



Automação e Melhoria de Linhas de Montagem

TONI SOUSA GOMES

Julho de 2016

AUTOMAÇÃO E MELHORIA DE LINHAS DE MONTAGEM

Toni Sousa Gomes



Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
Área de Especialização de Automação e Sistemas
Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

2016

Este relatório satisfaz, parcialmente, os requisitos que constam da Ficha de Unidade Curricular de Tese/Dissertação, do 2º ano, do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Candidato: Toni Sousa Gomes, N° 1111433, 1111433@isep.ipp.pt
Orientação científica: Eng.º Pedro Manuel Barbosa Guedes, pbg@isep.ipp.pt

Coorientação científica: Eng.º Manuel Fernando dos Santos Silva, mss@isep.ipp.pt

Empresa: Grohe Portugal, Componentes Sanitários, Lda
Supervisão: Eng.º Celso Maia, cmaia@grohe.pt



Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
Área de Especialização de Automação e Sistemas
Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

13 de Julho de 2016

Agradecimentos

Aos Engenheiros Manuel Silva e Pedro Barbosa, por toda a orientação e disponibilidade.

Ao Engenheiro Celso Maia pela supervisão prestada ao longo do trabalho desenvolvido durante o estágio e pela confiança depositada, integrando-me em vários projetos da fábrica que contribuíram para a minha evolução profissional.

Ao Luís Lopes, Luís Magalhães, Bernardino Pinto, Paula Loureiro, Virgílio Pinheiro e Porcina Oliveira agradeço o apoio e os ensinamentos prestados. Um agradecimento especial ao Nelson Cascais, Jorge Leite, Paulo Henriques e Fernando Matos por toda a disponibilidade, amizade e companheirismo proporcionado durante todo o meu estágio.

A todos os meus amigos, que sempre me acompanharam e partilharam comigo momentos e experiências únicas durante o meu percurso académico.

Quero deixar um agradecimento enorme à minha mãe, irmã e à minha avó por estarem ao meu lado em todos os momentos, por me darem a possibilidade de escolher o meu caminho e por me apoiarem em todas as minhas decisões, que contribuíram para ser a pessoa que hoje sou. Obrigada por confiarem em mim e mostrarem que vale a pena lutar, apesar de todas as adversidades que apareceram no meu caminho.

Por último, um agradecimento especial ao meu avô, que sempre me confortou com as suas palavras sábias nos momentos menos bons.

A todos, o meu muito obrigado!

Esta página foi intencionalmente deixada em branco.

Resumo

Nos dias de hoje, a procura por produtos de qualidade e em quantidades elevadas é cada vez maior, levando a que as organizações tenham a necessidade de se adaptarem de forma a responderem positivamente a essa mesma procura. Nessa perspetiva, a Grohe Portugal, mais especificamente o Departamento de Montagem, sentiu a necessidade de automatizar e melhorar as suas linhas de montagem com o objetivo de melhorar tanto a qualidade e o *output* dos produtos, como as condições de trabalho dos seus colaboradores.

O objetivo da presente Dissertação consiste em contribuir para a melhoria de linhas de montagem e desenvolver equipamentos/ferramentas que facilitem e simplifiquem as operações de montagem dos produtos. O trabalho realizado socorreu-se de: estudo de métodos e tempos, simplificação de métodos de montagem, ergonomia e automatização.

Durante o projeto, foram concretizados, entre outros, três grandes projetos: desenvolvimento de um sistema de apoio ao formar de caixas, alteração de linhas de montagem e desenvolvimento de um projeto de uma bancada universal de teste de estanquidade.

Relativamente ao projeto do sistema de formar caixas, foram realizadas as seguintes etapas: *(i)* estudo de tempos por cronometragem, *(ii)* balanceamento de linhas, *(iii)* análise do processo de montagem de formar caixas, *(iv)* projeto 3D do equipamento, *(v)* desenvolvimento do circuito pneumático do equipamento, *(vi)* recolha de orçamentos, e *(vii)* realização prática da montagem do equipamento.

Quanto ao projeto de alteração das linhas de montagem, abordaram-se os seguintes pontos: *(i)* análise dos processos de montagem dos produtos, *(ii)* estudo e definição da disposição dos componentes na bancada, *(iii)* projeto

de linhas em 3D, (iv) acompanhamento na construção das bancadas desenvolvidas, (v) automatização e programação de um robô industrial, e (vi) projeto de um sistema *pick-on-light*.

Numa fase final do estágio, foi realizado um projeto de uma bancada universal para efetuar testes de estanquidade a qualquer tipo de torneira, durante o qual foram concretizados os seguintes pontos: (i) modelação 3D da bancada, (ii) desenvolvimento do circuito pneumático e (iii) recolha de orçamentos.

No final do trabalho obteve-se um balanço bastante positivo: (i) os resultados obtidos com a implementação do sistema pneumático de formar caixas revelaram-se bastante aliciantes, o tempo de formação de uma caixa reduziu-se para cerca de metade; (ii) a automatização e melhoria das linhas de montagem permitiu alcançar um aumento de produtividade, cumprindo-se os objetivos estipulados inicialmente, e confirmando-se o sucesso com uma avaliação bastante positiva por parte dos colaboradores das respetivas linhas; (iii) por último, quanto ao projeto da bancada universal de teste de estanquidade este foi aprovado, tendo sido iniciada a sua implementação.

Palavras-chave

Automação, Linhas de Montagem, Equipamentos, Ergonomia, Produtividade, Estudo de Tempos e Métodos, Cronometragem.

Abstract

Nowadays, the demand for products with high quality and quantity have increased, which have made companies adapt and respond positively to this demand. In this perspective, Grohe Portugal, more specifically the Assembly Department, felt the need to automate and improve their its assembly lines with the objective to improve both the products quality and output, as well as the operators working conditions.

The objective of this dissertation is to design and implement new assembly lines and equipments/tools that facilitate and simplify the assembly operations of products, taking into account many aspects, such as: motion and time study, the simplification of assembly methods, ergonomomy and automation.

During the realization of this project, were essencialy performed three main projects: development of a system for assembly of boxes, modification of assembly lines and development of an universal workbench for tightness test.

Regarding the project of the system for assembly of boxes, the following steps were performed: *(i)* time study through timing, *(ii)* assembly lines balancing, *(iii)* analysis of the assembly process to form boxes, *(iv)* 3D project modeling, *(v)* development of the pneumatic circuit, *(vi)* collection of budgets, and *(vii)* practical realization of the assembly equipment.

On what concerns the modification of assembly lines, the following steps were performed: *(i)* analysis of products assembly process, *(ii)* study and definition of the layout of the components, *(iii)* 3D modeling, *(iv)* monitoring the construction of the developed workbenches, *(v)* automation and programming of an industrial robot, and *(vi)* development of the pick-on-light system.

In a final phase of the stage of this work, an universal workbench to perform

tightness tests on any type of tap was designed, during which the following points have been achieved: *(i)* 3D modeling, *(ii)* development of the pneumatic circuit, and *(iii)* collection of budgets.

As a final conclusion of the work, there is a positive balance: *(i)* the results obtained with the implementation of the pneumatic system to form boxes have proved very attractive, as the time of forming a box has been halved; *(ii)* the automation and improvement of the assembly lines allows to achieve an increase in productivity, fulfilling the objectives set out initially, and confirming the success with a positive evaluation from the assembly lines operators; *(iii)* finally, concerning of the universal workbench to perform tightness tests, it was approved and its implementation started.

Keywords

Automation, Assembly Lines, Equipments, Ergonomy, Productivity, Motion and Time Study, Timing.

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	iv
Abstract	vi
Índice	xi
Lista de Figuras	xix
Lista de Tabelas	xxi
Lista de Acrónimos	xxiv
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento e Motivação	2
1.2 Objetivos	3
1.3 Calendarização	3
1.4 Estrutura da Dissertação	5
2 A Grohe Portugal	7
2.1 Apresentação da Grohe Portugal	7
2.2 O Processo de Fabrico	9
2.2.1 Macharia e Fundição	9
2.2.2 Maquinagem	13
2.2.3 Lixamento e Polimento	16

2.2.4	Galvânica	21
2.2.5	Montagem	25
2.3	Departamento de Montagem	26
2.3.1	Constituição, Estrutura e <i>Layout</i>	28
2.3.2	Abastecimento	34
2.4	Departamentos de Suporte	36
2.5	Conclusões do Capítulo	38
3	Estudo de Métodos e Tempos	39
3.1	Estudo dos Métodos	39
3.1.1	Os Processos	40
3.2	Estudo dos Tempos	42
3.2.1	Métodos de Medida do Trabalho	43
3.2.2	Estudo de Tempos por Cronometragem	43
3.3	Conclusões do Capítulo	46
4	Ergonomia no Trabalho	47
4.1	Definição e Objetivos da Ergonomia	47
4.2	Domínios de Especialização e Contribuição da Ergonomia	49
4.2.1	Domínios de Especialização	49
4.2.2	Contribuição Ergonómica	50
4.3	Ergonomia no Posto de Trabalho	52
4.3.1	Utilização do Corpo Humano no Trabalho	53
4.3.2	Disposição e Organização do Posto de Trabalho	54
4.4	Antropometria	56
4.4.1	Antropometria Estática	57
4.4.2	Antropometria Dinâmica	59
4.5	Conclusões do Capítulo	62
5	Desenvolvimento de um Sistema de Formar Caixas	63
5.1	Levantamento do Problema	63

5.1.1	Funcionamento das Linhas Banheiras e Chuveiros . . .	64
5.1.2	Estudo de Tempos por Cronometragem das Linhas BC	67
5.2	Fase de Projeto e Implementação	74
5.2.1	Análise do Processo de Formação da Caixa	75
5.2.2	Projeto do Ensaio Manual	77
5.2.3	Projeto do Ensaio Semi-Automático	79
5.2.4	Definição do Atuador Pneumático a Utilizar	86
5.2.5	Solução Para Sucção de Ar - Princípio de Venturi . . .	88
5.2.6	Definição das Válvulas de Impulso a Utilizar	88
5.2.7	Válvula Temporizadora	89
5.2.8	Válvula com Botão de Acionamento	89
5.2.9	Regulador de Pressão a Utilizar	89
5.3	Conclusões do Capítulo	99
6	Alteração de Linhas de Montagem	101
6.1	Projeto Banheiras e Chuveiros	102
6.1.1	Metodologia Adotada - 1.º Posto de Trabalho	102
6.1.2	Apresentação dos Projetos e Implementações Finais .	119
6.2	Projeto Lavatórios e Bidés	124
6.3	Projeto <i>Pick-on-Light</i> - Bancada CZ04	126
6.4	Projeto Cartuchos Termostáticos	128
6.4.1	Análise do Funcionamento da Linha dos Cartuchos . .	129
6.4.2	Ações Realizadas	131
6.5	Conclusões do Capítulo	137
7	Projeto Bancada Universal - Teste de Estanquidade	139
7.1	Levantamento do Problema	140
7.1.1	Circuito Pneumático Existente	141
7.2	Modelação do Projeto	144
7.2.1	Melhorias Propostas	144

7.3	Lista de Material e Orçamentos	156
7.4	Conclusões do Capítulo	156
8	Conclusões Finais e Perspetivas Futuras	159
8.1	Conclusões do Projeto do Sistema de Formar Caixas	160
8.1.1	Trabalho Futuro no Sistema de Formar Caixas	160
8.2	Conclusões da Alteração de Linhas de Montagem	161
8.2.1	Trabalho Futuro do Projeto de Alteração das Linhas de Montagem	163
8.3	Conclusões do Projeto Bancada Universal	164
8.3.1	Trabalho Futuro do Projeto Bancada Universal	164
8.4	Conclusão	164
	Referências Bibliográficas	167
	Anexo A. Layout do Departamento de Montagem	171
	Anexo B. Tempos Cronometrados de Diferentes Produtos	176
	Anexo C. Desenhos Técnicos e Fotografias do Gabari	190
	Anexo D. Características Técnicas e Dimensões da Ventosa FESTO	192
	Anexo E. Características Técnicas e Dimensões do Gerador de Vácuo FESTO	195
	Anexo F. Características Técnicas e Dimensões da Válvula Temporizadora FESTO	196
	Anexo G. Características Técnicas e Dimensões da Válvula com Botão de Acionamento FESTO	198

Anexo H. Características Técnicas e Dimensões do Regulador de Pressão FESTO	200
Anexo I. Características Técnicas e Dimensões do Sensor Magnético FESTO	202
Anexo J. Desenho Técnico da Bancada de Embalagem	204
Anexo L. Desenhos Técnicos do Suporte para Cola	207
Anexo M. Desenho Técnico do Suporte de O-rings e Inserção do Inversor	212
Anexo N. Dimensões da Bancada <i>Pick-on-Light</i>	213
Anexo O. Desenho Técnico da Bancada de Teste de Estanquidade	215
Anexo P. Lista de Material e Orçamento para Bancada de Teste de Estanquidade	218

Esta página foi intencionalmente deixada em branco.

Lista de Figuras

2.1	Fotografia das instalações da Grohe Portugal.	8
2.2	Sequência do processo de fabrico.	9
2.3	Diagrama de processo de fabrico do Departamento de Macharia e Fundição.	10
2.4	Machos de areia (esquerda) e coquilha (direita).	11
2.5	Processo de vazamento (esquerda) e obtenção da torneira no estado bruto (direita).	12
2.6	Resultado final do Departamento de Macharia e Fundição. . .	13
2.7	Diagrama do processo de fabrico do Departamento de Maquinagem.	14
2.8	Estação de maquinação CNC.	15
2.9	Corpos maquinados.	16
2.10	Diagrama do processo de fabrico do Departamento de Lixamento e Polimento.	17
2.11	Lixamento da peça com recurso a robô.	18
2.12	Estação de lixamento manual.	19
2.13	Estação de polimento automático.	20
2.14	Resultado final do Departamento de Lixamento e Polimento. . .	20
2.15	Diagrama do processo de fabrico do Departamento de Galvânica. . .	22
2.16	Suspensões metálicas com corpos no processo de elevação. . .	23
2.17	Estação de descromagem e desniquelagem.	24
2.18	Resultado do processo de descromagem e desniquelagem. . . .	24
2.19	Resultado final do Departamento de Galvânica.	25

2.20	Diagrama do processo de fabrico do Departamento de Montagem.	27
2.21	Organização (esquerda) e aspeto das linhas de montagem (direita).	28
2.22	Exemplo de produto da Família BC.	29
2.23	Exemplo de produto da Família CL.	30
2.24	Exemplos de produtos da Família CZ.	30
2.25	Exemplo de produto da Família CM.	31
2.26	Exemplos de produtos da Família LB.	31
2.27	Exemplo de produto da Família TH.	32
2.28	Exemplo de produto da Família BR.	32
2.29	Exemplo de produto da Família CTHx.	33
2.30	Abastecimento por suspensões e caixas.	34
2.31	Exemplo de um dinâmico do Departamento de Montagem. . .	35
2.32	Comboio de abastecimento e carro manual.	35
2.33	Organograma dos departamentos de suporte.	36
3.1	Modelo de sistema de produção (Perales, 2001).	41
4.1	Variação das alturas das bancadas conforme o tipo de trabalho, adaptado de Grandjean and Kroemer (2005).	55
4.2	Medidas antropométricas estáticas, adaptado de Iida (1997). .	58
4.3	Planos tri-ortogonais, adaptado de Iida (1997).	59
4.4	Movimentos de rotações corporais considerados na antropometria dinâmica Iida (1997).	61
4.5	Superfície normal e máxima de trabalho (Gonçalves, 2013). .	62
5.1	<i>Layout</i> das linhas BC da fábrica.	64
5.2	Exemplos de produtos da família BC.	65
5.3	Representação das operações elementares da linha BC01. . . .	67
5.4	Distribuição dos tempos do produto Monotrou.	70

5.5	Redistribuição dos tempos do produto Monotrou.	71
5.6	Sequência de dobragens durante o processo de formação da caixa.	76
5.7	Gráfico duas mãos do processo de formação da caixa.	76
5.8	<i>Mock-up</i> do gabari em cartão.	77
5.9	Processo de formação da caixa com o ensaio manual.	78
5.10	Gráfico duas mãos do processo de formação da caixa no ensaio manual.	79
5.11	Primeira proposta de solução - projetado no Autodesk Inventor.	80
5.12	Esboço de partida para o mecanismo desenvolvido.	81
5.13	Projeto da bancada de testes (à esquerda) e respetiva construção (à direita).	82
5.14	Primeiro projeto do gabari - elaborado no Autodesk Inventor.	83
5.15	Projeto final do gabari com sistema de ajuste - elaborado no Autodesk Inventor.	84
5.16	Fotografia do gabari desenvolvido.	84
5.17	Dimensões das possíveis ventosas de sucção a utilizar.	85
5.18	Projeto do suporte para ventosas, vista superior (à esquerda) e vista inferior (à direita).	87
5.19	Projeto do suporte para cilindro, vista superior (à esquerda) e vista inferior (à direita).	87
5.20	Fotografia dos componentes utilizados na primeira experiência efetuada.	90
5.21	Fotografia do sensor mecânico acoplado ao suporte das ventosas.	91
5.22	Circuito pneumático do projeto - elaborado no FluidSIM-P.	93
5.23	Projeto 3D do equipamento - elaborado no Autodesk Inventor.	95
5.24	Fotografia do equipamento desenvolvido.	96
5.25	Etapas do ciclo de trabalho do equipamento.	97

6.1	Fotografia da bancada com as dimensões correspondentes à situação inicial (à esquerda) e com melhoria (à direita). . . .	104
6.2	Fotografia da disposição das rampas dimensionadas consoante o tamanho da caixa.	106
6.3	Fotografia dos tubos de acondicionamento de componentes. .	106
6.4	Fotografia das rampas desenvolvidas (em cima) e apresentação da nova forma de acondicionamento de componentes (em baixo).107	
6.5	Fotografia da situação inicial da bancada com tampo. . . .	108
6.6	Fotografia da situação final com eliminação do tampo da bancada e padronização das ferramentas.	108
6.7	Fotografia que ilustra a falta de acesso ao local descrito. . . .	110
6.8	Novo local do armazenamento das ferramentas obsoletas. . . .	111
6.9	Novo local de armazenamento das torneiras padrão.	111
6.10	Fotografia do pano utilizado inicialmente (à esquerda) e novo pano super micro-fibra (à direita).	112
6.11	Fotografia do alimentador automático de parafusos.	113
6.12	Fotografia da instalação da alimentação automática de parafusos na linha de montagem.	114
6.13	Fotografia da situação inicial (à esquerda) e situação final (à direita).	115
6.14	Fotografia da disposição do frasco de cola, tabuleiro de alumínio e recipiente de plástico antes da alteração.	116
6.15	Suporte para cola - projeto 3D (à esquerda) e respetiva implementação na linha (à direita).	117
6.16	Situação inicial (em cima) e projeto 3D para o novo suporte (em baixo).	119
6.17	Projeto 3D da bancada do primeiro posto de trabalho da linha de montagem BC01 - elaborado no <i>software</i> Sketchup. . . .	120

6.18	Fotografia da bancada do primeiro posto de trabalho da linha de montagem BC01, antes das alterações.	121
6.19	Fotografia da bancada do primeiro posto de trabalho da linha de montagem BC01, depois das alterações.	121
6.20	Projeto 3D da bancada do primeiro posto de trabalho da linha de montagem BC03 - elaborado no <i>software</i> Sketchup.	122
6.21	Fotografia da bancada do primeiro posto de trabalho da linha de montagem BC03, antes das alterações.	123
6.22	Fotografia da bancada do primeiro posto de trabalho da linha de montagem BC03, depois das alterações.	123
6.23	Projeto 3D da bancada do primeiro posto de trabalho da linha de montagem LB03 - elaborado no <i>software</i> Sketchup.	124
6.24	Fotografia da bancada do primeiro posto de trabalho da linha de montagem LB03, antes das alterações.	125
6.25	Fotografia da bancada do primeiro posto de trabalho da linha de montagem LB03, depois das alterações.	125
6.26	Gráfico da rejeição <i>Firewall</i> relativo ao ano de 2015.	126
6.27	Sensores utilizados (à esquerda) e exemplo de aplicação (à direita).	127
6.28	Projeto da bancada CZ04 - elaborado em Autodesk Inventor.	128
6.29	<i>Layout</i> das linhas de montagem CTH3 e CTH4	129
6.30	Fotografia do <i>layout</i> da operação realizada pelo robô.	130
6.31	Sequência de cargas e descargas entre a palete de entrada (em baixo) e a respetiva palete de saída (em cima).	131
6.32	Fotografia da garra do robô a pegar num cartucho da palete de entrada. Situação inicial (à esquerda) e situação final (à direita).	133

6.33	Fotografia da garra do robô a colocar/retirar cartucho da máquina do teste de água. Situação inicial (à esquerda) e situação final (à direita).	133
6.34	Fotografia de duas paletes de entrada.	134
6.35	Mensagem apresentada ao operador.	135
6.36	Fotografia que ilustra o início do ciclo de incremento dos contadores.	136
6.37	Sequência de incremento dos contadores.	137
7.1	Fotografia do equipamento de um teste de estanquidade. . . .	142
7.2	Circuito pneumático existente nas linhas.	143
7.3	Alteração da altura da bancada, situação inicial (à esquerda) e proposta de melhoria (à direita).	145
7.4	Alteração da profundidade da bancada, situação inicial (à esquerda) e proposta de melhoria (à direita).	146
7.5	Isolamento da zona de trabalho com acrílico, situação inicial (à esquerda) e proposta de melhoria (à direita).	146
7.6	Foto-células até à extremidade superior, situação inicial (à esquerda) e proposta de melhoria (à direita).	147
7.7	Integração de um HMI, situação inicial (à esquerda) e proposta de melhoria (à direita).	147
7.8	Inserção de porta, situação inicial (à esquerda) e proposta de melhoria (à direita).	148
7.9	Colocação dos botões fora da zona de trabalho, situação inicial (à esquerda) e proposta de melhoria (à direita).	148
7.10	Colocação do PLC no interior do quadro elétrico, situação inicial (à esquerda) e proposta de melhoria (à direita).	149
7.11	Integração das fichas de ligação no acrílico traseiro, situação inicial (à esquerda) e proposta de melhoria (à direita).	149

7.12	Fixação de rodas na bancada, situação inicial (à esquerda) e proposta de melhoria (à direita).	150
7.13	Alteração da iluminação, situação inicial (à esquerda) e proposta de melhoria (à direita).	150
7.14	Implementação de um sensor mecânico no batente da porta, situação inicial (à esquerda) e proposta de melhoria (à direita).	151
7.15	Circuito pneumático desenvolvido para a bancada de teste de estanquidade, elaborado no FluidSIM-P.	153
7.16	Projeto 3D da bancada de teste de estanquidade - desenvolvido em Autodesk Inventor.	155
8.1	Evolução da produtividade das linhas BC.	162

Esta página foi intencionalmente deixada em branco.

