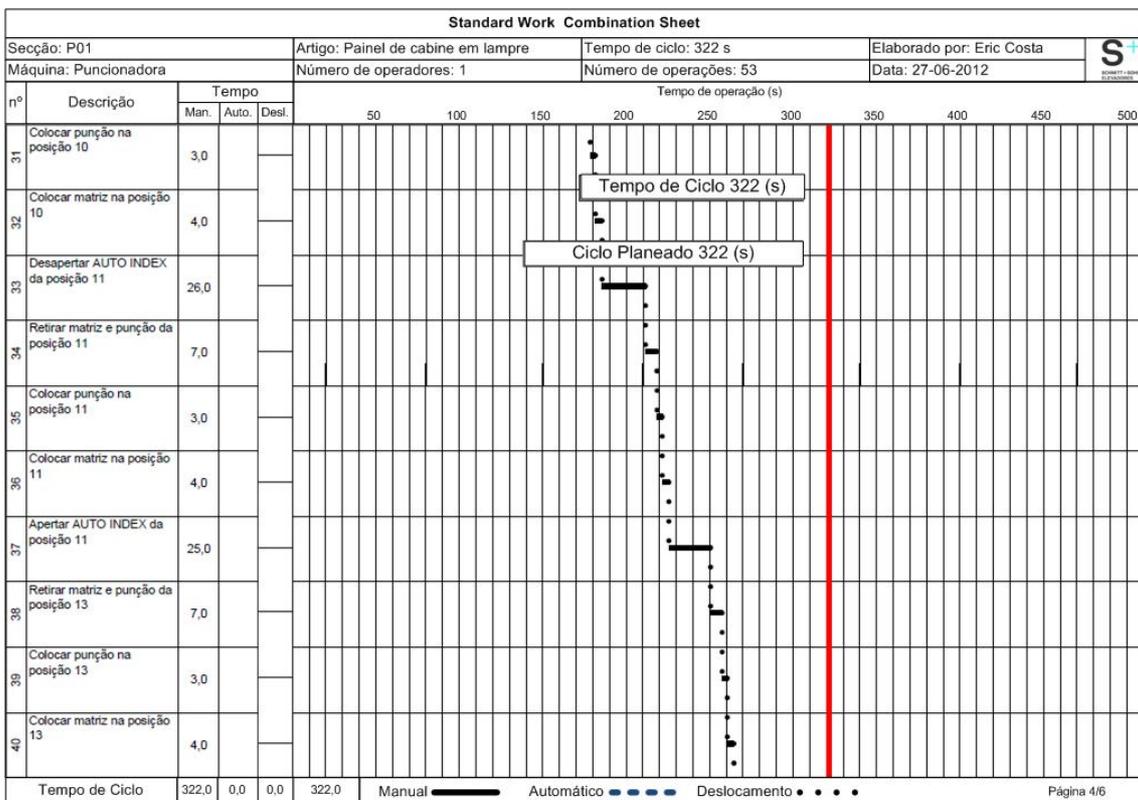


Figura 142 - Standard Work Combination Sheet da puncionadora (4 de 6)