Lista de Tabelas

1.1	Calendarização do estágio.	4
5.1	Ilustração das operações de montagem do produto Monotrou.	66
5.2	Tempos de ciclo (em segundos) das operações elementares do produto Monotrou.	69
5.3	Comparação de resultados entre a situação inicial e a situação balanceada.	72
5.4	Cálculo dos ganhos com introdução da melhoria.	73
5.5	Cronometragem dos novos tempos de formação da caixa.	98
6.1	Tipos de caixas acondicionadas na bancada.	105

Esta página foi intencionalmente deixada em branco.

Lista de Acrónimos e Siglas

- BC** Banheiras e Chuveiros
- BR** *Blue and Red*
- CL** Clássicas
- CI** Centro de Informação
- CM** Cozinhas Mintas
- CNC** *Computer Numerical Control*
- CTH** Cartuchos Termostáticos
- CZ** Cozinhas
- HMI** *Human Machine Interface*
- IEA** *International Ergonomics Association*
- ISEP** Instituto Superior de Engenharia do Porto
- JIT** *Just in Time*
- LB** Lavatórios e Bidés
- LS** Laser
- OIT** Organização Internacional do Trabalho
- PLC** *Programable Logic Controller*

PM Pré-Montagem

SAP *Systems Applications and Products in data processing*

TC Tempo de Ciclo

TH Termostáticas

TN Tempo Normal

TPI Título Padronizado Integrado

VE Válvulas Embutidas

Capítulo 1

Introdução

Este documento pretende descrever todo o trabalho desenvolvido na Grohe Portugal, no âmbito da unidade curricular da Tese/Dissertação, do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores - Ramo de Automação e Sistemas, do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP). O principal foco deste trabalho reside na melhoria, automação e simplificação ergonómica de linhas de montagem de torneiras, desenvolvendo-se para isso ferramentas e equipamentos que auxiliem nas atividades de montagem dos produtos produzidos no Departamento de Montagem.

Neste capítulo encontra-se uma breve apresentação da empresa, bem como uma explicação do problema que levou a Grohe a efetuar a proposta de estágio. De seguida são apresentados os objetivos que se pretendem alcançar ao longo do estágio e uma calendarização das diferentes atividades desenvolvidas, terminando com uma descrição da organização do documento.

1.1 Enquadramento e Motivação

O grupo Grohe, fundado por Friedrich Grohe no ano de 1936, atua na área de investigação, produção e desenvolvimento de componentes sanitários, especialmente torneiras. Atualmente, o grupo Grohe, líder mundial em torneiras, apresenta uma estrutura empresarial constituída por seis unidades de produção distribuídas pelo mundo (três na Alemanha, e as restantes em Portugal, México e Tailândia), tendo sido a fábrica situada no distrito de Aveiro, mais especificamente em Albergaria-a-Velha, destacada como a melhor do grupo, três vezes consecutivas.

Nesse sentido, a Grohe Portugal, para além de produzir produtos para outras fábricas do grupo, apresenta a particularidade de produzir produtos exclusivos desta fábrica, como é o caso das torneiras Minta Touch, Grohe Blue e Termostáticas Grohtherm 1000 Cosmopolitan, contribuindo, desta forma, para cerca de 25% da produção total da marca.

Quanto ao sistema de administração da produção, a Grohe trabalha em política *Just in Time* (JIT), em que nada é produzido, transportado ou comprado antes de ser necessário. A fábrica apresenta condições de trabalho satisfatórias para o seus colaboradores porém, a constante busca por soluções de melhoria e automatização das várias linhas que constituem o Departamento de Montagem levou esta unidade de produção a formalizar uma proposta de Tese/Dissertação ao ISEP. Pela parte do autor, a escolha desta proposta de projeto foi motivada pelo desejo de realizar o estágio curricular no âmbito da engenharia industrial, de forma a ter uma perceção mais específica sobre a área.

1.2 Objetivos

O objetivo principal do presente estágio curricular é melhorar e automatizar as linhas de produção do Departamento de Montagem da Grohe.

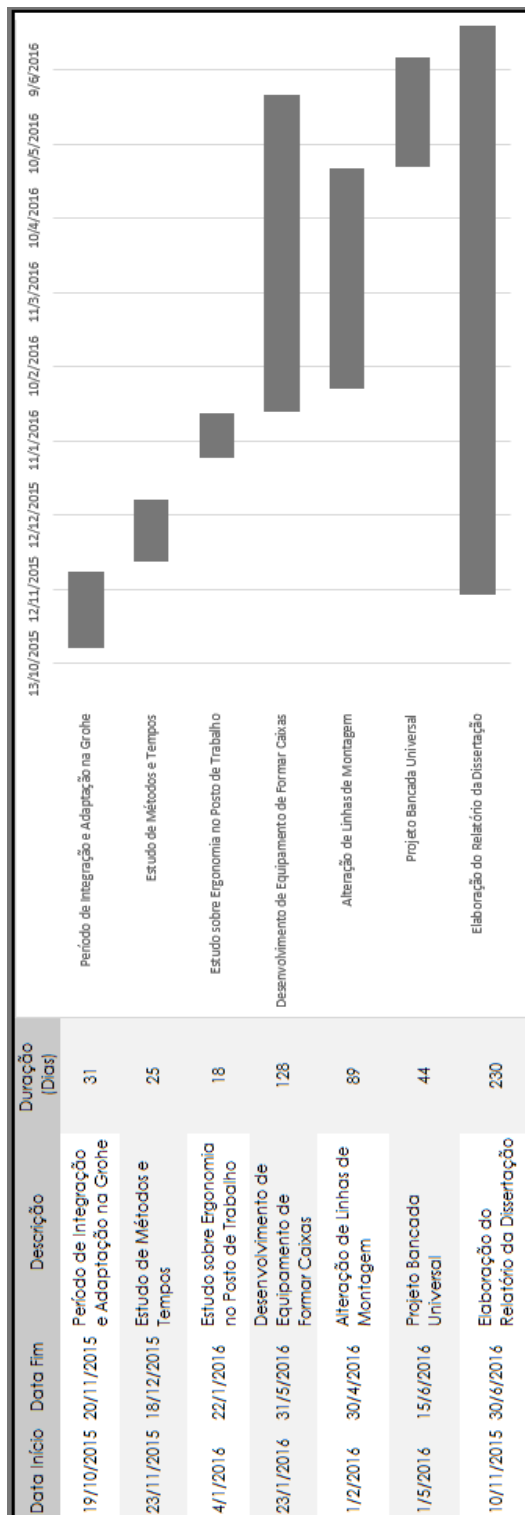
Inicialmente, será realizado um estudo de métodos e tempos, com principal ênfase no método de estudo de tempos por cronometragem, de modo a determinar os tempos gastos pelos operadores para realizar as diversas tarefas e desta forma ser possível proceder-se ao balanceamento das linhas de montagem. Terminado o balanceamento das linhas de montagem, serão consideradas as tarefas que poderão ser melhoradas contribuindo para o aumento do *output*. O melhoramento destas tarefas tem em vista a introdução de robótica e desenvolvimento de equipamentos que auxiliem os operadores tanto em aspetos ergonómicos como em aspetos de produção.

Para além do melhoramento das tarefas efetuadas nas linhas de montagem, este estágio tem ainda por objetivo desenvolver e construir novas bancadas de trabalho de forma a adequar, o mais possível, os postos de trabalho aos operadores, principalmente a nível ergonómico.

1.3 Calendarização

A calendarização dos principais projetos a realizar durante o presente estágio curricular foi planeada pelo autor de acordo com a Tabela 1.1, onde se pode observar o tempo dedicado a cada fase. Como se trata de um ambiente industrial, ocorreram alterações relativamente ao planeamento efetuado inicialmente, porém foram cumpridas todas as etapas.

Tabela 1.1: Calendarização do estágio.



1.4 Estrutura da Dissertação

Nesta secção apresenta-se a estrutura desta dissertação, a qual é constituída pelos seguintes oito capítulos:

Após este primeiro capítulo introdutório, o segundo capítulo destina-se à apresentação de toda a estrutura, organização e processo de fabrico da Grohe Portugal.

No Capítulo três, é efetuada uma abordagem teórica ao estudo de métodos e tempos, que se revelou um estudo importante na fase de balanceamento e levantamento do problema das linhas, identificando as tarefas que deveriam ser melhoradas.

No capítulo seguinte, o Capítulo quatro, é realizado um estudo teórico sobre ergonomia no posto de trabalho, que pretende auxiliar nas escolhas e decisões praticadas durante os projetos desenvolvidos no estágio.

Seguidamente, no quinto capítulo são descritos todos os passos efetuados relativos ao desenvolvimento de um sistema pneumático para formar caixas de forma semi-automática.

No capítulo sexto aborda-se todo o trabalho realizado durante as alterações das linhas de montagem da fábrica, desde a construção de bancadas até ao desenvolvimento de ferramentas que auxiliam na execução do trabalho realizado pelos operadores da linha.

No Capítulo sete apresenta-se o projeto de um equipamento designado “teste universal”, que tem como finalidade efetuar o teste de ar às torneiras, de modo a perceber-se se estas estão ou não com fugas. Este projeto surgiu do intuito de se adotar o mesmo teste de ar a qualquer tipo de torneira.

O oitavo capítulo destina-se às conclusões finais de todo o trabalho desenvol-

vido, bem como à apresentação de propostas de possíveis melhorias futuras.

Por fim, o final desta dissertação é reservado para os Anexos onde constam todos os documentos técnicos consultados, bem como, documentos elaborados que não constam no corpo do relatório mas que servem de base para melhor compreensão do que é descrito.

Capítulo 2

A Grohe Portugal

No presente capítulo será inicialmente elaborada uma apresentação detalhada da Grohe Portugal, onde serão descritos todos os departamentos de produção existentes, bem como todo o processo de fabrico, desde a obtenção da matéria-prima até à expedição do produto final, o qual é posteriormente enviado para o centro logístico, localizado na Alemanha, para se submeter a uma última verificação de qualidade.

Numa segunda parte, será explicado de forma específica todo o funcionamento do Departamento de Montagem, de forma a perceber-se quais as limitações deste centro produtivo.

2.1 Apresentação da Grohe Portugal

O grupo Grohe, fundado pelo alemão Friedrich Grohe em 1936, nasceu na Alemanha tendo sido adquirido recentemente por um consórcio japonês denominado grupo Lixil.

A Grohe Portugal - Componentes Sanitários, Lda. situa-se no distrito de

Aveiro, mais precisamente em Albergaria-a-Velha (Figura 2.1) e é uma das cinco fábricas que constituem o grupo, tendo sido inaugurada a 28 de maio de 1998. O seu funcionamento teve início em setembro de 2000 e à data já apresentava uma capacidade de produção de cerca de um milhão de produtos acabados por ano.

A elevada procura pelos produtos da Grohe levou a uma reestruturação da fábrica, expandindo a sua área para onze mil metros quadrados. Esta reestruturação elevou a capacidade de produção para cerca de cinco mil milhões de produtos anuais, o que representa cerca de 25% da produção atual da marca.

Relativamente ao fluxo de fabrico, a empresa encontra-se dividida em cinco grandes departamentos que sequenciam os diferentes processos a serem executados na criação de uma torneira, sendo eles, os Departamentos de Macharia e Fundição, Maquinagem, Lixamento e Polimento, Galvânica e, por fim, o Departamento de Montagem.

A empresa funciona seis dias por semana, durante vinte e quatro horas por dia, e conta com a colaboração de cerca de oitocentos funcionários, organizados por turnos rotativos de oito horas.



Figura 2.1: Fotografia das instalações da Grohe Portugal.

2.2 O Processo de Fabrico

Nesta subsecção serão apresentados os cinco departamentos que constituem a Grohe Portugal. Estes departamentos encontram-se dispostos conforme a sequência do processo de fabrico que acompanha todo o processo de transformação da matéria-prima (liga metálica à base de latão) até à obtenção do produto final, a torneira, como se mostra na Figura 2.2.

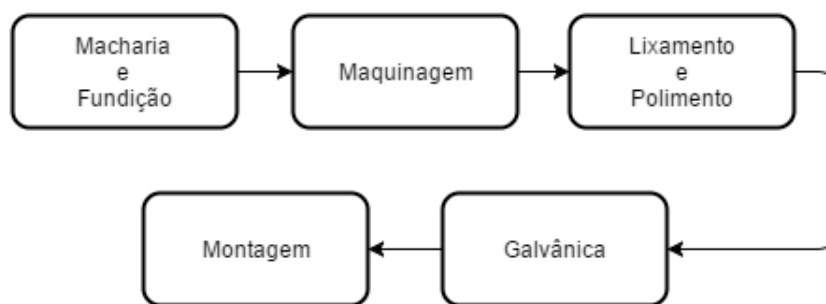


Figura 2.2: Sequência do processo de fabrico.

2.2.1 Macharia e Fundição

Este departamento representa a primeira fase de toda a atividade produtiva da Grohe. É aqui que se inicia o processo de fusão de vários metais que dará origem à liga metálica. De forma a entender-se o processo de fabrico do departamento de Macharia e Fundição, encontra-se na Figura 2.3 um diagrama explicativo. De referir que, no diagrama, a operação identificada como “sucata” representa a sucata central da fábrica, onde todos os corpos de torneiras são depositados quando são detetados defeitos. Neste local os corpos das torneiras são submetidos a um processo inverso, ou seja, os corpos são fundidos transformando-se em liga de metal. A liga é submetida a uma inspeção de qualidade e, no caso de preencher os devidos requisitos, é vazada na coquilha com o respetivo macho para se reiniciar o processo de fabrico.

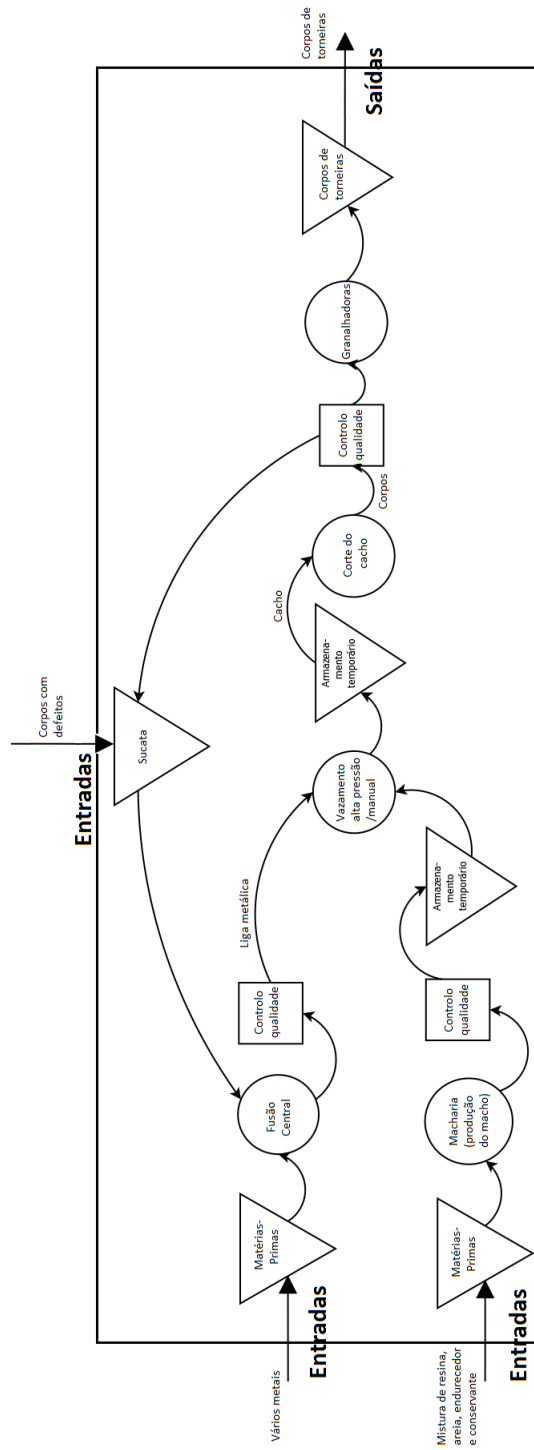


Figura 2.3: Diagrama de processo de fabrico do Departamento de Macharia e Fundição.

Para se produzir uma peça são necessários três constituintes: o macho de areia (Figura 2.4, à esquerda), a coquilha (Figura 2.4, à direita) e a liga metálica, sendo apenas a coquilha adquirida externamente.

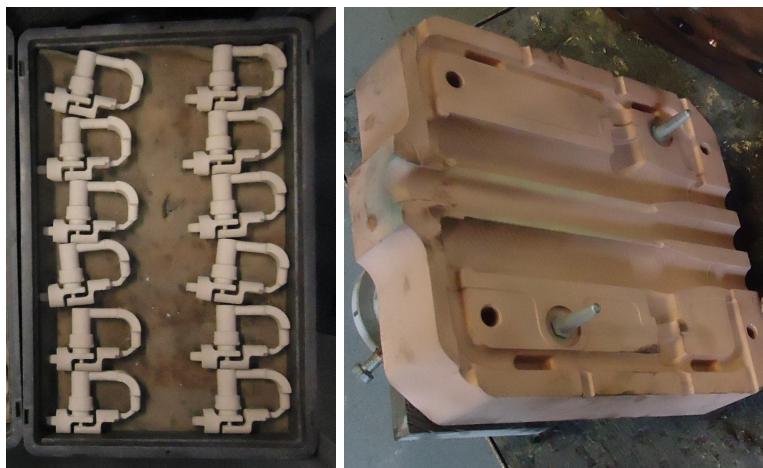


Figura 2.4: Machos de areia (esquerda) e coquilha (direita).

A secção de Macharia é responsável pela produção dos machos de areia que se destinam a fazer as cavidades internas das torneiras. Estes são obtidos através da introdução de uma mistura de resina, areia, endurecedor e conservante nas caixas de machos, cuja forma depende do tipo de torneira pretendida.

Após colocada esta mistura nas caixas de machos, o conjunto é submetido a uma temperatura que ronda os 220 °C, fazendo com que o catalisador, por ação do calor, acelere o processo químico da resina, solidificando a mistura.

Para finalizar, os machos de areia são rebarbados de forma a retirar o material em excesso, e inseridos nas coquilhas por forma a receberem o vazamento da liga metálica.

A secção de Fundição é responsável pela produção da liga metálica. Esta deriva da fusão de vários metais que são submetidos a temperaturas elevadas, entre 1000 e 1100 °C, dentro de um forno.

Estando produzida a liga metálica, resta vazá-la para o interior do molde (Figura 2.5, à esquerda), preenchendo o espaço vazio entre a coquilha e o macho de areia, obtendo-se desta forma o corpo da torneira no estado bruto (Figura 2.5, à direita). De seguida, a peça é encaminhada para as estações de corte de forma a retirar os excessos de metal.

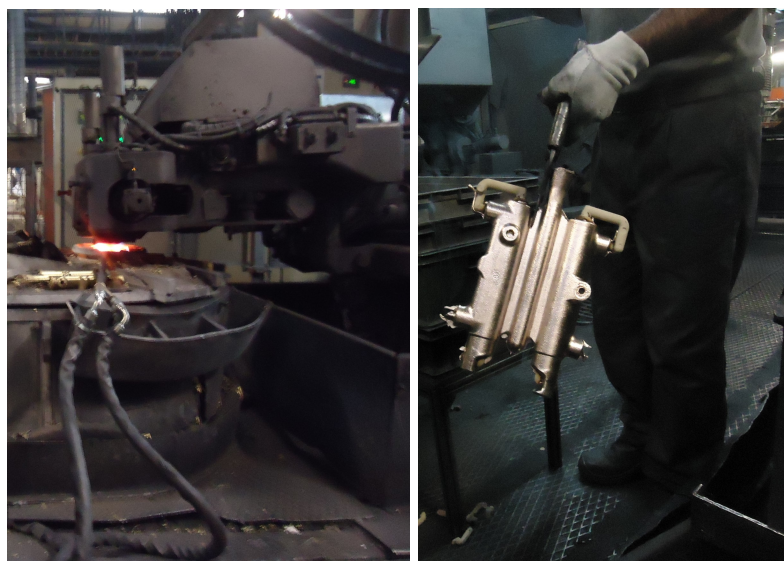


Figura 2.5: Processo de vazamento (esquerda) e obtenção da torneira no estado bruto (direita).

Na fase seguinte, depois de ser efetuado o corte do material em excesso, é necessário enviar as peças para dentro de uma máquina designada granalhadora. Nas granalhadoras os corpos são inseridos dentro de um tambor que, por rotação, faz com que estes embatam uns nos outros, retirando desta forma todos os restos de areia que poderão existir no interior dos corpos.

Após todo este processo realizado no departamento de Macharia e Fundição, os corpos das torneiras encontram-se prontos (ver Figura 2.6) para serem transferidos para o Departamento seguinte, a Maquinagem.

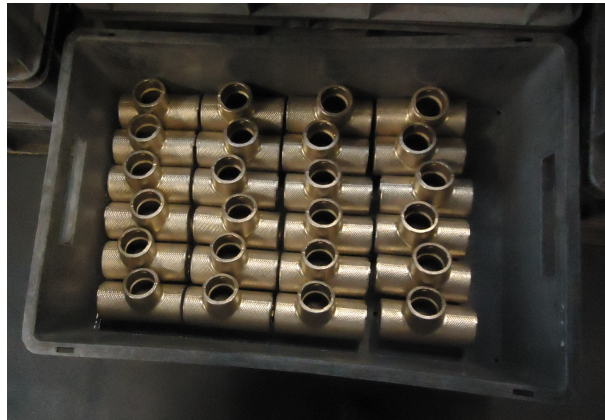


Figura 2.6: Resultado final do Departamento de Macharia e Fundição.

2.2.2 Maquinagem

Este departamento, como o próprio nome indica, é responsável por maquinar os corpos das torneiras provenientes do departamento anterior. As operações de maquinagem a serem efetuadas implicam, para além da remoção de material em excesso, consumir todas as furações e roscas necessárias para que, posteriormente, no Departamento de Montagem sejam introduzidos todos os componentes que integram a peça final, a torneira. No diagrama apresentado na Figura 2.7 encontra-se representado, de forma resumida, o processo de fabrico do Departamento de Maquinagem.