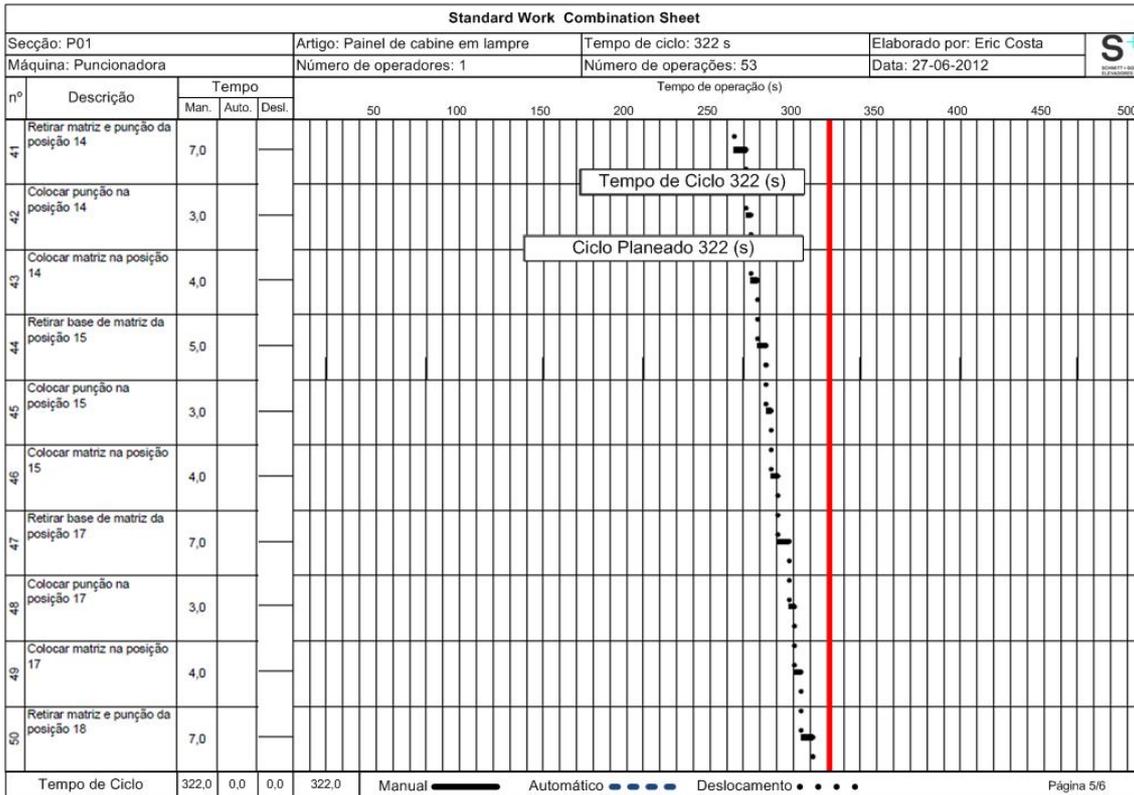


Figura 143 - Standard Work Combination Sheet da puncionadora (5 de 6)

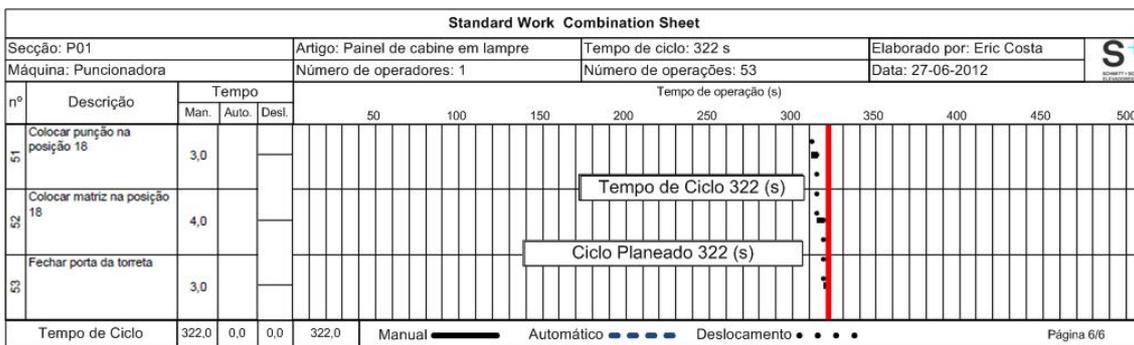


Figura 144 - Standard Work Combination Sheet da puncionadora (6 de 6)



Anexo XIX – Lista de Ferramentas da Quinadora QHD

Tabela 39 - Lista de punções da quinadora QHD

Punções				
Designação	Max (KN/m)	Comp (mm)	Quantidade	Classe ABC
101.015	800	10	2	A
		20	2	
		30	1	
		50	1	
		100	2	
		200	1	
		500	1	
		700	1	
		800	1	
101.017	1000	5	1	B
		10	1	
		20	2	
		30	1	
		50	1	
		100	2	
		200	1	
		500	2	
101.016	400	10	1	C
		15	1	
		20	1	
		25	1	
		30	1	
		50	1	
		100	2	
		200	1	
		500	2	

Tabela 40 - Lista de matrizes da quinadora QHD

Matrizes				
Designação	Max (KN/m)	Comp (mm)	Quantidade	Classe ABC
25.104	1000	500	3	A
25.105	1000	500	4	A
25.108	1000	500	3	A
25.405	450	500	3	A
200.849	1000	500	3	B
25.404	400	500	3	C