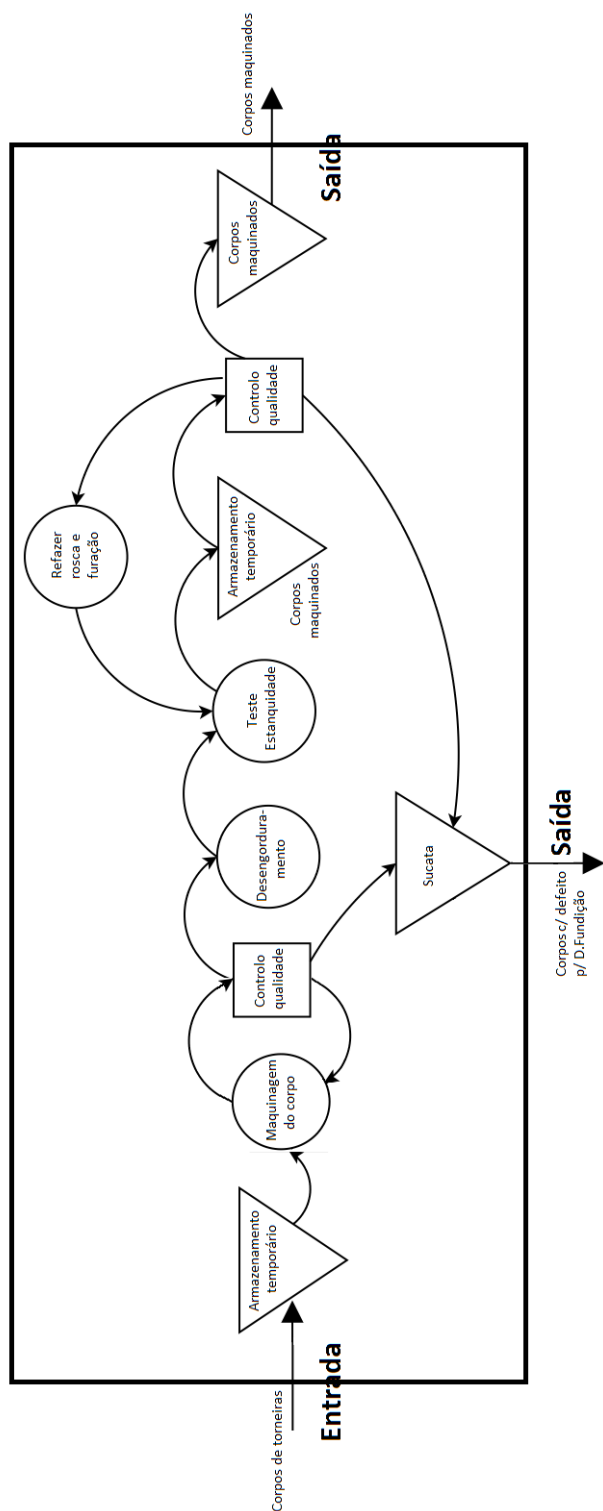


Figura 2.7: Diagrama do processo de fabrico do Departamento de Maquinagem.

O processo de maquinação é realizado de forma autónoma pelos centros de maquinação *Computer Numerical Control* (CNC), dos quais se apresenta um exemplo na Figura 2.8, sendo que os operários apresentam apenas a função de abastecer as máquinas com os corpos a serem maquiados, bem como proceder ao descarregamento dos mesmos após terminado o processo.

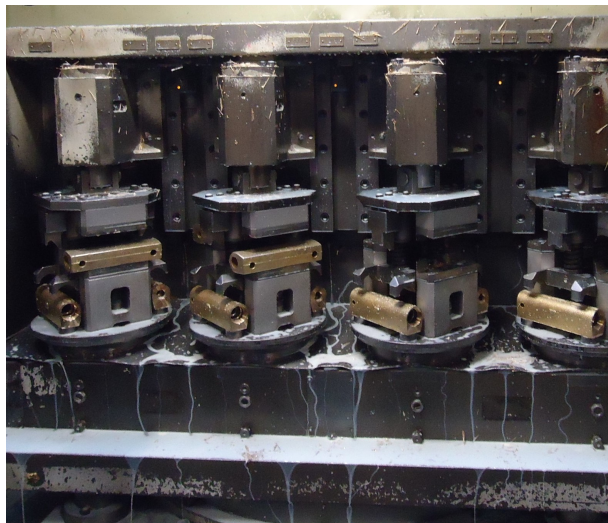


Figura 2.8: Estação de maquinação CNC.

Após este processo, os corpos maquiados, mostrados na Figura 2.9, são lavados e submetidos a testes de forma a averiguar a qualidade da peça produzida. Durante estes testes os corpos são sujeitos a uma inspeção visual por parte dos operários, de forma a avaliar a qualidade das furações e das roscas, e a testes de estanquidade, de forma a averiguar se a peça se encontra isenta de fugas. Na eventualidade de a peça produzida reprovar no teste de qualidade, esta é enviada novamente para o Departamento de Fundição para que seja reaproveitada. Após este processo, a peça é reenviada para o Departamento de Maquinação, para que seja maquiada e siga o restante processo.

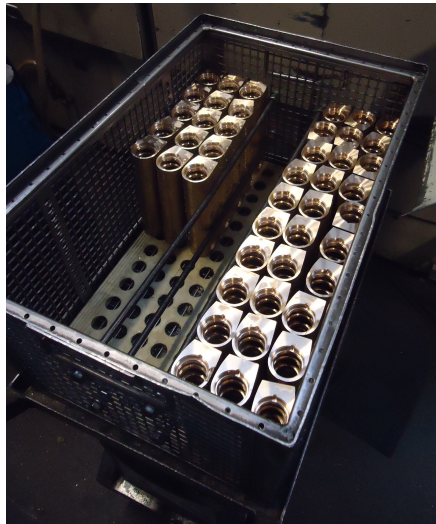


Figura 2.9: Corpos maquinados.

2.2.3 Lixamento e Polimento

No Departamento de Lixamento e Polimento são realizados tratamentos ao nível da superfície da peça. Este é um trabalho bastante minucioso e de extrema importância, dado que ocupa um papel relevante na aprovação de qualidade por parte do cliente final, não sendo tolerado qualquer tipo de defeito na peça. No diagrama da Figura 2.10 encontra-se representado, de forma resumida, o processo de fabrico do Departamento de Lixamento e Polimento.

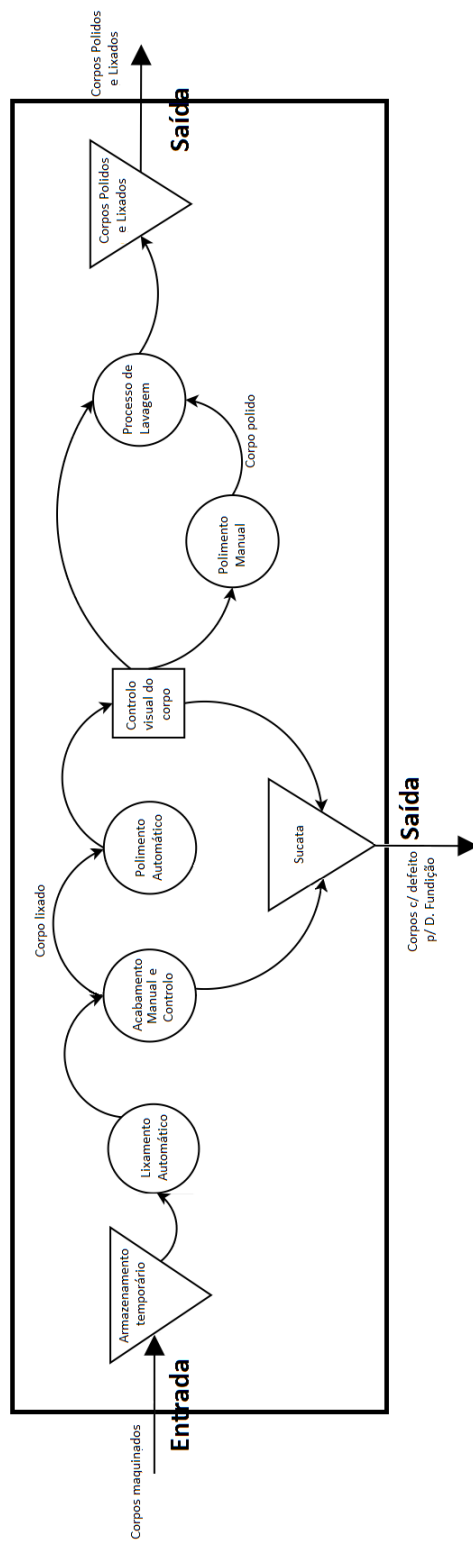


Figura 2.10: Diagrama do processo de fabrico do Departamento de Lixamento e Polimento.

Neste departamento são utilizados processos automáticos e manuais, tanto ao nível do lixamento como do polimento. Dito isto, e de modo a cumprir-se um tratamento superficial correto, é primeiro efetuado o lixamento da peça de forma automática, com recurso a robôs, que tratam a maior parte da superfície da peça, como se mostra na Figura 2.11.

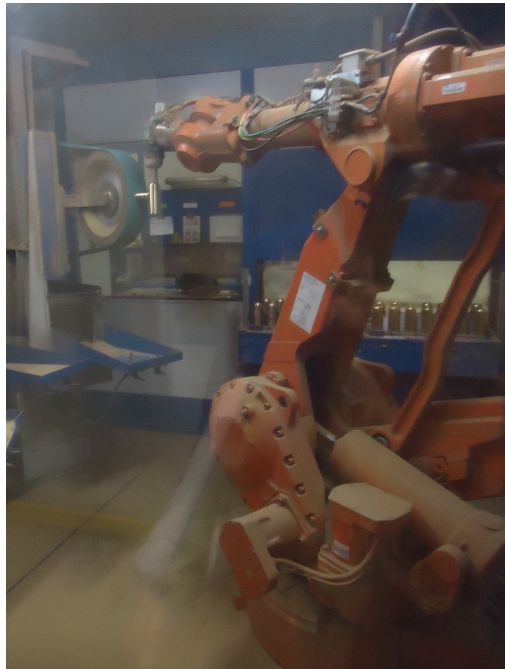


Figura 2.11: Lixamento da peça com recurso a robô.

Todavia, dependendo da complexidade da peça a ser lixada, podem existir zonas de difícil acesso para os robôs, sendo necessário recorrer ao processo de lixamento manual (mostrado na Figura 2.12 e realizado pelos operadores), que ficam responsáveis por tratar as áreas inalcançáveis pelo processo automático.



Figura 2.12: Estação de lixamento manual.

Concluído o processo de lixamento, todas as peças são sujeitas a uma inspeção visual por parte dos operadores, com a finalidade de se certificar que as peças não apresentam qualquer tipo de defeito. Em caso de sucesso estas são encaminhadas para o processo de polimento; caso contrário são assinalados os defeitos detetados e reenviadas para o posto de lixamento manual de forma a recuperar-se as áreas com defeito. Na eventualidade de ser detetado um defeito incorrigível, a peça é enviada para a sucata.

Por fim, findo o processo de lixamento, todas as peças são polidas para que fiquem brilhantes, mais uma vez alternando entre os processos automáticos e manuais, sendo que aqui os processos automáticos são executados por máquinas CNC (como se mostra na Figura 2.13).



Figura 2.13: Estação de polimento automático.

Após serem polidas as peças são inspecionadas e, caso passem na inspeção, estas passam por um processo de lavagem e desengorduramento. Findo este processo, os corpos encontram-se prontos para serem transferidos para o Departamento de Galvânica (Figura 2.14).



Figura 2.14: Resultado final do Departamento de Lixamento e Polimento.

2.2.4 Galvânica

Tal como o departamento anterior, a Galvânica também é responsável por tratar a superfície do corpo da torneira, ocorrendo aqui a última etapa do processo de tratamento, e dando origem ao aspeto final do corpo da torneira. Encontra-se representado na Figura 2.15 o diagrama explicativo do processo de fabrico do Departamento de Galvânica.

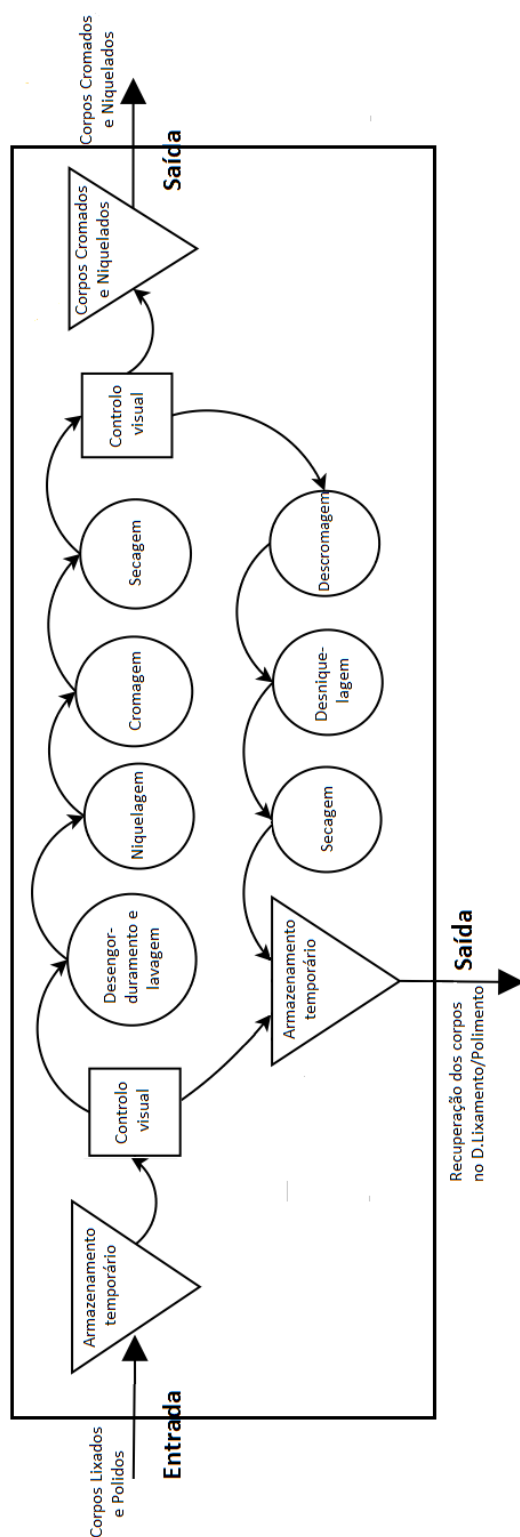


Figura 2.15: Diagrama do processo de fabrico do Departamento de Galvânica.

Ao chegarem do Departamento de Polimento e Lixamento, em suspensões metálicas, os corpos são colocados num elevador (que se ilustra na Figura 2.16), percorrendo depois as diferentes fases do processo de galvanoplastia¹, através de uma linha automatizada. O processo de galvanoplastia apresenta três diferentes fases, nomeadamente a limpeza, o banho de níquel (niquelagem) e o banho de crómio (cromagem), obtendo-se assim um aumento da durabilidade da peça e a cor cromada e brilhante característica, respetivamente.



Figura 2.16: Suspensões metálicas com corpos no processo de elevação.

Finalizado todo o processo, os corpos são inspecionados. Em caso de não conformidade com as especificações, estes são submetidos a um processo contrário, procedendo-se à sua descromagem e desniquelagem. Na Figura 2.17, encontra-se representada a estação de descromagem e desniquelagem. Nesta estação, os corpos suspensos num elevador horizontal seguem a respetiva rota, cumprindo as respetivas etapas.

¹ **Galvanoplastia** - constitui um dos métodos mais utilizados para a obtenção de revestimentos metálicos, com a principal finalidade de proteger uma peça metálica contra a corrosão.



Figura 2.17: Estação de descromagem e desniquelagem.

Após o elevador cumprir as várias etapas, obtém-se o resultado mostrado na Figura 2.18. O operador responsável por abastecer os elevadores transporta os corpos descromados e desniquelados para o Departamento de Lixamento e Polimento, que se encarrega da recuperação do corpo com defeito. Após recuperação do corpo da torneira este é reenviado para o Departamento de Galvânica, de forma a integrar o respetivo processo de fabrico.

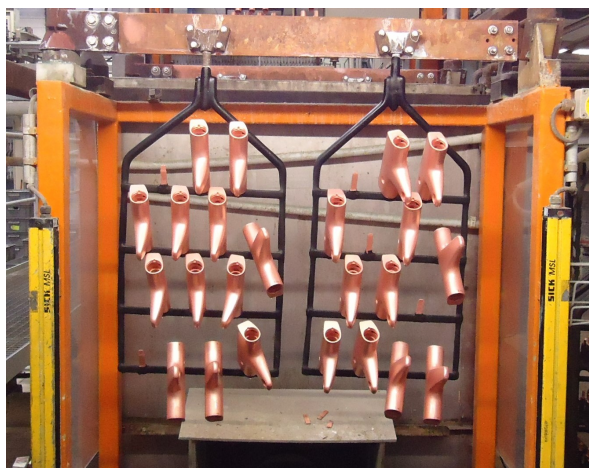


Figura 2.18: Resultado do processo de descromagem e desniquelagem.

Por outro lado, os corpos das torneiras que foram aprovados após a devida inspeção são encaminhados para o Departamento de Montagem, como se pode observar na Figura 2.19.



Figura 2.19: Resultado final do Departamento de Galvânica.

2.2.5 Montagem

O Departamento de Montagem é responsável por montar o produto final, sendo realizadas diversas operações que vão desde a montagem dos componentes que compõem o produto final, ao seu embalamento e paletização, até à sua expedição para o centro logístico situado na Alemanha.

Ainda aqui é realizada uma inspeção final e um conjunto de testes de pressão e estanquidade, de forma a averiguar mais uma vez a qualidade do produto final.

Uma vez que todo o trabalho a ser desenvolvido na empresa, durante a realização do estágio conducente a esta Dissertação de Mestrado, incide

unicamente no Departamento de Montagem, uma descrição mais detalhada sobre a sua organização e funcionamento é apresentada na próxima secção.

2.3 Departamento de Montagem

Na presente secção será realizada uma exposição mais detalhada sobre o Departamento de Montagem, no que diz respeito à organização das linhas de montagem, modo de funcionamento, constituição e estrutura, uma vez que o trabalho realizado foi aqui desenvolvido. Serão ainda descritas atividades que ocupam um papel secundário, mas que de igual forma são imprescindíveis para o bom funcionamento do Departamento. Com a finalidade de se entender o processo de fabrico do Departamento de Montagem, foi construído o diagrama da Figura 2.20.

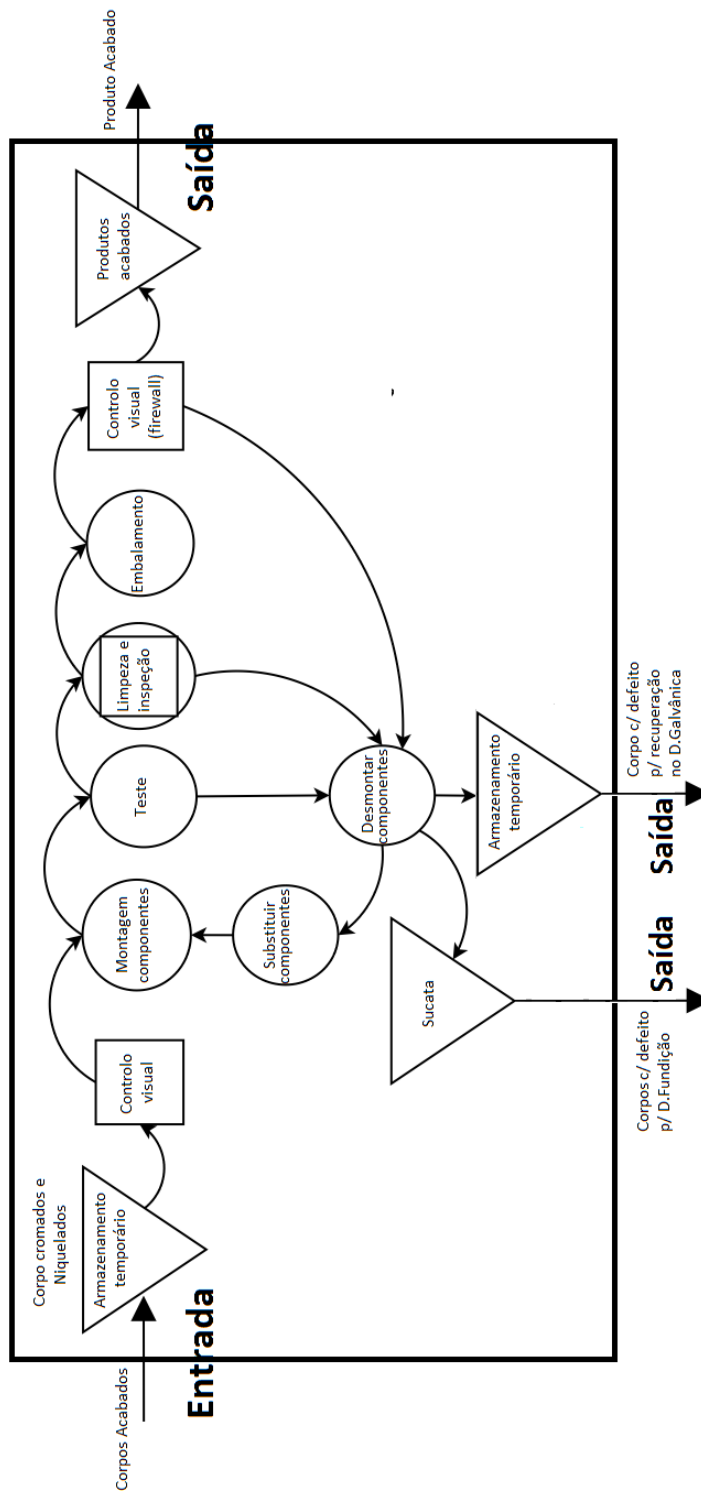


Figura 2.20: Diagrama do processo de fabrico do Departamento de Montagem.

2.3.1 Constituição, Estrutura e *Layout*

O Departamento de Montagem constitui o maior departamento da empresa, assim como o que integra mais operadores. Deste modo, é fundamental a existência de uma organização capaz de atender à montagem dos diferentes tipos de torneiras, mantendo-se o bom funcionamento do Departamento e, conseqüentemente, da empresa.

Para uma melhor visualização e compreensão da organização deste Departamento, apresenta-se no Anexo A o *layout* do Departamento de Montagem da Grohe Portugal.

Analisando este *layout* é possível verificar uma estrutura organizada e compacta, em que as linhas de montagem apresentam na maioria um formato em “U” (como se pode observar na Figura 2.21, à esquerda) de forma a que estas ocupem o menor espaço possível, proporcionando também uma aproximação entre os operadores presentes nas linhas de montagem (geralmente três operadores por linha) e conseqüentemente um aumento de entreaajuda entre estes (como se pode observar na Figura 2.21, à direita).

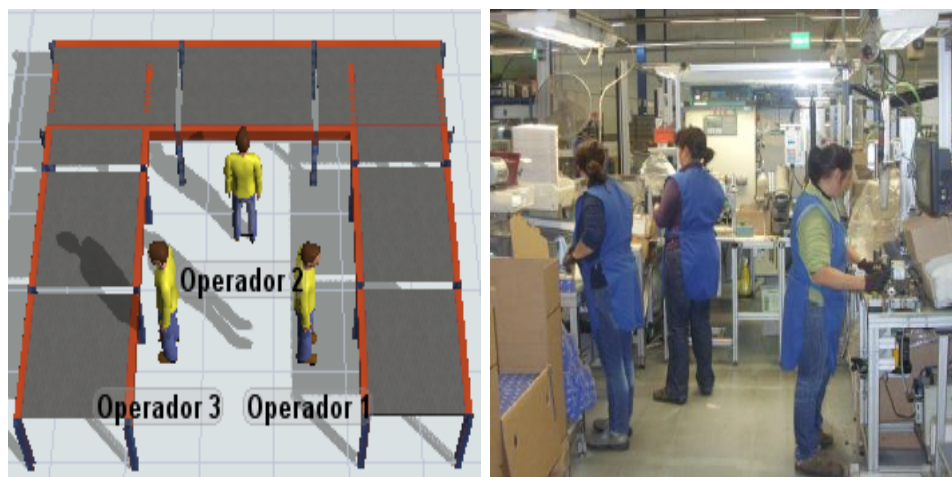


Figura 2.21: Organização (esquerda) e aspeto das linhas de montagem (direita).

Outra característica expressiva na organização deste Departamento, relativamente à disposição das linhas de montagem, é o facto de estas estarem classificadas por famílias, no qual os produtos são agrupados de acordo com a sua aplicação final. Nesse sentido, existem cerca de onze famílias distintas, em que cada uma possui um número de linhas que variam consoante as necessidades de produção da empresa.

Deste modo, apresenta-se a seguir a identificação de cada família com as respetivas linhas de montagem, e características que as permitem diferenciar.

- **Banheiras e Chuveiros (BC):** as linhas BC são responsáveis por produzir torneiras para banheiras e chuveiros, com o sistema monocomando para controlar o caudal e a mistura entre a água quente e a água fria (Figura 2.22). Esta família é composta por um total de quatro linhas de montagem.



Figura 2.22: Exemplo de produto da Família BC.

- **Clássicas (CL):** estas linhas de montagem são conhecidas por produzirem um produto chamado Clássica Costa (Figura 2.23), que é uma torneira com um estilo retro e utilitário com tecnologia *Grohe Star-Light*, que consiste num acabamento cromado radiante que resiste à sujidade e às manchas. Esta família é composta por um total de seis linhas de montagem.



Figura 2.23: Exemplo de produto da Família CL.

- **Cozinhas (CZ):** nas linhas CZ são produzidas torneiras para cozinhas, no qual se distinguem dois tipos de modelos: bica alta (Figura 2.24, esquerda) e bica baixa (Figura 2.24, direita). Estas podem ainda ter a função de chuveiro e ligação à máquina de lavar loiça. Esta família é constituída por cinco linhas de montagem.



Figura 2.24: Exemplos de produtos da Família CZ.

- **Cozinhas Mintas (CM):** nesta família são também produzidas torneiras para cozinhas, sendo a diferença que estas possuem uma tecnologia mais evoluída (ativação via contacto) apresentando também um design moderno, como se mostra na Figura 2.25. Esta família é constituída por um total de duas linhas.



Figura 2.25: Exemplo de produto da Família CM.

- **Lavatórios e Bidés (LB):** as linhas de montagem da família LB são responsáveis por produzir torneiras comuns para lavatórios (Figura 2.26, direita) e bidés (Figura 2.26, esquerda), com o sistema mono-comando. Esta família é composta por um total de cinco linhas de montagem.



Figura 2.26: Exemplos de produtos da Família LB.

- **Termostáticas (TH):** a família em questão é responsável por produzir torneiras termostáticas para banheira ou chuveiro (Figura 2.27). Este tipo de torneira apresenta diversas tecnologias, nomeadamente a *Grohe TurboStat* (permite manter a temperatura certa) e a *Grohe EcoJoy* (poupança de água integrada, que reduz o consumo de água

e energia). Esta família é composta por um total de cinco linhas de montagem.



Figura 2.27: Exemplo de produto da Família TH.

- **Blue and Red (BR):** na presente família são produzidas torneiras de gama alta para cozinhas (Figura 2.28). Este tipo de torneiras apresenta características específicas, sendo que através de um botão é possível obter água a 100°C, como também obter água gaseificada. Esta família é composta por um total de duas linhas.



Figura 2.28: Exemplo de produto da Família BR.

- **Cartuchos Termostáticos (CTHx):** nas linhas CTHx são produzidos cartuchos termostáticos (Figura 2.29). Estes são componentes que permitem controlar a temperatura da água, através de um limitador

ecológico. Após montados são transferidos para as linhas de montagem de torneiras de forma a integrar o produto final. Esta família é composta por um total de três linhas.



Figura 2.29: Exemplo de produto da Família CTHx.

- **Pré-Montagens (PM):** estas linhas são responsáveis por realizar pré-montagens (inserção de anéis, inversores, válvulas, emulsores...) dos componentes de certos produtos, que serão posteriormente transferidas para as linhas de montagem. Após estudos realizados, a gestão da produção concluiu que este seria um método a seguir pois permite um balanceamento mais uniforme das linhas. Esta família é composta por três linhas de montagem.
- **Laser (LS):** estas linhas são responsáveis pela gravação a laser do nome e logótipo da Grohe, bem como pelas indicações de água quente e água fria. Esta família é composta por um total de três linhas.
- **Válvulas Embutidas (VE):** nestas linhas são montadas válvulas embutidas, que apresentam a função de efetuar o corte da água na torneira. Esta família é composta por um total de duas linhas.

2.3.2 Abastecimento

A montagem constitui o Departamento com maior número de linhas de produção, e como tal possui um elevado número de trabalhadores. No sentido de se abastecer as linhas de forma a que a produção não seja interrompida por falta de material, foram concebidos diferentes tipos de abastecimento com a finalidade de suprir as necessidades de cada linha.

Deste modo, as linhas são abastecidas pelos corpos das torneiras e pelos vários componentes que irão constituir o produto final. Nesse sentido, os corpos são abastecidos de duas formas, mostradas na Figura 2.30: recorrendo à utilização de suspensões (esquerda) ou através de caixas plásticas (direita). De referir que o tipo de abastecimento é estabelecido no Departamento de Galvânica, antes de os corpos darem entrada no Departamento de Montagem.



Figura 2.30: Abastecimento por suspensões e caixas.

Relativamente aos componentes que integram o produto final, estes encontram-se armazenados nos armazéns dinâmicos do Departamento, que se mostram na Figura 2.31. Quando é emitida uma ordem de montagem de um determinado produto, pela unidade responsável do controlo da produção, os

abastecedores deslocam-se ao respetivo armazém dinâmico e abastecem as diferentes linhas de montagem. Nos dinâmicos os produtos encontram-se organizados por famílias e devidamente identificados de forma a que os abastecedores percam o menos tempo possível a encontrar os produtos.



Figura 2.31: Exemplo de um dinâmico do Departamento de Montagem.

Com o objetivo de abastecer várias linhas de montagem ao mesmo tempo e de forma eficaz, a Grohe dispõe de comboios de abastecimento, para abastecimentos em grandes quantidades (Figura 2.32, esquerda), e carros manuais, para abastecimento em pequenas quantidades (Figura 2.32, direita). Relativamente ao abastecimento por comboio, o abastecedor, tem de cumprir um circuito pré-definido para que consiga satisfazer as necessidades das linhas.



Figura 2.32: Comboio de abastecimento e carro manual.

2.4 Departamentos de Suporte

Ainda relacionado com o processo produtivo, existem outros departamentos da restante estrutura organizacional (denominados departamentos de suporte) que auxiliam diretamente as principais atividades do processo produtivo, através da disponibilização de recursos e condições necessárias para o bom funcionamento da empresa.

Nesse sentido, os diferentes departamentos de suporte são as Compras, a Informática, a Gestão Financeira, a Engenharia, a Logística, os Recursos Humanos e a Qualidade (Figura 2.33).

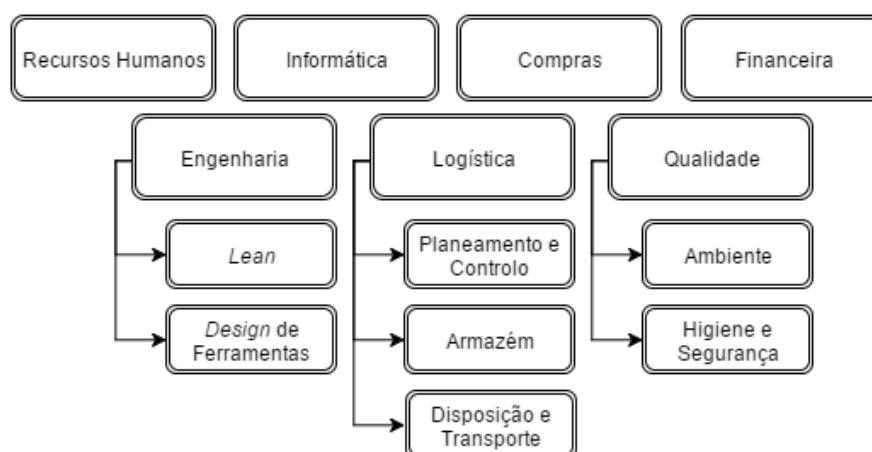


Figura 2.33: Organograma dos departamentos de suporte.

O Departamento de Recursos Humanos tem como objetivo principal integrar os colaboradores na empresa, através do reconhecimento e motivação, promovendo o sucesso, assumindo-se como parte integrante dos destinos da empresa. Para tal a empresa dispõe de alguns instrumentos de gestão, entre os quais os de Gestão de Desempenho e Formação.

A Informática é responsável pela manutenção de todo o material informático e pela gestão da plataforma SAP (*Systems Applications and Products in data processing*). O SAP é o *software* de gestão empresarial utilizado pela Grohe,

em que através de *PC Panels* colocados nos vários postos de trabalho, e do sistema de comunicação denominado *E-plant*, os operadores registam todas as informações correspondentes ao dia de trabalho.

No Departamento de Compras são coordenadas todas as relações de negócio entre a Grohe e os fornecedores no que se refere à aquisição de componentes a serem incorporados nos produtos finais, da forma mais vantajosa possível para a empresa, bem como equipamentos e serviços de gestão das instalações, gestão dos resíduos e subcontratação de operações de produção.

O Departamento de Gestão Financeira está encarregue do planeamento financeiro da Grohe, determinando os recursos financeiros, bem como os capitais próprios e alheios que possibilitem à empresa atingir e manter o nível de atividade desejada.

A Engenharia é o departamento responsável por diversas funções da organização, desde investimentos e controlo de custos, propostas de melhoria, métodos de produção e definição de tempos padrão necessários para o planeamento de produção (estudo de tempos e métodos).

A Logística é o departamento que está responsável por toda a logística interna da empresa, desempenhando desta forma diversas funções, das quais o planeamento e controlo da produção, armazenamento e transporte dos materiais para abastecimento das linhas de produção, sendo ainda responsável pela distribuição e expedição.

A Qualidade assume-se como um departamento de elevada importância para a Grohe, pois é responsável por certificar a qualidade do produto final apresentado ao cliente. Este departamento assegura a existência de técnicas, estratégias, métodos e ferramentas a serem integradas no manuseamento dos componentes e dos produtos finais, da forma mais correta possível, garantindo assim a distinção de qualidade da empresa.

2.5 Conclusões do Capítulo

Neste capítulo foi apresentado todo o processo de fabrico da Grohe Portugal, enfatizando as principais operações exercidas em cada um dos cinco departamentos: Macharia e Fundição, Maquinagem, Lixamento e Polimento, Galvânica e Montagem.

Numa fase posterior, procedeu-se a uma descrição detalhada do Departamento de Montagem, tendo sido descrita a sua constituição, estrutura e *layout*, bem como os produtos produzidos em cada linha de produção.

No capítulo seguinte será realizado um estudo teórico sobre métodos e tempos, que servirá de base (numa fase posterior), à análise do trabalho realizado pelos operadores nas linhas de produção da fábrica.

Capítulo 3

Estudo de Métodos e Tempos

No presente capítulo efetua-se um resumo dos principais conceitos relativos ao estudo de métodos e tempos, com o objetivo de servir de base de estudo na reflexão sobre a eliminação de desperdícios, e na elevação dos níveis de eficácia e produtividade do sistema produtivo em análise.

O estudo de métodos e tempos é constituído por duas vertentes: o estudo dos métodos ou de movimentos, e o estudo dos tempos ou medida do trabalho, criadas por Gilbreth e Taylor, respetivamente.

De forma sintetizada, o estudo dos métodos tem como finalidade encontrar o melhor método para se executar uma determinada tarefa e, como complemento desta, o estudo dos tempos procura determinar o tempo-padrão para executar uma tarefa específica.

3.1 Estudo dos Métodos

O estudo dos métodos, criada por Gilbreth, tem como intuito analisar e melhorar os métodos de trabalho, determinando o método ideal (ou o que

mais se aproxima do ideal) a ser utilizado na execução de cada tarefa, eliminando deste modo eventuais desperdícios como, por exemplo, esforços ao nível humano e execução de tarefas desnecessárias que não contribuem para o aumento de produtividade.

A procura pelo método adequado a ser implementado visa melhorar diversos aspetos ao nível dos processos e procedimentos, do posto de trabalho, equipamentos e máquinas.

A metodologia de base a seguir para se executar um estudo dos métodos assenta na realização de quatro atividades, que deverão ser cumpridas com rigor para que o resultado final seja fiável e seja evitada a perda de oportunidades de melhoria resultantes de uma má aplicação. Nesse sentido, as quatro fases principais são: a observação e análise das tarefas, a recolha e registo de dados e informações (sempre o mais próximo possível da fonte, devendo recorrer-se ao tratamento e sistematização das observações através da utilização de folhas de registo de observações e diversos tipos de gráficos, que melhor se adequem a cada situação), a análise crítica do processo e, por fim, a proposta de novos métodos ou oportunidades de melhoria (Brito et al., 2003).

3.1.1 Os Processos

Em produção, um processo representa a transformação de um conjunto de entradas (*inputs*) no processo produtivo, em saídas (*outputs*) de maior valor acrescentado (Ávila, 2008), Figura 3.1.

De acordo com Martins and Laugeni (2005) e Gaither and Frazier (2002) a natureza dos *inputs* e *outputs* torna-se um fator determinante para a administração da produção.

Nesse sentido, quando se trata de *inputs*, Slack et al. (2009) classifica-os em

recursos transformados e recursos de transformação. Segundo Ávila (2008) uma classificação corrente é dividir as entradas em materiais, mão-de-obra, capital, energia e informação.

Em relação aos *outputs* do sistema de produção, estes encontram-se direcionados para a fabricação de bens ou serviços, e até mesmo entradas de um determinado processo existente a jusante.

As atividades de transformação e de agregação de valor reúnem e transformam os recursos utilizando tecnologia, sendo formalizadas através de operações, controlos, transportes, fluxos e armazenamentos, tanto de produtos como de informação.

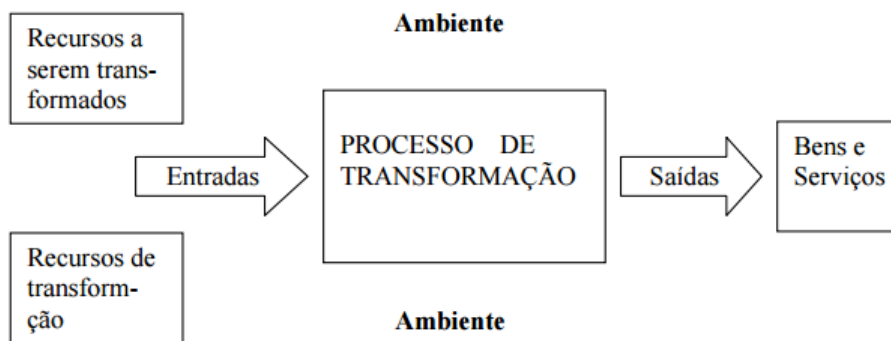


Figura 3.1: Modelo de sistema de produção (Perales, 2001).

3.1.1.1 Análise de Processos - Gráficos e Diagramas

Todos os sistemas de produção que envolvem processos, homens e máquinas, requerem uma análise às diferentes atividades da organização com vista a impulsionar o estudo de novos processos, ou a melhoria de um processo já existente. A utilização de bons métodos de trabalho é parte fundamental para o melhoramento dos processos produtivos.

Nesse sentido, segundo Silva (2012a) é recorrente a utilização de gráficos e diagramas na análise de atividades de um trabalho como, por exemplo:

- diagrama de processo: pode ser aplicado para representar o fluxo de materiais e informações do método de trabalho. Segundo o Comitê Internacional de Organização, o diagrama de processo é uma representação gráfica da sequência completa de atividades de um processo, incluindo todos os transportes, esperas e armazenamentos, que intervêm durante o processo produtivo;
- gráfico homem-máquina: consiste numa representação gráfica que envolve um ou mais operadores, a trabalhar com uma ou mais máquinas, Moreira (2008). Realizado o gráfico é possível analisar o trabalho do operador e da máquina, identificando o tempo de ciclo de trabalho e o tempo improdutivo (o objetivo é minimizar ou até eliminar este tempo);
- gráfico de duas mãos: também conhecido por gráfico mão-direita e mão-esquerda, é utilizado para analisar de forma detalhada o trabalho manual com elevado nível de repetibilidade, focado nos movimentos do operador, tendo como objetivo reduzir movimentos inúteis.

3.2 Estudo dos Tempos

O estudo dos tempos é uma metodologia da medida do trabalho que, com base no método mais adequado para realização de uma operação, permite estabelecer um tempo padrão.

Segundo Barnes (1977), os principais impulsos para o desenvolvimento do tempo padrão para realização de uma dada operação partiram de Frederick W. Taylor. Nesse sentido, Taylor afirmou que para se estabelecer um

tempo padrão era necessário subdividir a operação nas sub-operações que a compõem, de seguida descrever cada uma delas, cronometrá-las com o auxílio de um cronómetro e ainda considerar as esperas inevitáveis e fadiga por parte dos operadores (Maynard and Iida, 1970).

Quando utilizado corretamente, o estudo dos tempos permite obter dados quantificados, a partir dos quais é possível obter informações que auxiliam na tomada de decisão dentro das organizações, contribuindo desta forma para a redução de custos de processos e, conseqüentemente, para o aumento dos ganhos.

3.2.1 Métodos de Medida do Trabalho

Existem diferentes métodos que podem ser utilizados para se proceder ao estudo de tempos ou também conhecido por estudo da medida do trabalho. Segundo (Silva, 2012b), destacam-se os seguintes métodos:

- auto estimativa;
- registo de dados históricos;
- estudo dos tempos por cronometragem;
- amostragem do trabalho;
- tempo *standard*;
- tempo de movimentos pré-determinados.

3.2.2 Estudo de Tempos por Cronometragem

Como referido, existem vários métodos para a determinação do tempo padrão das atividades de produção. Porém a medição por cronometragem, por ser a

mais conhecida e a que se irá utilizar neste projeto, será detalhada de forma a entender-se o procedimento a seguir para o cálculo do tempo padrão. Para a realização do estudo através deste método será necessário um cronómetro, por forma a cronometrar os tempos das várias operações de produção que se pretendem analisar.

Dito isto, para se efetuar um estudo por cronometragem corretamente, será necessário cumprir um conjunto de etapas. Numa fase inicial é fundamental analisar os operadores e a linha de produção em estudo, o analista deverá certificar-se que os operadores são treinados e apresentam um desempenho médio na realização das tarefas, bem como observar o funcionamento da linha (análise dos equipamentos envolvidos, abastecimento e condições de trabalho) de forma a ser possível obter posteriormente um estudo viável.

Após analisado o processo a ser medido, a segunda fase passa por decompor as operações em operações elementares e descrever o que é realizado em cada uma delas. Esta fase de subdivisão das ações efetuadas na linha de produção, para além de possibilitar a padronização do tempo, permite obter a descrição detalhada e sistemática do processo cronometrado, possibilita uma reconstituição precisa do método quando necessária, permite a verificação da regularidade dos tempos de cada elemento de ciclo para ciclo, permite determinar as causas de tempos excessivos quando ocorrem, bem como avaliar o ritmo do operário (Anis, 2011).

Numa terceira fase registam-se os tempos gastos pelos operadores na realização das operações exigidas pela linha de produção. Primeiro é necessário recolher uma amostra inicial de cerca de quinze medições e, de seguida, tendo por base esta amostra é determinado o número mínimo de cronometragens a serem efetuadas para garantir a precisão para o grau de confiança pretendido para o estudo, cujo valor é o resultado final da Equação 3.1.

$$n = \left(\frac{Zs}{A\bar{x}} \right)^2 \quad (3.1)$$

Na Equação 3.1, n representa o número de ciclos a medir, Z representa o valor da curva normal para o grau de confiança pretendida, A representa a precisão pretendida para o resultado final, s e \bar{x} representam o desvio padrão e a média, respetivamente, das medições já realizadas.

O cálculo do valor da curva normal (Z) é determinado a partir do grau de confiança pretendido para o estudo, sendo vulgar utilizar-se um valor de 95% (Silva, 2012b).

Por conseguinte, após a recolha dos valores dos tempos correspondentes ao número das amostras necessárias, é então realizado o procedimento para se obter o valor do tempo padrão. Primeiro é calculado o tempo de ciclo (TC), que corresponde ao tempo médio do operador durante os diversos ciclos de execução do trabalho que foram cronometrados (Silva, 2012b).

Obtido o TC, procede-se o cálculo do tempo normal (TN). O TN corresponde ao tempo que um operador demora a realizar um ciclo a trabalhar ao ritmo normal.

Após determinado o TN, e antes de se calcular o tempo padrão, é ainda necessário determinar o fator de concessões (AF). Este fator corresponde à percentagem de tempo médio de trabalho que é permitida para interrupções que os trabalhadores enfrentam, no qual são considerados os tempos pessoais, períodos de descanso e atrasos.

Por fim, determinado o valor do TN e do fator de concessões, é então possível calcular o tempo padrão (ST) para a execução das várias operações.