Anexo XX – Lista de Ferramentas da Quinadora QIH

Tabela 41 - Lista de punções da quinadora QIH

Punções				
Designação	Max (KN/m)	Comp (mm)	Quantidade	Classe ABC
101.015	800	500	7	A
101.017	1000	500	8	B
101.016	400	500	8	C

Tabela 42 - Lista de matrizes da quinadora QIH

Matrizes				
Designação	Max (KN/m)	Comp (mm)	Quantidade	Classe ABC
25.103	1000	25	2	A
		30	1	
		40	2	
		45	1	
		50	1	
		100	2	
		500	5	
25.104	1000	500	7	A
25.105	1000	500	7	A
25.108	1000	500	8	A
25.405	450	500	8	A
200.849	1000	500	8	B
25.404	400	500	8	C

Anexo XXI – Projeto para Organização de Ferramentas das Quinadoras

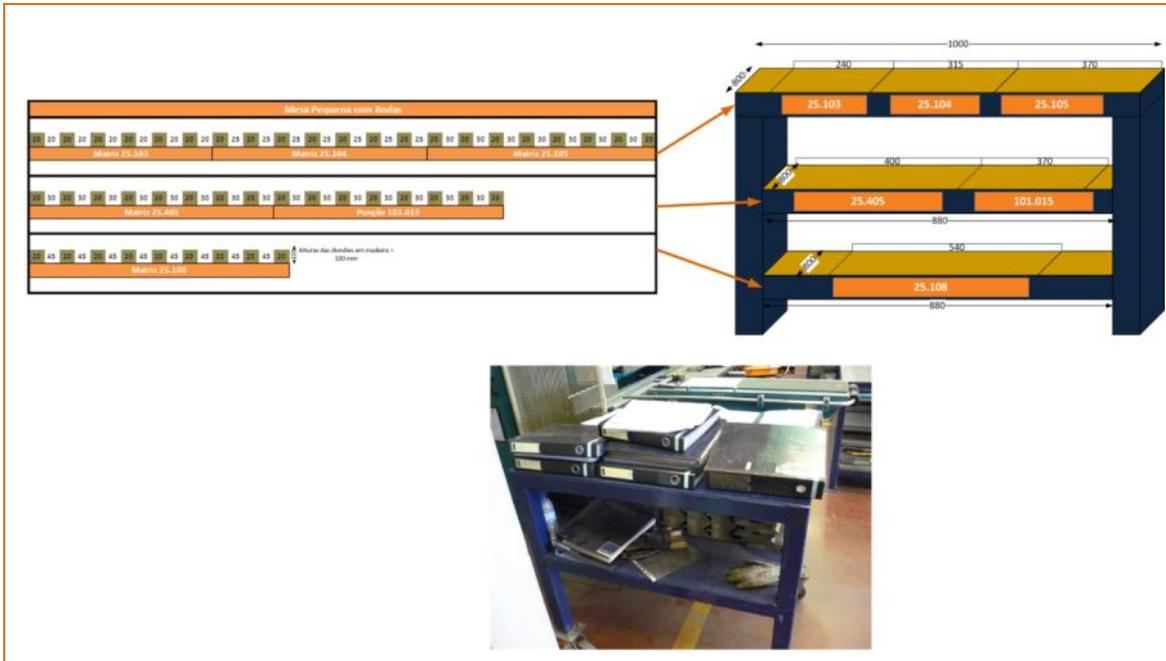


Figura 145 - Banca para ferramentas da quinadora QIH (1)