3.3 Conclusões do Capítulo

Neste capítulo foi realizada uma introdução aos principais aspetos do estudo de métodos e tempos. Esta disciplina consiste num conjunto de técnicas e ferramentas que auxiliam no aumento dos níveis de eficácia e produtividade da organização em estudo. Nesse sentido, após realizado este estudo, foram criadas condições que permitem saber quais as ferramentas que melhor se adequam à análise a ser efetuada às linhas de montagem.

No capítulo seguinte, será apresentado um estudo teórico sobre ergonomia no posto de trabalho, para que na fase de automação e melhoria das linhas seja também considerado este fator, procurando reduzir os elementos adversos (fadiga, *stress*, acidentes...) causados pelo sistema produtivo, aos trabalhadores.

Capítulo 4

Ergonomia no Trabalho

Neste capítulo são apresentados os conceitos teóricos sobre ergonomia no posto de trabalho, de forma a perceber-se os vários fatores a ter em consideração aquando da implementação de melhorias nas diferentes linhas de montagem da fábrica.

4.1 Definição e Objetivos da Ergonomia

Atualmente, devido à crescente evolução do mercado e à competitividade entre organizações, a relação entre os trabalhadores e o seu posto de trabalho é cada vez mais um aspeto importante considerado pelas organizações. Nesse sentido, as organizações que têm por objetivo superar a concorrência têm optado pelo cumprimento das regras de ergonomia, com a finalidade de promover o aumento da produtividade e eficiência, a diminuição dos acidentes de trabalho e a redução de doenças profissionais, a diminuição de erros/*rework*, e, como consequência, o incremento da qualidade de vida dos trabalhadores.

Neste contexto, o vocábulo ergonomia, criado oficialmente em 1949, deriva da palavra grega *ergon*, que significa trabalho, e da palavra *nomos*, que significa lei ou regras. O vocábulo ergonomia foi utilizado pela primeira vez num artigo científico do investigador polaco Woljcieh Jastrzebowski, que o definiu como sendo a ciência que estuda o homem e o seu trabalho (Rebelo, 2004).

Citando a Organização Internacional do trabalho (OIT), a ergonomia consiste na “Aplicação das ciências biológicas conjuntamente com as ciências da engenharia para conseguir o ótimo ajustamento do ser humano ao seu trabalho, e assegurar, simultaneamente, eficiência e bem-estar” (OIT, 2002).

De acordo com Rebelo (2004), a ergonomia tem como objeto de estudo a análise da atividade humana de forma a entender-se as interações que se manifestam entre o homem e o seu meio existencial, procurando desta forma otimizar estas interações através da promoção da segurança, da saúde e do bem estar do trabalhador, bem como da eficácia do sistema em que este se encontra envolvido.

Por outro lado, Abranches and Marziale (2005) acrescentam ainda que a ergonomia tem um carácter interdisciplinar, pois “utiliza os conceitos de saúde, de anatomia, de fisiologia, psicologia, linguística, bem como da arquitetura, antropometria, biomecânica, toxicologia, desenho industrial e informática, para realizar estudos *in loco* das atividades do trabalho”.

Lida (1997) afirma que a ergonomia procura minimizar os fatores negativos implicados pelo trabalho como a fadiga, o *stress*, erros e acidentes, promovendo a saúde, segurança e satisfação do trabalhador. Assim, Lida afirma que a saúde do trabalhador se mantém a partir do momento em que não são ultrapassadas as limitações energéticas e cognitivas das exigências do trabalho e do ambiente. Quanto à segurança no trabalho, a autora afirma

que esta é obtida por meio da análise do posto de trabalho, dentro das limitações e capacidades do trabalhador, de forma a proporcionar a redução de acidentes, *stress*, erros e fadiga, contribuindo assim para a satisfação do trabalhador, atendendo às suas necessidades e expectativas.

Com isto, é então possível entender a ergonomia como o domínio científico, tecnológico e interdisciplinar que procura reduzir ou eliminar efeitos negativos provenientes do trabalho sobre o trabalhador, com o objetivo de incrementar a qualidade de vida dos trabalhadores, como a saúde, o conforto e a segurança.

4.2 Domínios de Especialização e Contribuição da Ergonomia

4.2.1 Domínios de Especialização

A *International Ergonomics Association* IEA (2015) aponta alguns domínios de especialização relativos às características do ser humano, destacando-se a ergonomia física, a ergonomia cognitiva e a ergonomia organizacional:

- ergonomia física - considera os aspetos físicos de uma situação de trabalho, procurando adequar as exigências às características da anatomia humana, antropometria, fisiologia e biomecânica. Os tópicos relevantes incluem a postura no trabalho, manuseamento de materiais e equipamentos, movimentos repetitivos, distúrbios músculo-esqueléticos relacionados com o trabalho, projeto de postos de trabalho, segurança e saúde;
- ergonomia cognitiva - também conhecida por engenharia psicológica, a ergonomia cognitiva refere-se a um conjunto de processos mentais,

tais como a percepção, a memória, o raciocínio e à forma como estes processos mentais afetam a interação entre o ser humano e outros elementos de um sistema. Nesse seguimento, algumas áreas específicas são a carga mental do trabalho, a tomada de decisão, desempenho especializado, interação homem-computador, *stress* e formação;

- ergonomia organizacional - remete-se à otimização dos sistemas sócio-técnicos, abrangendo as estruturas organizacionais, políticas e de processos, principalmente através das comunicações, projeto de trabalho, organização temporal do trabalho, trabalho em grupo, projeto participativo, novos paradigmas do trabalho, trabalho cooperativo, cultura organizacional, teletrabalho e gestão da qualidade.

4.2.2 Contribuição Ergonómica

Segundo alguns autores, a ergonomia é uma disciplina que pode ser aplicada em diversas áreas. Assim, Iida (1997) aponta que as contribuições ergonómicas de melhoria de trabalho nas empresas podem variar, conforme a abrangência com que é realizada e conforme o momento em que é aplicada.

Dito isto, quanto à abrangência a autora apresenta dois tipos de análise: análise de sistemas e análise de postos de trabalho. A análise de sistemas tem por base a análise de uma equipa de trabalho utilizando uma ou mais máquinas, partindo de aspetos como a distribuição de tarefas entre o homem e a máquina e a mecanização de atividades. Nesse sentido, na atribuição de uma tarefa ao homem ou à máquina devem ser considerados critérios como custo, confiabilidade e segurança. Quanto à análise dos postos de trabalho, esta apresenta-se como um diagnóstico mais específico quando comparada com o método de análise de sistemas. Neste contexto, a análise dos postos de trabalho refere-se ao estudo de uma parte do sistema onde o operador exerce

o seu trabalho, atuando desta forma ao nível da análise da tarefa, da postura, dos movimentos, das exigências físicas e psicológicas do trabalhador. Neste método é efetuada uma análise a um posto de trabalho mais simples, em que o homem opera apenas uma máquina, evidenciando as interações que ocorrem entre o homem, a máquina e o ambiente.

Relativamente à contribuição ergonómica, de acordo com o momento em que é aplicada, Wisner (1987) divide-a em ergonomia de conceção, ergonomia de correção e ergonomia de conscientização.

A **ergonomia de conceção** é a aplicação de normas e especificações ergonómicas e ocorre quando a contribuição ergonómica se faz durante a fase inicial do projeto do produto, da máquina ou do sistema (Fudoli, 2012). Considera-se esta a melhor situação, pois como se trata de uma fase inicial/projeto é possível antecipar diversas questões que poderão, no futuro, tornar-se problemáticas aquando da implementação das soluções propostas, permitindo examinar todas as alternativas possíveis em busca da melhor solução durante o desenrolar do projeto. Por outro lado, dado que as decisões são delineadas consoante as alternativas concebidas por situações hipotéticas, é deste modo exigido ao ergonomista um maior conhecimento e experiência.

Por forma a melhorar o nível de precisão das decisões tomadas pelo ergonomista, existem técnicas onde as situações do trabalho podem ser simuladas com um baixo custo económico, como é o caso da construção de modelos tridimensionais (por exemplo, em cartão e madeira), denominados “*mock-ups*”. Para além da construção destes modelos, outra técnica é recorrer a implementações de projetos semelhantes, procurando obter o máximo de informação possível.

A **ergonomia de correção** é utilizada para intervir em situações já im-

plementadas, de forma a corrigir problemas que afetam quer a saúde e segurança do trabalhador, quer na quantidade e qualidade da produção. De certa forma, será de evidenciar que detetar um problema que contribui de forma negativa para a saúde do trabalhador será mais difícil de detetar do que um problema que coloque em causa a qualidade da produção, sendo que o primeiro pode inclusive demorar anos a ser detetado. Na maioria das vezes as soluções escolhidas não se refletem como as mais satisfatórias, pois isso implicaria custos muito elevados (por exemplo na substituição de máquinas e equipamentos), atuando de maneira mais restrita modificando elementos parciais do posto de trabalho como a iluminação, dimensão do posto, ruído, temperatura, etc.

A **ergonomia de conscientização** é aplicada em situações em que não são encontradas alternativas para solucionar um problema, nem na fase de conceção, nem na fase de correção. Dito isto, para este tipo de casos é pertinente conscientizar os trabalhadores através de cursos de formação transmitindo-lhes ensinamentos sobre métodos seguros de trabalho e sobre reconhecer fatores de risco que podem surgir durante a execução das suas atividades.

4.3 Ergonomia no Posto de Trabalho

Na secção anterior foi abordada a definição da ergonomia e os seus objetivos fundamentais, sendo um deles, a conceção de postos de trabalho adequados ao homem, promovendo o conforto e a saúde dos trabalhadores, tal como relatado por Martins and Laugeni (2005), “O trabalho e o local de trabalho devem se adequar ao homem e não ao contrário”. Neste sentido, será abordado nesta secção um estudo sobre ergonomia focalizado no posto de trabalho, tendo em consideração algumas regras da economia dos movimen-

tos consideradas por alguns autores, de maneira a estabilizar um posto de trabalho.

O presente estudo sobre ergonomia no posto de trabalho tem como finalidade servir de pilar teórico numa fase mais avançada do trabalho, aquando do projeto e montagem de novas bancadas de trabalho, mais precisamente bancadas de trabalho em pé, pois são os tipos de postos utilizados no Departamento de Montagem.

4.3.1 Utilização do Corpo Humano no Trabalho

Quanto à utilização do corpo humano no posto de trabalho, vários autores mencionam algumas regras que se devem ter em consideração, a saber:

- “As mãos devem começar e terminar o seu trabalho ao mesmo tempo” (Ribeiro, 2003).
- “O movimento dos braços deve ser cada um em sentido oposto ou em direção simétrica” (Grandjean and Kroemer, 2005).
- “Preferir os movimentos curvos e contínuos das mãos aos movimentos retilíneos com mudanças de direção bruscas e pronunciadas, em ângulo agudo” (Silva, 2012a).
- “Aproveitar o impulso, já que os movimentos lançados são mais rápidos, fáceis e precisos do que os movimentos restritos ou controlados” (Silva, 2012a).
- “Deve-se evitar permanecer na mesma posição durante longos períodos de tempo. É recomendável a utilização de pausas intercalares de recuperação, ao longo do dia” (Minicucci, 1995).

- “O ritmo de execução das tarefas deve ser contínuo e natural, e de preferência sem movimento do corpo” (Rocha, 1995).

4.3.2 Disposição e Organização do Posto de Trabalho

Quanto à disposição do posto de trabalho, e considerando o caso em estudo relativamente ao Departamento de Montagem da Grohe, a execução das tarefas com a postura em pé caracterizam-se pela utilização de diversos equipamentos e máquinas, sendo que, algumas operações exigem a utilização de força muscular.

Nesse sentido, existem algumas ideias mencionadas por diversos autores que deverão ter-se em consideração sobre a disposição/organização do posto de trabalho, a saber:

- “O posto de trabalho deve ser um local com organização, no qual as ferramentas e materiais devem ter um lugar fixo e definido, possibilitando desta forma a diminuição do tempo de procura de materiais e ferramentas” (Freitas, 2004); (Cabral and Veiga, 2006).
- “Os materiais, as ferramentas e os instrumentos de medida e de controlo devem estar situados o mais perto possível do ponto de utilização e tão perto e tão em frente quanto possível do operário a que se destinam” (Silva, 2012a).
- “Deverão ser utilizadas caixas e contentores que realizem a condução dos materiais por gravidade e até o mais próximo possível do ponto de utilização e em que a preensão seja fácil e segura” (Silva, 2012a).
- “Fazer uso da gravidade ou plano inclinado para escoamento, tanto de componentes como de produtos acabados” (Ribeiro, 2003).

Para além do mencionado, e tendo em conta que no departamento de Montagem da Grohe, os postos de trabalho encontram-se dimensionados para que o trabalho desempenhado seja realizado exclusivamente em pé, é necessário ter em atenção as considerações relativas ao dimensionamento da bancada de trabalho. Nesse sentido, Grandjean and Kroemer (2005) defendem que as dimensões médias recomendadas para a altura da bancada, em trabalhos realizados essencialmente na postura em pé, são:

- entre 950 mm a 1000 mm para o homem;
- entre 880 mm a 930 mm para a mulher.

Ainda relativamente à altura da bancada, o autor especifica dizendo que esta é ainda influenciada pelo tipo de trabalho realizado, dividindo em trabalho de precisão, trabalho leve e trabalho pesado, Figura 4.1. Para um trabalho de precisão a altura da bancada deve permitir o apoio dos cotovelos (entre 5 a 10 cm abaixo da altura do cotovelo); para trabalhos leves, como por exemplo montagem de componentes, no qual é necessário espaço para embalagens e ferramentas, a altura adequada seria 10 a 15 cm abaixo da altura do cotovelo; por fim, para trabalhos pesados, a altura adequada da bancada deve ser mais baixa, entre os 15 a 40 cm abaixo da altura do cotovelo.

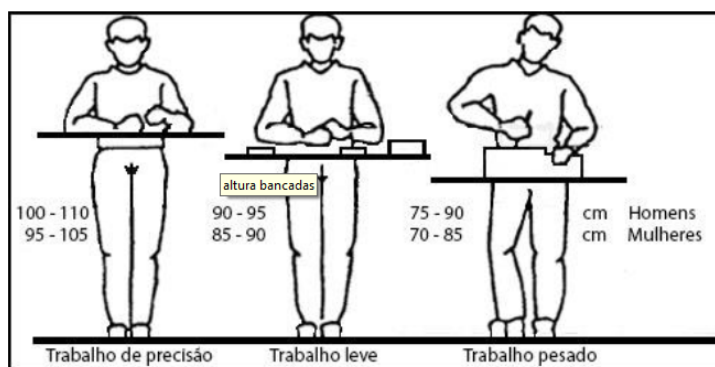


Figura 4.1: Variação das alturas das bancadas conforme o tipo de trabalho, adaptado de Grandjean and Kroemer (2005).

Outra questão a ter em conta, são as condições ambientais da área de trabalho, entre elas a iluminação. Deste modo, Martins and Laugeni (2005) defendem que devem existir boas condições de iluminação para que um operador possa desempenhar as suas funções minimizando o efeito da fadiga visual. Os autores acrescentam que a iluminação pode variar consoante o tipo de trabalho realizado, recomendando um mínimo de “300 lux ¹ como iluminação mínima de escritórios”, “400 a 600 lux para trabalhos normais” e “1000 até 2000 lux para execução de trabalho de precisão”, não sendo aconselhável ultrapassar os 2000 lux, pois não haverá melhoria para o operador, podendo existir fadiga visual para níveis de iluminação acima deste valor.

4.4 Antropometria

Como referido na secção anterior, uma das características da ergonomia é o seu domínio interdisciplinar, pois é suportada por diversas áreas do conhecimento, entre elas a antropometria.

Etimologicamente, a palavra antropometria é formada pela junção de duas palavras de origem grega, “*anthropos*”, que significa homem ou ser humano, e “*métron*”, que significa medida. Neste sentido, a antropometria é a ciência que se dedica ao estudo das medidas físicas do corpo humano, nas quais se destacam o peso, altura, estatura, alcances, distâncias, espessuras e comprimentos.

De acordo com Rodriguez-Añez (2001), a aplicação da antropometria na ergonomia assumiu uma importância especial com o surgimento de sistemas complexos de trabalho, tendo-se tornado imprescindível o conhecimento das dimensões físicas do homem com exatidão. Citando o autor, “com o avanço

¹**lux** - No Sistema Internacional de Unidades é a unidade de iluminamento, intensidade de iluminação ou iluminância. É representado pelo símbolo lx .

da tecnologia, haverá um aumento na precisão e automatização das técnicas de medida para uma melhor definição do tamanho humano e da mecânica do espaço de trabalho, roupas e equipamentos.”

Existem várias aplicações das medidas antropométricas como, por exemplo, na definição das condições de segurança e de conforto dos trabalhadores, no dimensionamento do espaço de trabalho, e no desenvolvimento de produtos industrializados, como mobília, automóveis, ferramentas, entre outros.

Dito isto, e de forma a especificar o termo antropometria, serão abordadas nas subsecções apresentadas a seguir dois tipos de antropometria, a saber: antropometria estática e antropometria dinâmica.

4.4.1 Antropometria Estática

A antropometria estática refere-se às medidas do corpo humano no estado parado ou com poucos movimentos, sendo que as medições se realizam entre pontos anatômicos identificados de forma notória (Iida, 1997). Dito isto, são exemplos de medições estáticas: a altura, estatura, largura, comprimento, entre outros.

Quando é realizado trabalho estático como, por exemplo, suportar o peso do corpo sobre uma perna enquanto a outra aciona um pedal, ou manipulação que exige braços esticados na horizontal, o músculo não alonga e permanece num estado de alta tensão, produzindo força durante um longo período de tempo. Por esse motivo, Grandjean and Kroemer (2005) defendem que “o objetivo principal de qualquer configuração do trabalho das máquinas, dos aparelhos e ferramentas, deve ser a exigência de exclusão ou, pelo menos, a máxima exigência possível de qualquer espécie de trabalho estático”.

De forma a entender-se o que são medidas antropométricas estáticas, encontram-se representadas na Figura 4.2 alguns exemplos.

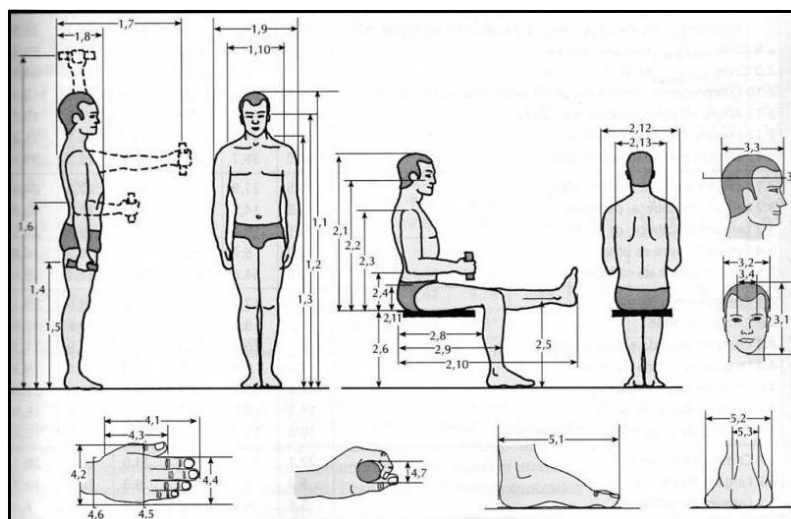


Figura 4.2: Medidas antropométricas estáticas, adaptado de Iida (1997).

Devido à diversidade de características do ser humano, quando se pretende dimensionar novos postos de trabalho existem diversos fatores a ter em consideração como, por exemplo, o sexo e morfologia dos indivíduos que irão trabalhar nesse posto. Nesse contexto, dado que é impossível adaptar o novo posto de trabalho a todas as pessoas, pois “todas as populações humanas são compostas de indivíduos de diferentes tipos físicos ou biótipos” (Iida, 1997), é necessário utilizar uma solução que consiga satisfazer o maior número de colaboradores possíveis.

Nessa perspetiva, uma das técnicas utilizadas para minimizar a influência da diversidade de características do ser humano no dimensionamento do posto de trabalho, é a utilização de percentis. Segundo a norma DIN.33.402-1 (2008) “um valor percentil indica quantos por cento dos indivíduos de uma população – em relação a uma determinada dimensão corporal – são menores do que o valor correspondente ao percentil”, ou seja, ao se referir que

o percentil 95 masculino da população portuguesa mede 1820 mm, significa que 95% da população tem esta estatura ou um valor inferior e 5% da população tem uma estatura superior aos 1820 mm.

4.4.2 Antropometria Dinâmica

Uma linha de montagem é um posto de trabalho que exige aos operadores muitos movimentos corporais, manipulação de partes que se movimentam em máquinas, entre outros, sendo nestes casos essencial aplicar a antropometria dinâmica.

Neste sentido, segundo Iida (1997) a antropometria dinâmica mede os alcances dos movimentos realizados pelos segmentos corporais nos três planos. Os movimentos de cada parte do corpo são medidos mantendo-se o resto do corpo estático. Desta forma, torna-se importante iniciar o estudo com a definição dos planos para registo dos movimentos corporais - estes encontram-se representados na Figura 4.3.

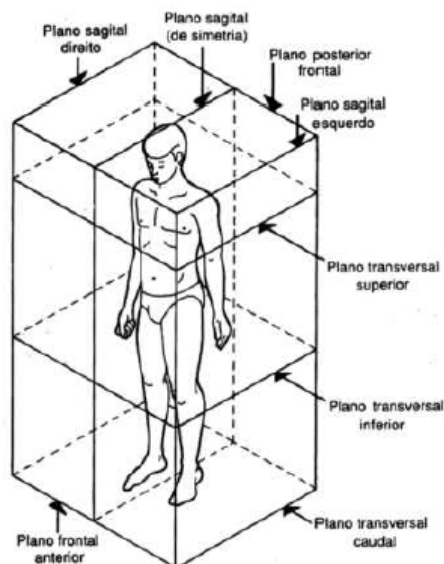


Figura 4.3: Planos tri-ortogonais, adaptado de Iida (1997).

Após a definição dos planos tri-ortogonais, é relevante conhecer os diversos movimentos de rotação das principais partes do corpo que executam o trabalho. Neste sentido, encontram-se representados na Figura 4.4 alguns exemplos de movimentos de rotação voluntários (aqueles que podem ser feitos pelo próprio indivíduo) consideradas na antropometria dinâmica. Os valores médios das rotações encontram-se representados em graus. Relativamente aos movimentos corporais que tendem a afastar-se da sua posição normal de repouso ou do corpo, designam-se por abdução; por outro lado, o movimento oposto, em que os movimentos corporais se aproximam da sua posição de repouso, designam-se por adução. Quanto aos movimentos do braço, estes são definidos como elevação (movimento acima da horizontal), flexão (movimento de retorno) e extensão (movimento para a frente). No movimento de rotação da mão chama-se pronação quando o polegar gira para dentro do corpo e supinação quando gira para fora.

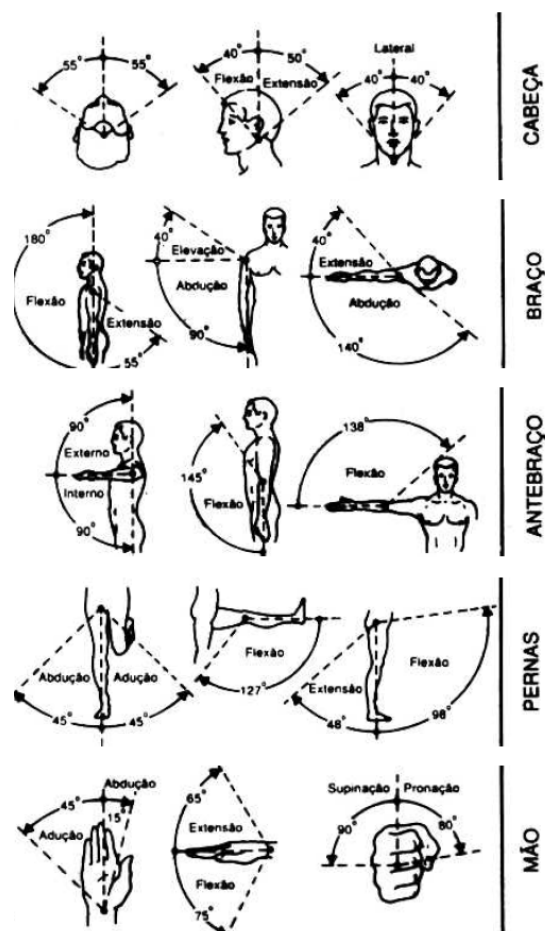


Figura 4.4: Movimentos de rotações corporais considerados na antropometria dinâmica Iida (1997).

Outro aspeto importante a ser considerado no dimensionamento de postos de trabalho são as zonas ou superfícies de trabalho relativas aos operadores. Neste contexto existem duas superfícies de trabalho: superfície normal e superfície de alcance máximo. Relativamente à superfície de trabalho normal, o operador consegue trabalhar nesta sem que seja necessário movimentar outras partes do corpo. Por outro lado, a superfície de alcance máximo exige ao operador a movimentação simultânea do tronco e dos ombros. Na Figura 4.5 é possível visualizar as duas superfícies de trabalho mencionadas.

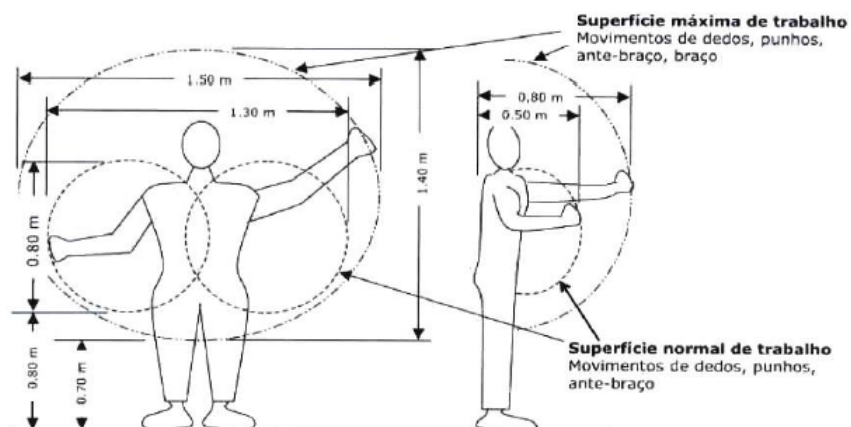


Figura 4.5: Superfície normal e máxima de trabalho (Gonçalves, 2013).

4.5 Conclusões do Capítulo

Neste capítulo foi realizado um estudo teórico sobre ergonomia, bem como analisado o contributo da aplicação da antropometria na ergonomia, com a finalidade de conhecer os principais aspetos a ter em consideração no desenvolvimento e projeto de novos postos de trabalho.

No próximo capítulo inicia-se a fase de projeto. Aqui será apresentado parte do trabalho desenvolvido na fábrica, indicando os problemas encontrados durante a análise efetuada às linhas de montagem, e a respetiva resolução.

Capítulo 5

Desenvolvimento de um Sistema de Formar Caixas

Neste capítulo é descrito o processo efetuado para a execução do desenvolvimento de um sistema pneumático de formar caixas de forma semi-automática. Deste modo, o presente capítulo inicia-se com o levantamento do problema e de seguida será apresentada uma explicação detalhada sobre todo o percurso efetuado na execução e desenvolvimento do sistema.

5.1 Levantamento do Problema

Inicialmente apresenta-se uma descrição do funcionamento das linhas de montagem analisadas, de forma a facilitar a compreensão da sequência de montagem dos produtos. Posto isto, apresenta-se o estudo de tempos realizado às linhas, expondo os tempos de ciclo das operações elementares de forma a, posteriormente, ser possível identificar o *bottleneck* da linha. Após análise dos respetivos tempos, serão identificados os principais problemas, com vista a serem melhorados.

5.1.1 Funcionamento das Linhas Banheiras e Chuveiros

As linhas de montagem BC, apresentam um *layout* em U e encontram-se divididas em três postos de trabalho, sendo que o teste de estanquidade encontra-se situado no segundo posto. A Figura 5.1 apresenta o formato desta família de linhas, representado com três operadores. Porém, é recorrente funcionarem apenas com dois operadores, dependendo também do planeamento da produção para o respetivo turno de trabalho.



Figura 5.1: *Layout* das linhas BC da fábrica.












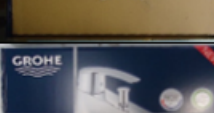
Nesta família são produzidas vários tipos de torneiras, sendo que as principais diferenças entre elas, para além do peso, tamanho e dos componentes utilizados na montagem, é o seu *design*. Na Figura 5.2 encontram-se representados alguns exemplos de torneiras produzidas nesta família de linhas. De notar ainda que, devido à flexibilidade de algumas linhas da fábrica, como é o caso da linha BC02, também poderão ser produzidas torneiras da família de cozinhas.



Figura 5.2: Exemplos de produtos da família BC.

No sentido de se entender detalhadamente o funcionamento atual das linhas da família BC, apresenta-se na Tabela 5.1 todo o processo de montagem de uma torneira, ilustrando-se todas as operações elementares por sequência de montagem, bem como todos os componentes necessários que integram o respectivo produto. A coluna denominada posto pretende evidenciar em que posto as várias operações elementares são executadas, pois, mesmo estando a ser estudados dois operadores, a linha encontra-se sempre dividida em três postos de trabalho. Para o efeito foi selecionada a linha com a taxa de produção mais elevada, a linha de montagem BC01, e um dos produtos mais produzidos nesta família (o produto Monotrou).

Tabela 5.1: Ilustração das operações de montagem do produto Monotrou.

Posto	Operação	Componentes	Montagem
1º	1		inspeção + corpo + cavilha rosca
	2		inversor + botão inversor
	3		emulsor
	4		tubos flexíveis + cola
	5		cartucho + anel rosca
2º	6		retirar corpo do teste de água + colocar nova a testar
	7		teste estanquidade
	8		válvula + oring + tampa + alavanca + perno + tampão
3º	9		limpar + ensacar
	10		formar caixa + inserção + etiquetas
	11		inserir componentes na caixa + TPI
	12		fechar caixa + cintar + colocar na paleta

De maneira a facilitar a associação entre as diferentes operações executadas durante a montagem do produto acima mencionado e a sua localização em cada posto de trabalho, apresenta-se na Figura 5.3 a disposição da linha de montagem BC01 subdividida nas respetivas operações elementares.

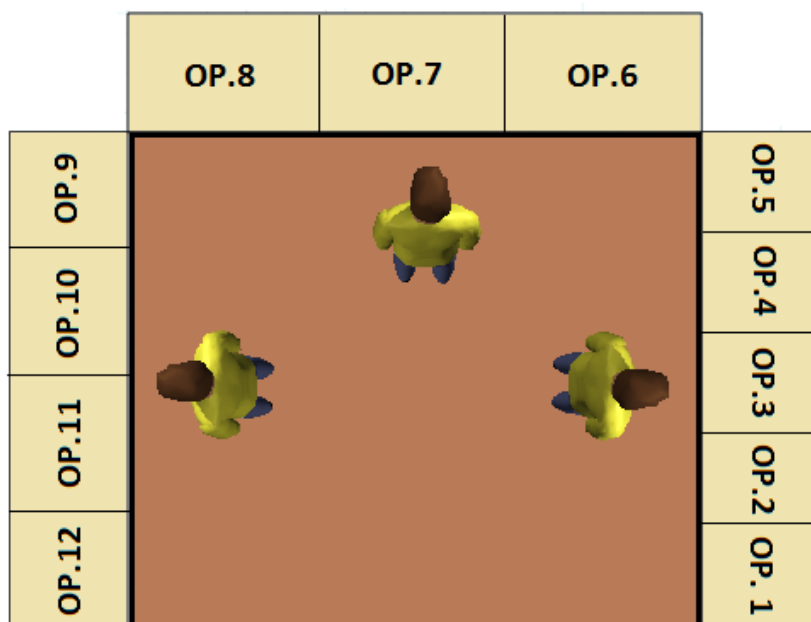


Figura 5.3: Representação das operações elementares da linha BC01.

5.1.2 Estudo de Tempos por Cronometragem das Linhas BC

Após a análise efetuada ao funcionamento das linhas de montagem da família BC, foi realizado um estudo de tempos através de cronometragem. Para efeito de exemplificação do que foi realizado, e tal como foi referido na secção anterior, foi selecionada a linha BC01 e o produto Start Monotrou. As cronometragens efetuadas a outras linhas, encontram-se no Anexo B.

As tarefas foram inicialmente divididas em operações elementares, e neste processo efetuou-se uma descrição completa de cada uma delas. Na divisão

das tarefas em operações elementares foram considerados dois aspetos: as operações cujo tempo de montagem não excedia os 5 s foram agrupadas com as operações executadas imediatamente a seguir, até preencher um tempo de montagem superior a 5 s e assim diminuir a percentagem de erro introduzida na cronometragem da operação; as operações cujo processo de montagem depende do mesmo operador, foram agrupadas, como é o exemplo da operação quatro da Tabela 5.1.

De seguida, após ser efetuada a divisão nas operações elementares, foram cronometrados os tempos gastos pelos operadores na execução das operações. De referir ainda que, relativamente ao número de cronometragens efetuadas para cada operação elementar, decidiu-se registar cerca de 15 valores, mantendo-se o número estipulado pelo Departamento de Engenharia.

Posto isto, apresentam-se na Tabela 5.2 os valores registados, em segundos, para cada operação elementar, executadas durante o processo de montagem da torneira. De evidenciar que no estudo realizado encontravam-se dois operadores na linha a executar o trabalho, sendo que os resultados apresentados estão de acordo com este número.

Tabela 5.2: Tempos de ciclo (em segundos) das operações elementares do produto Monotrou.

		Posto 1					Posto 2				Posto 3		
		Op. 1	Op. 2	Op. 3	Op. 4	Op. 5	Op. 6	Op. 7	Op. 8	Op. 9	Op. 10	Op. 11	Op. 12
Cronometragens (s)	1	10,12	9,35	8,12	10,03	11,05	8,68	23,70	20,43	15,98	16,35	25,90	7,62
	2	9,71	8,65	5,38	9,99	10,11	7,60	22,90	21,20	15,80	15,42	27,50	7,54
	3	11,46	9,88	9,30	11,34	11,20	7,13	23,30	22,36	16,17	16,17	26,06	6,92
	4	10,07	8,35	7,55	12,53	10,30	8,01	22,81	21,13	14,57	15,56	27,85	8,02
	5	9,44	9,17	7,73	12,49	8,62	7,93	22,94	20,65	13,14	18,49	28,37	7,77
	6	11,15	10,79	6,42	11,61	12,18	9,93	23,76	24,21	12,08	16,17	26,13	6,75
	7	12,20	7,76	8,02	14,19	8,75	8,78	22,72	22,43	18,45	16,32	23,34	7,18
	8	11,10	8,84	6,13	12,84	9,71	7,37	22,67	23,20	14,37	17,92	27,69	7,42
	9	10,31	10,06	6,95	12,79	10,22	6,12	23,42	20,91	15,00	15,46	25,13	8,43
	10	12,35	9,13	7,02	13,28	9,87	8,16	24,02	22,28	15,35	16,19	26,40	6,13
	11	9,39	9,08	5,58	12,48	8,30	7,57	22,82	21,36	13,41	19,75	28,36	8,02
	12	11,50	9,49	6,99	14,55	8,42	7,32	24,02	21,95	15,82	16,73	23,35	9,30
	13	7,55	7,36	9,01	13,69	8,94	9,17	24,04	23,17	16,40	16,41	27,05	6,96
	14	10,43	8,99	9,61	12,42	9,66	8,08	22,77	23,42	14,37	17,13	24,55	8,01
	15	8,15	10,01	8,32	13,10	9,61	8,79	22,70	21,19	16,01	15,78	23,63	7,21
Média	10,33	9,13	7,48	12,49	9,80	8,04	23,24	21,99	15,13	16,66	26,09	7,55	

Após análise dos tempos apresentados na tabela acima, é possível verificar que a operação 3 (inserção do emulsor) apresenta o menor tempo de execução, cerca de 7,48 s, e a operação 11 (inserção de componentes e do título padronizado integrado (TPI) na caixa) é a mais demorada, apresentando uma duração de 26,09 s.

Para uma análise mais detalhada do trabalho executado pelos operadores, e assim ser possível detetar possíveis operações a serem melhoradas, foi efetuado um balanceamento da linha. Primeiro distribuíram-se os tempos registados pelos dois operadores de forma a analisar a situação inicial, como mostra a Figura 5.4. Com isto, verificou-se que o segundo operador é o *bottleneck* da linha, pois o conjunto das suas operações apresenta uma duração média de 87,42 s. Quanto ao primeiro operador o conjunto das suas operações apresenta uma duração média de aproximadamente 57,27 s.

Ainda relativamente à Figura 5.4, a linha representada a vermelho representa o valor ótimo balanceado, ou seja, o valor ideal que representa a perfeita partilha de tempo entre os dois operadores.

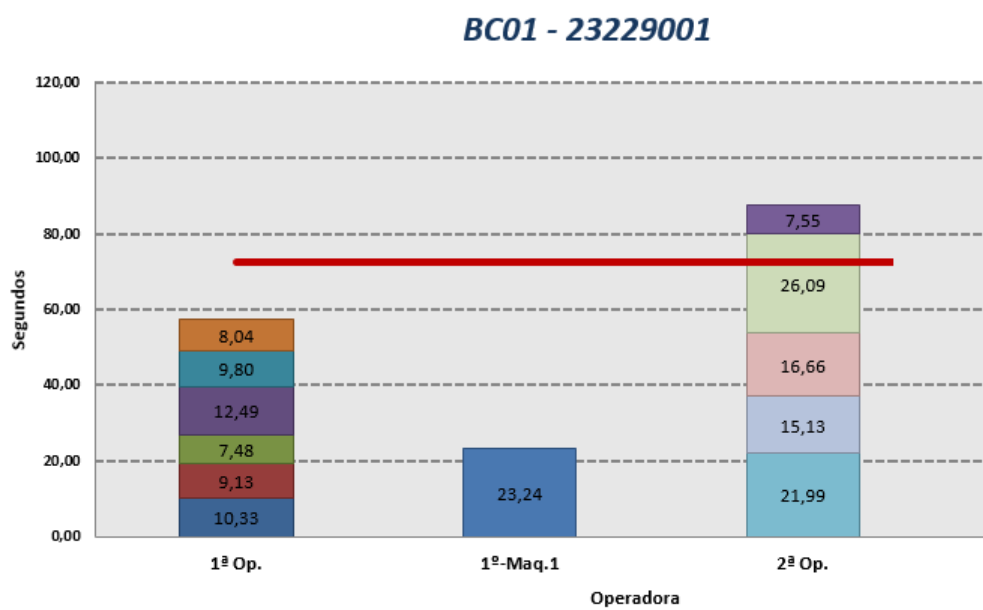


Figura 5.4: Distribuição dos tempos do produto Monotrou.

Após análise da Figura 5.4 verificou-se que a linha não se encontrava balanceada. No sentido de balancear a linha de maneira a que os dois operadores apresentem aproximadamente o mesmo tempo de execução das suas tarefas, as operações foram redistribuídas, reduzindo desta forma o valor do *bottleneck* do segundo operador.

Para o efeito, foram efetuadas as seguintes operações: o 1.º operador realiza todas as operações até à operação “retirar corpo do teste e colocar novo a testar”; a operação “inserir válvula, tampa, oringue, alavanca, parafuso e tampão” é a operação de partilha entre os dois operadores, em que o primeiro executa-a cerca de 68% das vezes e o segundo operador 32% das vezes; o segundo operador realiza todas as restantes operações até à colocação do

produto na palete. Assim, através da análise da Figura 5.5 verifica-se a nova distribuição das operações e a diminuição do valor do *bottleneck*.

De referir que o balanceamento de uma linha de produção está associado ao produto (unidade). Porém, esta nova redistribuição das percentagens de trabalho executado por cada operador foi efetuada tendo em consideração uma estimativa ao fim de um turno de trabalho. Como numa linha de produção existem condicionantes (ex.: abastecimento da linha por parte dos operadores) que implicam desvios no balanceamento do trabalho, os operadores tendem a entre ajudarem-se de forma a compensar este tempo desperdiçado, daí a partilha de tarefas.

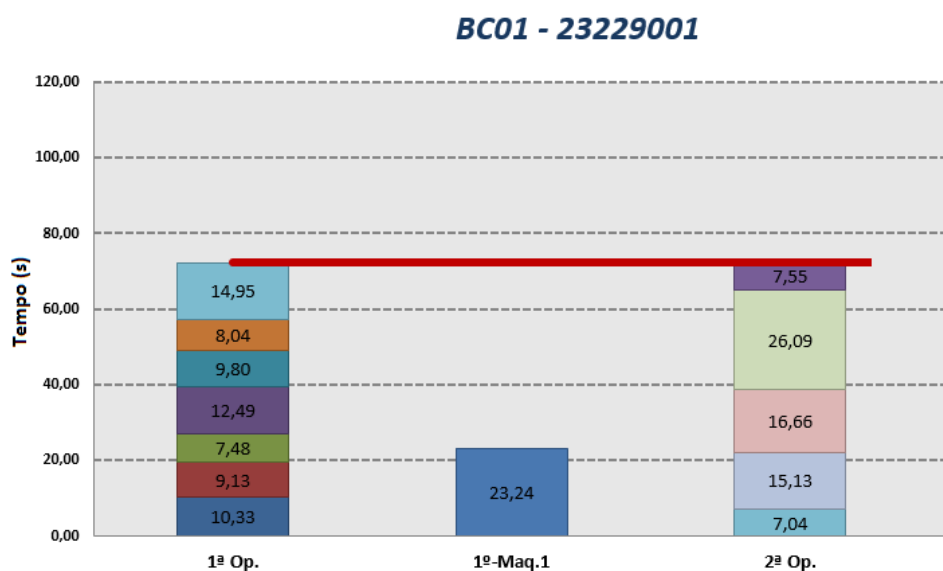


Figura 5.5: Redistribuição dos tempos do produto Monotrou.

Na Tabela 5.3 encontram-se os valores obtidos com a situação inicial e a situação balanceada. Para o efeito utilizaram-se os tempos distributivos definidos internamente pela Grohe (16,5%), que representam a soma de todos os tempos adicionais para a execução planeada de um determinado processo.

Tabela 5.3: Comparação de resultados entre a situação inicial e a situação balanceada.

	Situação Inicial	Situação c/ balanceamento
Nº Operadoras	2	2
Bottleneck c/ Distributivos (seg.)	101,83	84,41
Distributivos (%)	16,5	16,5
Nº de Peças Turno	266	320

Após a análise efetuada, verifica-se que a segunda operadora executa tarefas que exigem um maior tempo de execução, relativamente às operações executadas pelo primeiro operador. De referir que cerca de 90% do trabalho da segunda operadora é relativo ao embalamento do produto.

Assim sendo, considera-se que o grande problema das linhas BC, e de cerca de 70% das linhas de montagem da fábrica (valor baseado num estudo efetuado pelo Departamento de Engenharia), se encontra no posto de embalamento. Este foi analisado com maior detalhe, de forma a propor uma possível melhoria a ser implementada. O posto de embalamento do produto é composta por quatro fases: limpeza e ensacamento da torneira; formar caixa; colocar inserção e etiqueta; inserção dos componentes e TPI na embalagem.

Mediante estas quatro fases do posto de embalamento, verificou-se que a operação de formar a caixa, colocar inserção e etiqueta poderia ser melhorada introduzindo um sistema que ajudasse a formar a caixa. Neste sentido foram efetuadas cronometragens de forma separada para as três sub-operações: formar caixa, colocar inserção e etiqueta, para ser possível calcular os possíveis ganhos com a introdução de um sistema de formar caixas. Para isso, estipulou-se que com a introdução desta melhoria a operadora seria capaz de formar a caixa em cerca de 6 a 7 s em vez dos atuais 12

s, aproximadamente, poupando assim cerca de 6 a 5 s e vários movimentos executados pelos operadores. Assim sendo, com base neste valor estimado foi feito um estudo de maneira a comparar os valores entre a situação inicial (balanceada) e os ganhos obtidos com a situação de melhoria, valores esses apresentados na Tabela 5.4.

Tabela 5.4: Cálculo dos ganhos com introdução da melhoria.

Operação	Situação Inicial			Situação com Melhoria		
	Operadora 1	Teste estanquidade	Operadora 2	Operadora 1	Teste estanquidade	Operadora 2
1	10,33			10,33		
2	9,13			9,13		
3	7,48			7,48		
4	12,49			12,49		
5	9,80			9,80		
6	8,04			8,04		
7		23,24			23,24	
8	14,95		7,04	12,09		9,90
9			15,13			15,13
10 Formar caixa			11,90			5,90
10 Colocar Inserção			2,46			2,46
Colocar etiqueta			2,30			2,30
11			26,09			26,09
12			7,55			7,55
T. Total por operadora	72,22	23,24	72,47	69,36	23,24	69,33
Peças a produzir por:			Situação Inicial	Situação c/ melhoria	Aumento de produtividade	
Turno			320	335	15	
Dia			960	1005	45	
Ano			350 400	366 825	16 425	

Tal como é apresentado na tabela acima, a principal alteração é a redução do tempo de formar a caixa, que passaria dos 11,90 para os 5,90 s. Assim sendo, o tempo total do conjunto das operações executadas pelo 1.º operador iria passar de 72,22 para os 69,36 s, e o do segundo operador iria passar dos 72,47 para os 69,33 s, reduzindo assim o tempo de ciclo (com distributivos) da linha dos 84,41 para os 80,80 s.