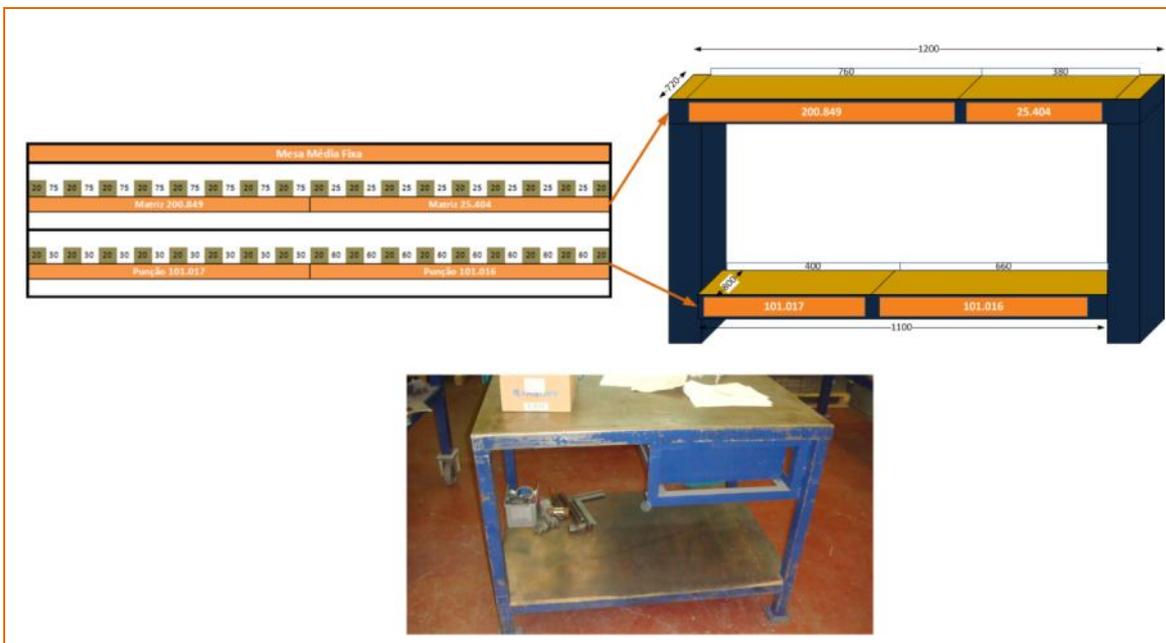


Figura 146 - Banca para ferramentas da quinadora QIH (2)

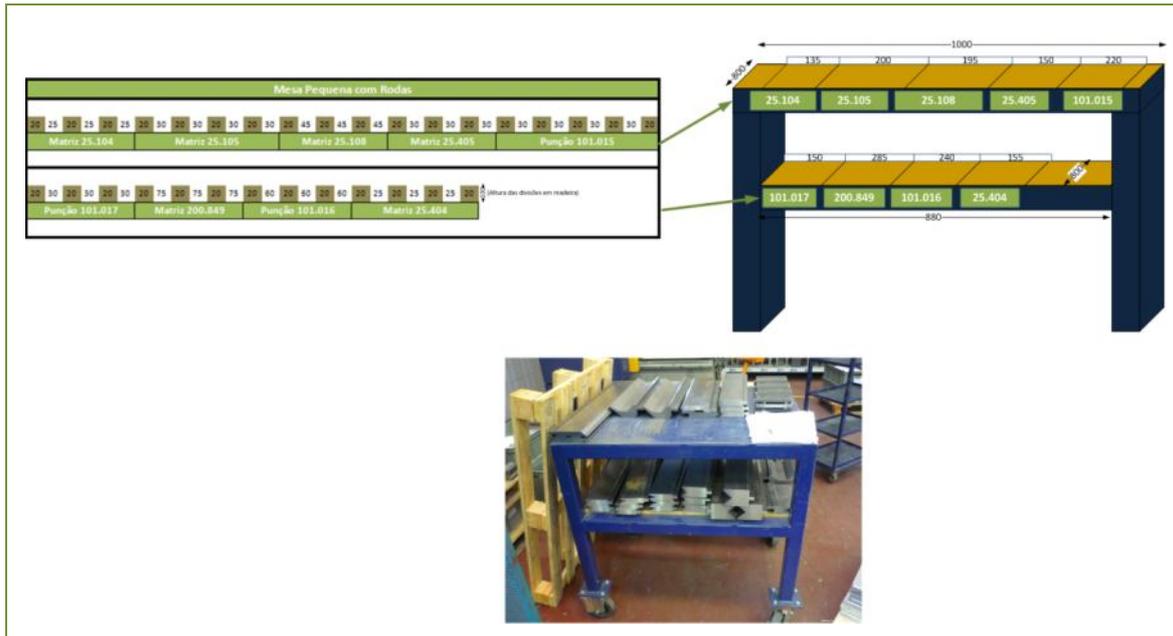


Figura 147 - Banca para ferramentas da quinadora QHD