Quanto ao cálculo da produtividade, este valor foi calculado considerando: o tempo de ciclo com distributivos para dois operadores, e 450 minutos

por turno de trabalho. Desta forma, com a implementação da melhoria, estima-se obter um aumento de produtividade na ordem dos 15 produtos por turno de trabalho (45 por dia e 16425 produtos por ano), em cada linha de produção que utilizam caixas planas, que se estima serem à volta de 80% das linhas da fábrica.

Após análise dos cálculos realizados no estudo dos ganhos com a introdução de um sistema que permita formar as caixas, seria possível diminuir o tempo de execução das tarefas no terceiro posto. Com isto, após balancear a linha para a situação com melhoria, verificou-se uma diminuição do *bottleneck*, assumindo-se desta forma um aumento considerável da produção.

5.2 Fase de Projeto e Implementação

Nesta secção serão apresentados os passos efetuados relativos ao desenvolvimento do sistema pneumático de formar caixas, desde a fase de projeto até à implementação final.

Numa primeira fase será realizada uma análise do processo de formação da caixa e em seguida será projetado um protótipo para se efetuar um primeiro ensaio (ensaio manual) para formação da caixa, de maneira a comprovar a eficácia do princípio de funcionamento do sistema.

Numa segunda fase, após retiradas as devidas conclusões do primeiro ensaio, serão apresentados os projetos realizados em 3D e as respetivas implementações, de modo a ser possível criar um protótipo de simulação mais automatizado.

Por fim, serão apresentados os componentes que integram o sistema e o respetivo circuito pneumático.

De referir ainda que, antes de serem tomadas quaisquer tipo de decisões,

estabeleceram-se alguns requisitos a ter em consideração no desenvolvimento do sistema, a saber:

- dimensões reduzidas, para que posteriormente o sistema não ocupe demasiado espaço na linha de montagem;
- móvel, para que na eventualidade de não se estar a produzir com caixas deste tipo, ser possível remover o sistema da linha sem qualquer tipo de problema;
- flexível, de forma a que o gabari se adapte a qualquer dimensão de caixas deste tipo (caixas planas);
- baixo custo, de maneira a que o *payback* seja o mais reduzido possível e que permita estender o sistema às várias linhas da fábrica.

5.2.1 Análise do Processo de Formação da Caixa

Inicialmente foi necessário analisar o processo de formação da caixa de modo a ter em consideração todos os movimentos e dobragens necessárias. Nesse sentido, após observação dos operadores a formar a caixa nas linhas de montagem, verificou-se que eram realizados vários movimentos para dobrar as diferentes faces. Para facilitar a compreensão do processo de formação da caixa, procedeu-se à identificação das faces por sequência de dobragem (como se mostra na Figura 5.6), ou seja, a face representada com o número um é a primeira a ser dobrada, e assim sucessivamente, sendo que a última é a face representada com o número quatro.

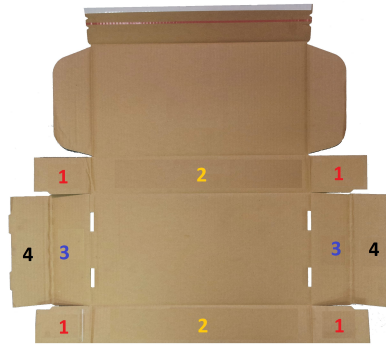


Figura 5.6: Sequência de dobragens durante o processo de formação da caixa.

Para se entender o processo efetuado pelos operadores, desde o momento em que pegam na caixa até que esta fique formada, apresenta-se na Figura 5.7 um gráfico de duas mãos com a descrição dos movimentos executados.

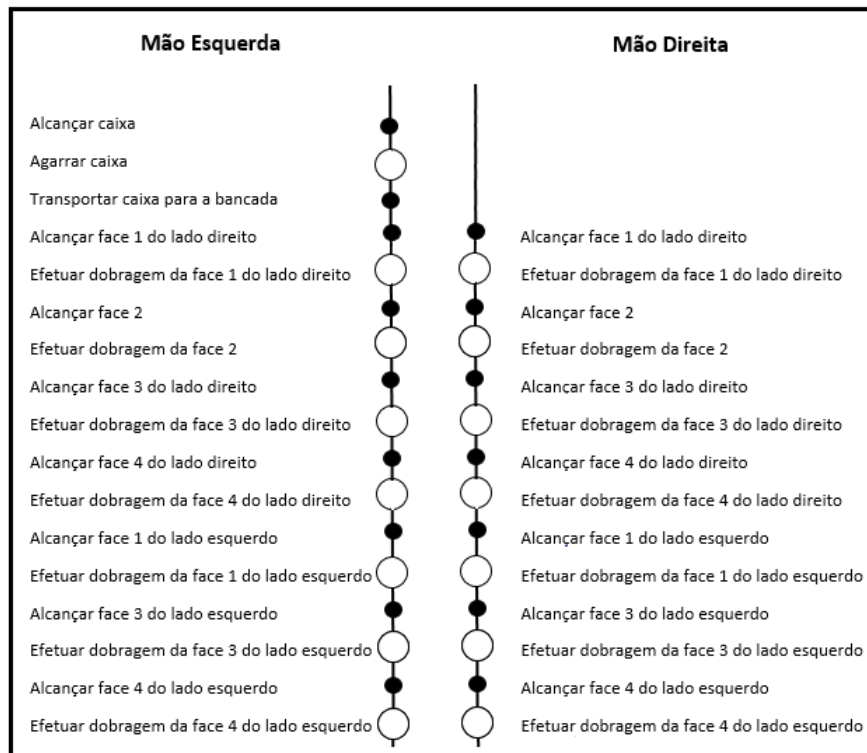


Figura 5.7: Gráfico duas mãos do processo de formação da caixa.

5.2.2 Projeto do Ensaio Manual

Após analisar o processo de formação da caixa, e identificadas todas as faces por ordem de dobragem, procedeu-se ao desenvolvimento de um *mock-up* de modo a ser possível comprovar o princípio de funcionamento do sistema.

Para o efeito criou-se um primeiro gabari constituído por paralelepípedos de diferentes alturas, como se apresenta na Figura 5.8, em que a altura de cada um deles dependia da sequência de dobragem - a primeira face a ser dobrada teria de ser guiada pelo paralelepípedo mais alto, e assim sucessivamente, sendo que a última face teria de ser guiada pelo paralelepípedo mais baixo. Após testes efetuados, estipulou-se que as guias identificadas pelo número (1) ficariam com uma altura de 90 mm, as identificadas pelo número (2) ficariam com uma altura de 70 mm e as identificadas pelo número (3) ficariam com uma altura de 45 mm. As guias que não se encontram identificadas na Figura 5.8 servem apenas para limitar o percurso da caixa, ou seja, permitem que no momento da inserção da caixa no molde estas funcionem como batente, fazendo com que a caixa se posicione corretamente.

De referir ainda que, de modo a facilitar o deslizamento da caixa pelas diferentes guias, criaram-se chanfros nas arestas dos paralelepípedos, em direção à base da caixa.

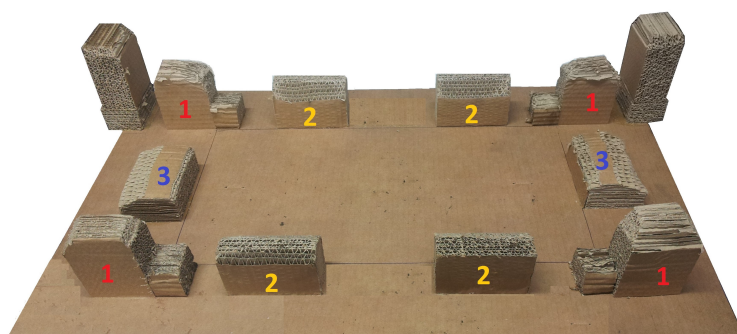


Figura 5.8: *Mock-up* do gabari em cartão.

Quanto ao princípio de funcionamento do presente *mock-up*, este é muito simples. A operadora pega na caixa (plana) e coloca-a em cima do molde, posicionando-a de forma correta com a ajuda dos batentes, como mostrado na Figura 5.9, à esquerda. Após posicionamento correto da caixa, a operadora tem apenas de fazer pressão no sentido da base da caixa com a ajuda das duas mãos. No final deste procedimento, as faces um, dois e três apresentadas na Figura 5.6 já se encontram dobradas (Figura 5.9, ao centro), sendo que as faces identificadas pelo número quatro são posteriormente dobradas manualmente (como apresentado na Figura 5.9, à direita).



Figura 5.9: Processo de formação da caixa com o ensaio manual.

Com o desenvolvimento deste protótipo inicial, foi possível verificar melhorias na formação da caixa, tanto ao nível de tempo gasto como ao nível de economia de movimentos.

De forma a comprovar as melhorias verificadas com o desenvolvimento do ensaio manual, apresenta-se na Figura 5.10 o gráfico de duas mãos que representa os novos movimentos utilizados para se formar a caixa.

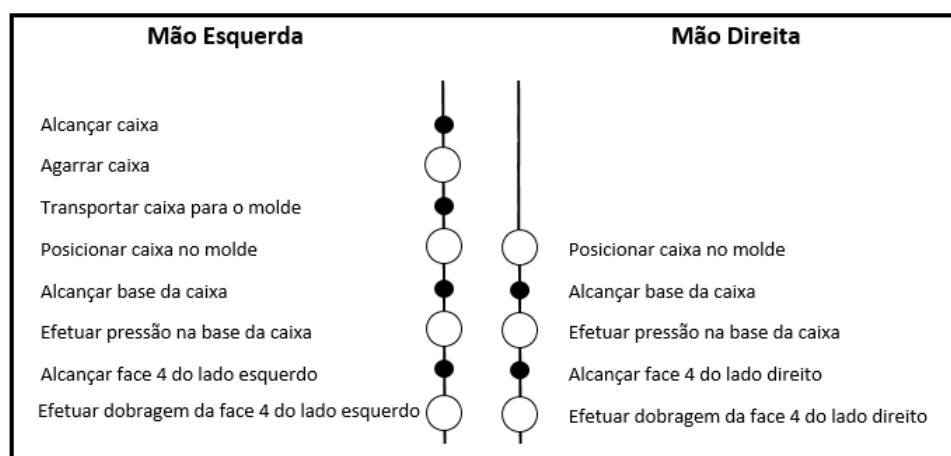


Figura 5.10: Gráfico duas mãos do processo de formação da caixa no ensaio manual.

5.2.3 Projeto do Ensaio Semi-Automático

Com a construção do *mock-up* foi possível comprovar o princípio de funcionamento da base do sistema com o ensaio manual. Confirmou-se que com a utilização de guias de diferentes alturas é possível dobrar as várias faces da caixa pela devida sequência e, se existir uma força exercida na direção da base da mesma, era possível formar uma caixa.

Nesse sentido avançou-se para o desenvolvimento de um sistema mais automatizado que permitisse ao operador formar a caixa com o menor esforço e tempo de execução possível. Comparando com o sistema apresentado para o ensaio manual, estipulou-se que com o novo sistema deveria ser possível melhorar aspectos relacionados com ergonomia no trabalho (devido à pressão exercida na caixa por parte do operador) e libertar o operador para outras tarefas ou, por exemplo, libertar o operador para que este possa preparar os componentes que serão inseridos na caixa.

O princípio de funcionamento do novo sistema seria idêntico, sendo que teria

de ser criado um mecanismo que substituísse a pressão exercida pelo operador sobre a base da caixa, após posicionamento desta no molde elaborado.

A primeira solução proposta passava por integrar um robô que, através de uma garra de sucção, pegava na caixa, posicionava-a no gabari, e exerceria a força na vertical (no sentido da gravidade) provocando a sua formação, como se encontra demonstrado na Figura 5.11. Apesar de esta solução acarretar várias vantagens, como substituir a pressão exercida pelo operador e evitar que esta se desloque para pegar na caixa e a posicionar no molde, esta solução teria um elevado custo económico e ocuparia demasiado espaço nas linhas de montagem.

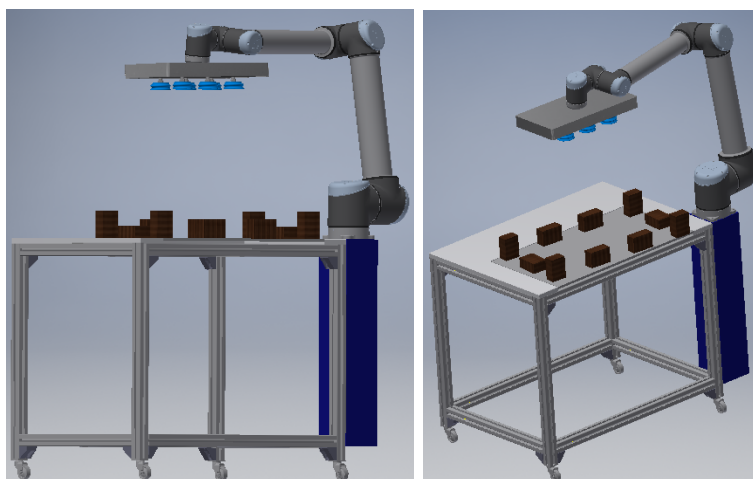


Figura 5.11: Primeira proposta de solução - projetado no Autodesk Inventor.

Pelo facto desta solução não preencher todos os requisitos, foi realizada outra proposta que, apesar de não ser tão automatizada, produzia o mesmo efeito. Nesta segunda proposta de solução apresentou-se um mecanismo constituído principalmente por duas ventosas de sucção e pelo gabari apresentado na subsecção 5.2.2. De forma resumida, após posicionamento da caixa plana no gabari, esta é empurrada no sentido da gravidade com ajuda das ventosas de sucção. Ao passar pelo gabari constituído por paralelepípedos de diferentes

alturas, a caixa é formada pela sequência de dobragem. Todo o mecanismo desenvolvido partiu do esboço realizado na Figura 5.12.

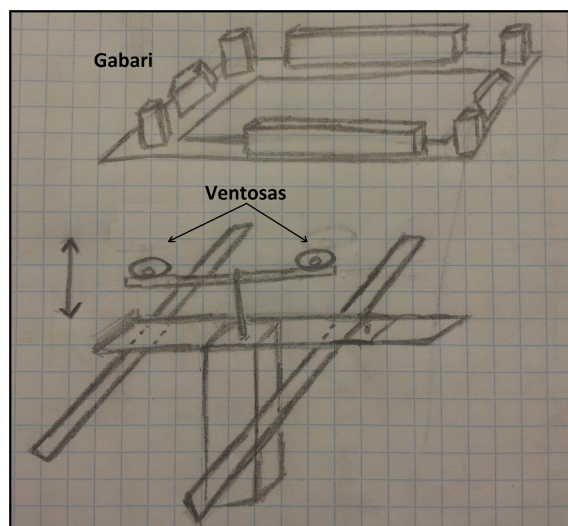


Figura 5.12: Esboço de partida para o mecanismo desenvolvido.

Nas subsecções seguintes apresentam-se os projetos, implementações, ferramentas e componentes utilizados para o desenvolvimento do novo sistema.

5.2.3.1 Projeto da Bancada de Testes

Numa primeira fase foi necessário construir uma bancada de testes para ser possível integrar todos os componentes do sistema a desenvolver. Decidiu-se construir a bancada em perfil de alumínio, com as seguintes dimensões: 900 mm de altura, 1000 mm de comprimento e 800 mm de largura. A largura e altura consideradas na construção da bancada são coerentes com as dimensões das bancadas das linhas de montagem, de forma a manterem-se as normas de ergonomia consideradas pelo departamento. Relativamente ao comprimento da bancada, este foi definido a partir da análise efetuada às dimensões das caixas planas existentes. Após a análise foi considerada a

caixa de maiores dimensões e construiu-se um gabari para essa caixa, gabari esse que estipulou a medida do comprimento da bancada.

A bancada apresenta ainda um rasgo de 20 mm de espessura, 375 mm de comprimento e 150 mm de largura, que servirá para desobstruir a passagem para o deslocamento das ventosas. Na Figura 5.13 (à esquerda) apresenta-se o projeto da bancada realizado em Autodesk Inventor, e a respetiva construção realizada internamente na fábrica é apresentada na Figura 5.13 (à direita).

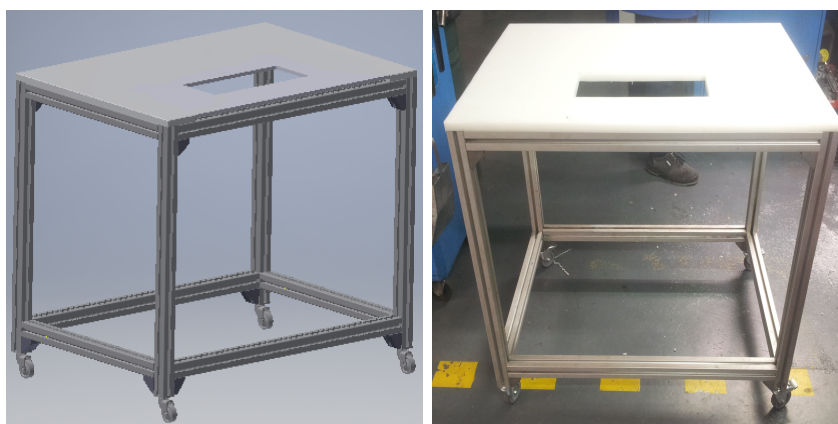


Figura 5.13: Projeto da bancada de testes (à esquerda) e respetiva construção (à direita).

5.2.3.2 Projeto do Gabari para Formação da Caixa

Após efetuados vários testes com o *mock-up* em cartão do gabari, e terem sido consumados todos os ajustes necessários, procedeu-se ao projeto de um novo gabari, mostrado na Figura 5.14.

Para o projeto do gabari final foram feitos alguns ajustes, principalmente ao nível da espessura e comprimento das guias que orientam o deslizamento da caixa. Reduziu-se a espessura e aumentou-se o comprimento de forma a ter mais área de contacto com a caixa e melhorar o processo de dobragem.

Outro ajuste efetuado foi a inclinação dos chanfros, dado que na fase de testes com o *mock-up* em cartão este foi um dos problemas encontrados.

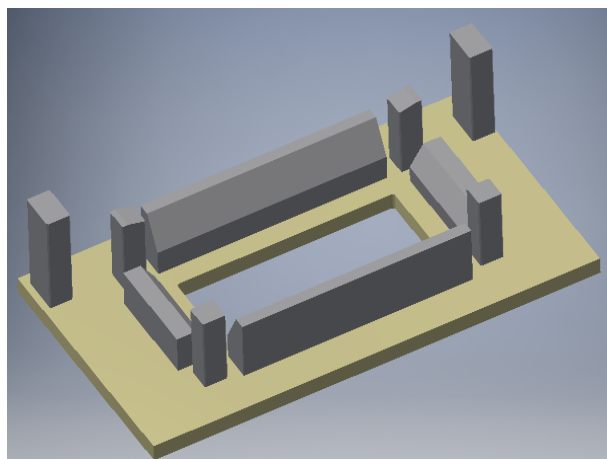


Figura 5.14: Primeiro projeto do gabari - elaborado no Autodesk Inventor.

Melhorados todos os aspetos considerados na fase de testes, surgiu a ideia de criar um sistema de guias que permitisse o ajuste consoante o tamanho da caixa, contribuindo desta forma para a flexibilidade do sistema. Assim, foram criados veios na base do gabari onde se introduziram chavetas e rasgos que permitissem o deslocamento do parafuso (representado a vermelho na Figura 5.15). Como as guias são feitas em rilene, a solução encontrada para acoplar o parafuso às guias foi criar furações para primeiro inserir helicóides que posteriormente permitissem aparafusar o parafuso. De forma a permitir uma melhor compreensão do que foi descrito, apresenta-se na Figura 5.15 o projeto em 3D do gabari e na Figura 5.16 a respetiva construção. De referir que todos os desenhos técnicos das guias que integram o gabari, bem como as fotografias que ilustram a montagem do sistema de ajuste, se encontram apresentados no Anexo C. O desenho 3D, bem como os respetivos ficheiros de montagem e animações que reproduzem o funcionamento do sistema de ajuste, encontram-se no CD-ROM que se anexa a esta Dissertação.

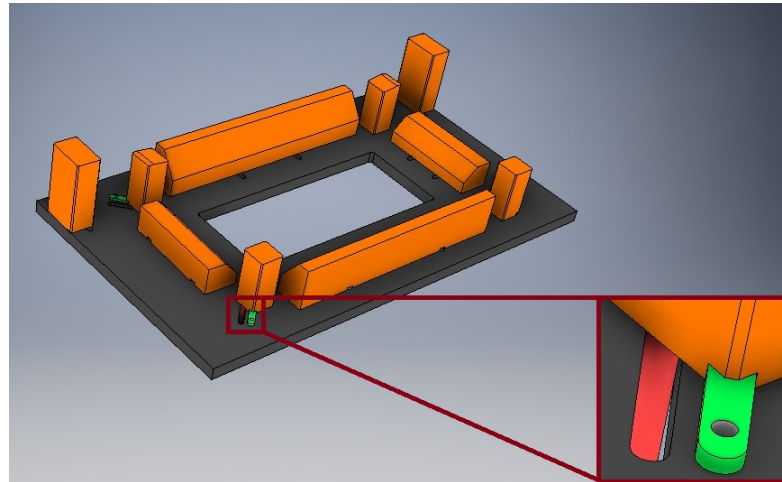


Figura 5.15: Projeto final do gabari com sistema de ajuste - elaborado no Autodesk Inventor.

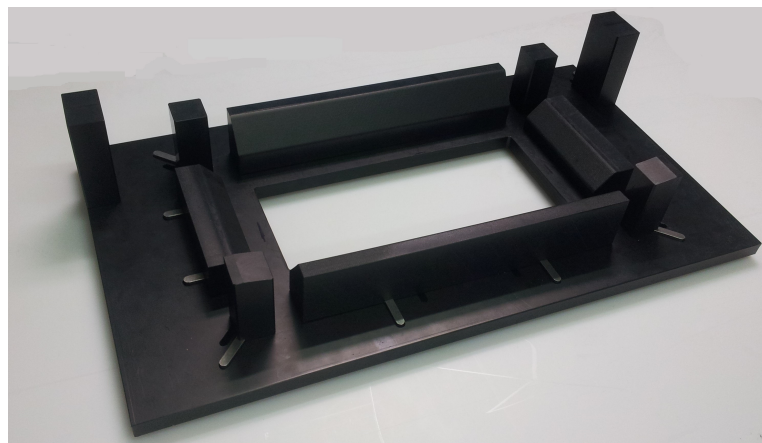


Figura 5.16: Fotografia do gabari desenvolvido.

5.2.3.3 Definição da Ventosa a Utilizar

Para empurrar a caixa (posicionada na superfície do gabari) no sentido da gravidade foi estipulado que o melhor mecanismo passava pela utilização de ventosas de sucção.

Para o efeito consideraram-se as dimensões do rasgo (coerentes com a análise

efetuada às várias caixas da fábrica) produzido no tampo da bancada construída. Nesse sentido, a ventosa a utilizar teria de: ter dimensões adequadas que permitisse a sua passagem pelo rasgo sem qualquer problema; ter a maior área de contacto possível com a base da caixa; ser adequada para superfícies planas e levemente curvadas, que corram risco de deformação; ser adequada para aderir em papelão; suportar o peso da caixa.

Para se obter uma ventosa que obedeça aos anteriores pressupostos, foi contactado um fornecedor que apresentou quatro modelos de ventosas do tipo padrão plana (Figura 5.17), que se diferenciavam não apenas em termos de diâmetro, mas também quanto à superfície de contacto.

Após testes efetuados com todos os modelos apresentados, verificou-se que a ventosa de maiores dimensões (120 mm) era a que apresentava maior eficácia e estabilidade durante a formação da caixa, talvez também por ser a ventosa que apresentava maior área de contacto. Todas as especificações técnicas das ventosas utilizadas, encontram-se apresentadas no Anexo D.

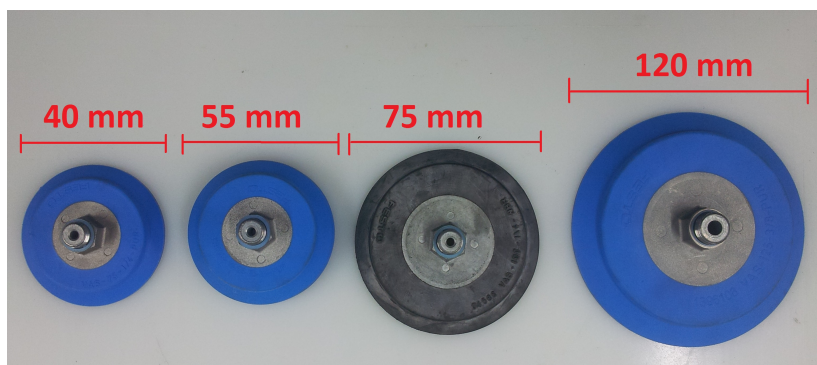


Figura 5.17: Dimensões das possíveis ventosas de sucção a utilizar.

5.2.4 Definição do Atuador Pneumático a Utilizar

Terminada a seleção da ventosa a utilizar, foi necessário estabelecer um mecanismo de elevação que permitisse o deslocamento das ventosas na vertical. A solução encontrada foi a utilização de um atuador linear pneumático, mais precisamente um cilindro.

Para o efeito foi utilizado um cilindro de duplo efeito, cujo princípio de funcionamento pode ser consultado em (Frederico, 2011).

Para a escolha do cilindro pneumático a ser utilizado foram considerados outros aspetos, a saber: ser de haste quadrada, promovendo a estabilidade da fixação do cilindro ao suporte a ser criado; o curso teria de ser o suficiente para deslocar as ventosas desde a superfície do gabari até à base, estipulando-se um curso mínimo de 110 mm. Considerados todos os aspetos, decidiu-se optar pelo cilindro da Festo, modelo DSBC-Q-32-160-PPSA.

5.2.4.1 Projeto dos Suportes de Fixação do Cilindro e Ventosas

Escolhidas as ventosas e o atuador pneumático a serem utilizados, surge a necessidade de acoplar as ventosas ao cilindro pneumático. Nesse sentido, foram criados dois suportes de fixação: um para acoplar as ventosas ao cilindro (apresentado na Figura 5.18) e outro para acoplar o cilindro à bancada (apresentado na Figura 5.19).

O suporte que fixa as ventosas ao cilindro apresenta dois rasgos que permitem regular a posição das ventosas, de forma a contribuir para a flexibilidade do sistema. Apresenta também um orifício com entrada quadrada na parte traseira, com uma profundidade igual à metade da espessura do suporte, para que o acoplamento à haste do cilindro seja mais estável, evitando qualquer tipo de folga.

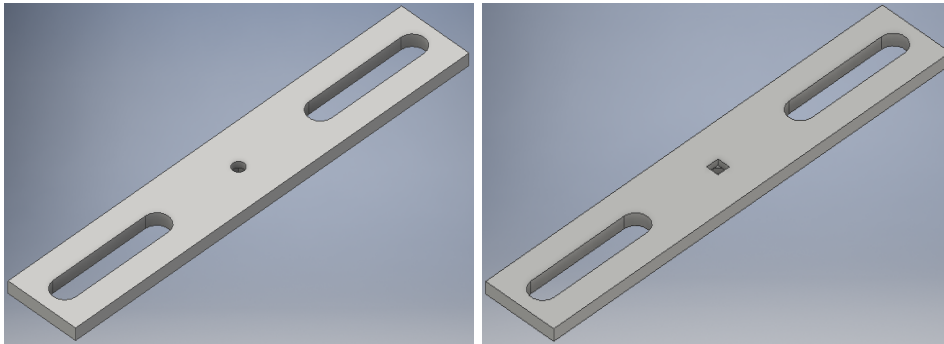


Figura 5.18: Projeto do suporte para ventosas, vista superior (à esquerda) e vista inferior (à direita).

Para o projeto do suporte de fixação do cilindro à bancada de teste, foram consideradas apenas as furações presentes na extremidade do cilindro e projetado da mesma forma no suporte de forma a facilitar a fixação.

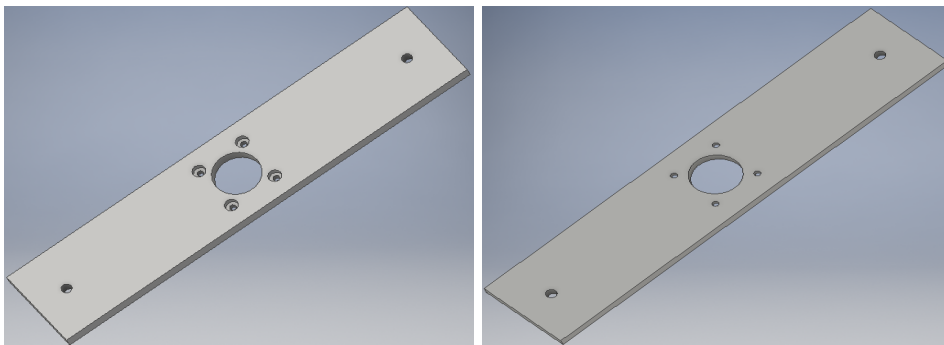


Figura 5.19: Projeto do suporte para cilindro, vista superior (à esquerda) e vista inferior (à direita).

De referir que devido à falta de tempo por parte da ferramentaria da manutenção, foi impossível produzir estes suportes. De forma a contornar este problema, foram desenvolvidos uns suportes idênticos (porém sem o detalhe do rasgo que serviria para a flexibilidade no ajuste das ventosas) na ferramentaria da montagem que serviram para testes enquanto os suportes pedidos não se encontram finalizados.

5.2.5 Solução Para Sucção de Ar - Princípio de Venturi

O passo seguinte passou por criar um mecanismo de sucção para que fosse possível que as ventosas aderissem à caixa. A solução encontrada para produzir este efeito foi através de um gerador de vácuo que opera pelo princípio de venturi (Festo, 2016), modelo VAD 1/4 9394 FN43. No Anexo E encontram-se as características técnicas do gerador.

Como existe saída de ar à saída (escape), é recorrente utilizar-se um silenciador (neste caso, o modelo 197584 da Festo) de forma a que seja possível diminuir o ruído provocado pelo gerador.

5.2.6 Definição das Válvulas de Impulso a Utilizar

Após realizado o projeto do circuito pneumático a ser implementado (realizado no *software* FluidSIM-P) chegou-se à conclusão que seria necessário utilizar uma válvula direcional de 5 vias e 2 posições (válvula 5/2 da Festo, modelo JH-5-1/8 8823 F955). A constiuição de uma válvula 5/2 vias e o seu princípio de funcionamento pode ser consultado em (Parker, 2000).

Durante a análise do funcionamento do circuito pneumático do equipamento, verificou-se que no movimento de descida do êmbolo do cilindro, o sensor magnético que deteta o campo magnético gerado pelo íman desse mesmo êmbolo, e desliga a sucção no momento definido, apenas envia um sinal à válvula desligando a sucção por um curto espaço de tempo, voltando novamente a ser ativada a sucção. Para evitar que a sucção permaneça constantemente ligada, isto é, para que a sucção só permaneça ativa durante o instante de trabalho, foi necessário utilizar uma válvula bi-estável.

5.2.7 Válvula Temporizadora

Pelo facto das válvulas utilizadas serem bi-estáveis, e estas guardarem sempre o último valor obtido, surgiu a necessidade de utilizar uma válvula temporizadora da Festo, modelo VZO-3-PK-3.

Quando o sensor magnético deteta o campo magnético gerado pela descida do íman do êmbolo do cilindro, este pilota uma válvula 5/2 vias, desligando a sucção. Como a válvula é bi-estável, a utilização de uma válvula temporizadora irá permitir (após um tempo definido) comutar novamente a válvula 5/2 vias, possibilitando desta forma que a sucção permaneça desligada até nova comutação. Para uma melhor compreensão do que foi descrito, é possível consultar o circuito pneumático na Figura 5.22, onde a válvula temporizadora se encontra identificada pelo número 10.

As características técnicas da válvula temporizadora, encontram-se apresentadas no Anexo F.

5.2.8 Válvula com Botão de Acionamento

Relativamente ao movimento do cilindro no sentido ascendente, estipulou-se que este seria acionado por uma válvula com botão. Para o efeito utilizou-se a válvula 3/2 vias com botão de acionamento em cogumelo da Festo, modelo 6817 SV-3-M5. As características técnicas do componente encontram-se apresentadas no Anexo G.

5.2.9 Regulador de Pressão a Utilizar

Através de testes efetuados com a primeira ventosa e o gerador de vácuo apresentado pelo fornecedor (mostrado na Figura 5.20), reparou-se que existia a necessidade de reduzir a pressão que alimentava o gerador. Ao ligar

diretamente a alimentação central de ar comprimido da fábrica ao gerador, provocava uma elevada sucção e conseqüentemente marcava a caixa.

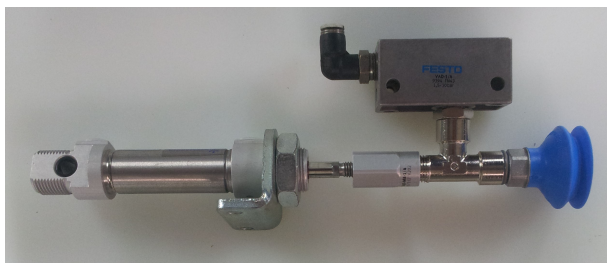


Figura 5.20: Fotografia dos componentes utilizados na primeira experiência efetuada.

A solução encontrada para resolver este problema foi introduzindo um regulador de pressão da Festo, modelo LRMA-QS-6 153496 BO, de forma a reduzir a pressão de ar presente na entrada do venturi, dos 6 para 1 bar. As características técnicas relativas ao regulador utilizado encontram-se descritas no Anexo H.

5.2.9.1 Definição do Sensor Mecânico

Numa fase posterior, e após o sistema já se encontrar funcional, foi necessário melhorar aspetos que contribuíssem para a viabilidade do sistema, sendo que um deles seria o consumo de energia, neste caso de ar comprimido. Para que o equipamento não estivesse constantemente a consumir energia, as ventosas teriam de obrigatoriamente encontrar-se na posição de repouso, ou seja na posição de baixo. Porém, e de forma a demorar menos tempo na formação da caixa, é necessário que quando o operador coloca a caixa em cima das guias, as ventosas estejam em cima, evitando ter que aguardar pelo deslocamento das ventosas até à sua posição de início de ciclo.

Desta forma, para que as ventosas se encontrassem na posição de arranque

sem que estivessem a consumir energia, seria necessário a utilização de um sensor que apenas ativasse a sucção nas ventosas quando o equipamento estivesse a ser abastecido por uma caixa. Para o efeito, a solução encontrada foi a utilização do sensor mecânico da SMC, modelo VM 1000-4N-32B.

O sensor foi acoplado ao suporte das ventosas no seu ponto médio, como apresentado na Figura 5.21. Quando o operador coloca a caixa em cima das guias, e conseqüentemente das ventosas, a caixa embate no elemento comutador do sensor mecânico, provocando a atuação da válvula que liga a sucção.

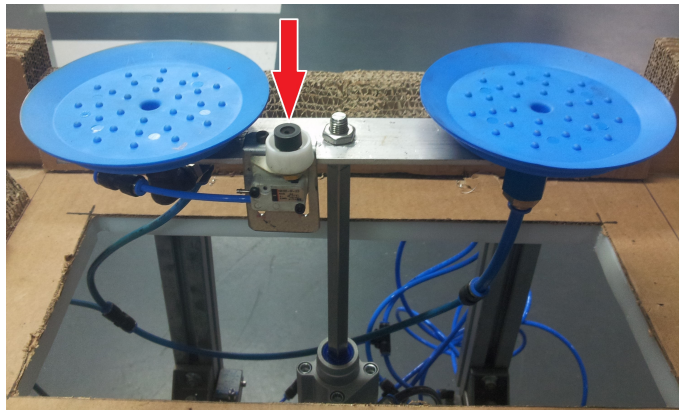


Figura 5.21: Fotografia do sensor mecânico acoplado ao suporte das ventosas.

5.2.9.2 Definição do Sensor Magnético

Após colocado o fim de curso para acionamento da sucção, é necessário outro sensor que permita proceder ao processo inverso, isto é, desligar a sucção no ponto definido no movimento descendente do êmbolo do cilindro. A introdução de um novo sensor surgiu da necessidade de desligar a sucção após a caixa estar formada, para que as ventosas largassem a caixa na base do gabari. Caso contrário, se a sucção não fosse desligada, as ventosas arrastariam a caixa para o fundo, causando a sua deformação.

A solução encontrada para o efeito foi a integração de um sensor magnético da Festo, modelo SMPO-8E 178563, que, acoplado ao cilindro pneumático, permitiu controlar o movimento do êmbolo. Posicionou-se o sensor num ponto definido, de forma que ao detetar o campo magnético proporcionado pelo íman do êmbolo que se desloca no interior do cilindro, é comutado desligando a sucção nas ventosas.

Este tipo de sensores têm uma grande vantagem comparativamente com os sensores mecânicos, dado que a posição do êmbolo é detetada de forma confiável sem qualquer tipo de contacto, evitando desta forma o desgaste do sensor. As especificações técnicas do sensor encontram-se apresentadas no Anexo I.

5.2.9.3 Circuito Pneumático do Projeto

Tendo em mente o que se pretendia com a conceção do presente equipamento, relativamente ao seu princípio de funcionamento, foi projetado, simulado e testado o circuito pneumático, no *software* FluidSIM-P. A utilização deste *software* permitiu identificar os componentes necessários para se proceder à instalação, providenciando também a capacidade de simulação do circuito passo a passo, minimizando os desvios e erros que pudessem ocorrer na etapa de instalação.

Encontra-se apresentado na Figura 5.22 o circuito pneumático elaborado para o projeto. Os respetivos ficheiros de simulação encontram-se no CD-ROM que se anexa a esta Dissertação.

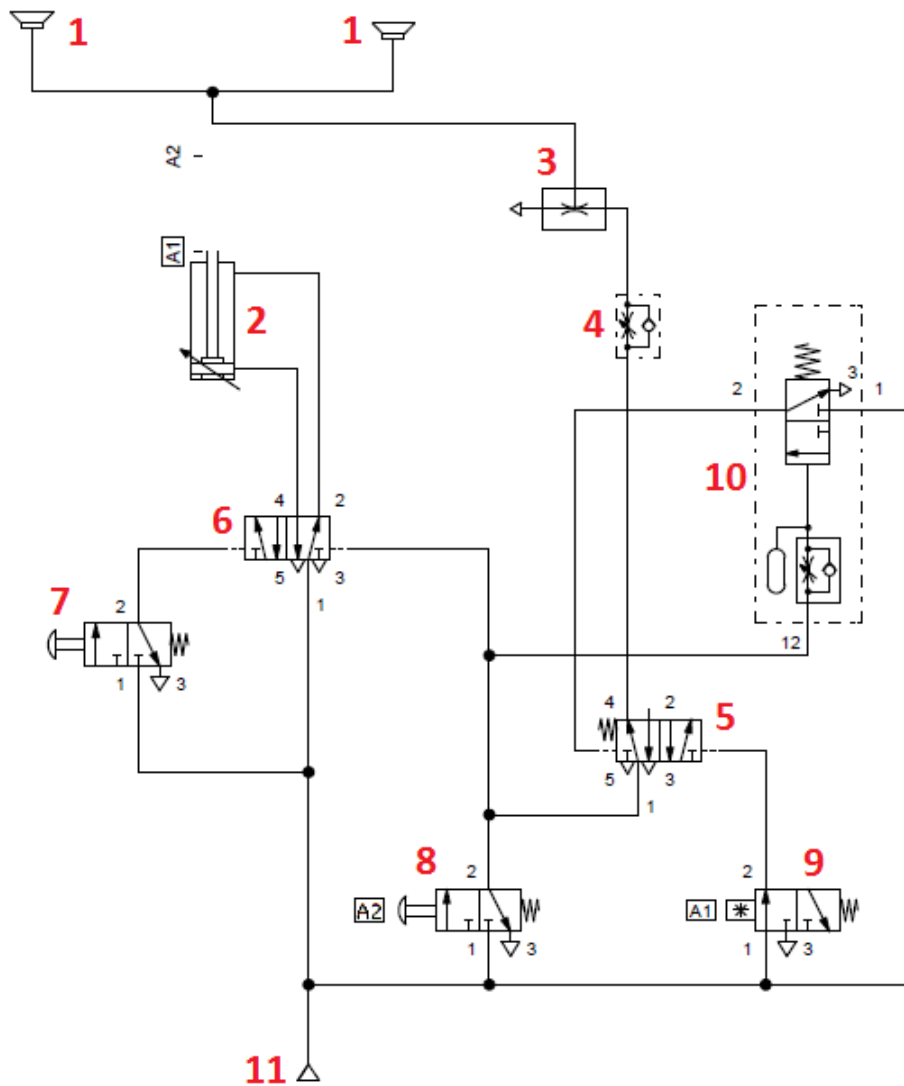


Figura 5.22: Circuito pneumático do projeto - elaborado no FluidSIM-P.

O circuito apresentado é composto pelos seguintes componentes:

1. ventosas;
2. cilindro pneumático de dupla ação;
3. gerador de vácuo (Venturi);
4. válvula reguladora de fluxo unidirecional;
5. válvula de impulso de 5/2 vias;
6. válvula de impulso de 5/2 vias;
7. válvula de 3/2 vias com botão de acionamento;
8. sensor mecânico pneumático;
9. sensor magnético de proximidade pneumático;
10. válvula temporizadora, normalmente fechada;
11. rede de alimentação de ar comprimido.

De forma resumida, o circuito funciona da seguinte forma: após ligar o equipamento à rede de alimentação de ar comprimido, o operador comuta a válvula de 3/2 vias com botão de acionamento. Ao ser acionada, o ar desloca-se pela saída de aplicação, pilotando a válvula 5/2 (6) na entrada de pilotagem, provocando o deslocamento ascendente do êmbolo do cilindro.

Quando o cilindro se encontra atuado o operador pode iniciar o ciclo de operação. Ao colocar a caixa em cima da matriz (que permite ao equipamento efetuar a sequência de dobragens), a caixa embate no sensor mecânico posicionado entre as ventosas. Ao ser pressionado, o sensor pilota a válvula 5/2 (6), provocando a descida da haste do cilindro, e o acionamento da

sucção nas ventosas, pilotando a válvula 5/2 (5). Este sensor também é responsável por carregar o depósito de ar da válvula temporizadora (10).

No movimento de descida, o campo magnético proporcionado pelo íman do êmbolo do cilindro é detetado pelo sensor magnético (9) que se encontra acoplado ao cilindro. Detetado o campo magnético, o sensor é comutado e pilota a válvula 5/2 (5), desligando a sucção.

5.2.9.4 Implementação Final e Testes

Apresentado todo o trabalho realizado para se conceber o equipamento, resta apresentar o seu aspeto final. Deste modo, após efetuada a escolha dos componentes que iriam integrar o equipamento, procedeu-se ao desenho do projeto em 3D de forma a poder-se visualizar o aspeto final da bancada, o qual é apresentado na Figura 5.23. No Anexo J encontra-se o desenho técnico onde constam todas as dimensões da bancada desenvolvida.

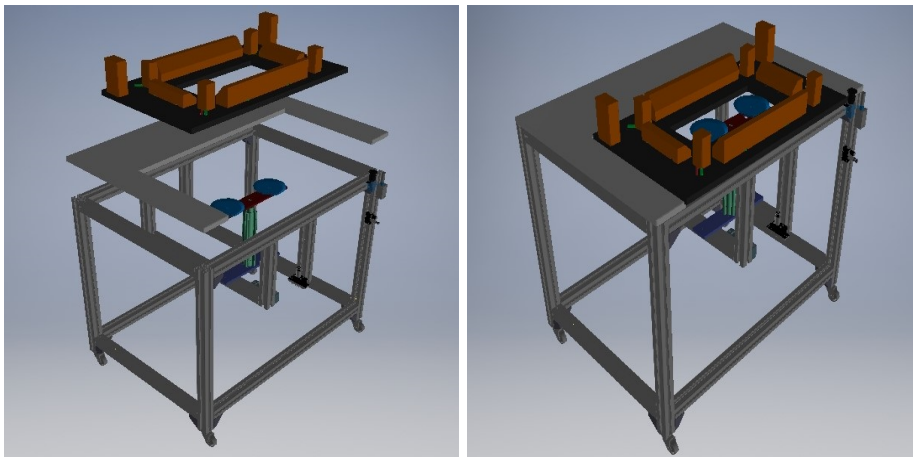


Figura 5.23: Projeto 3D do equipamento - elaborado no Autodesk Inventor.

Concluído o projeto da bancada procedeu-se então à sua construção na ferromentaria da fábrica, ficando este com o aspeto final apresentado na Figura 5.24

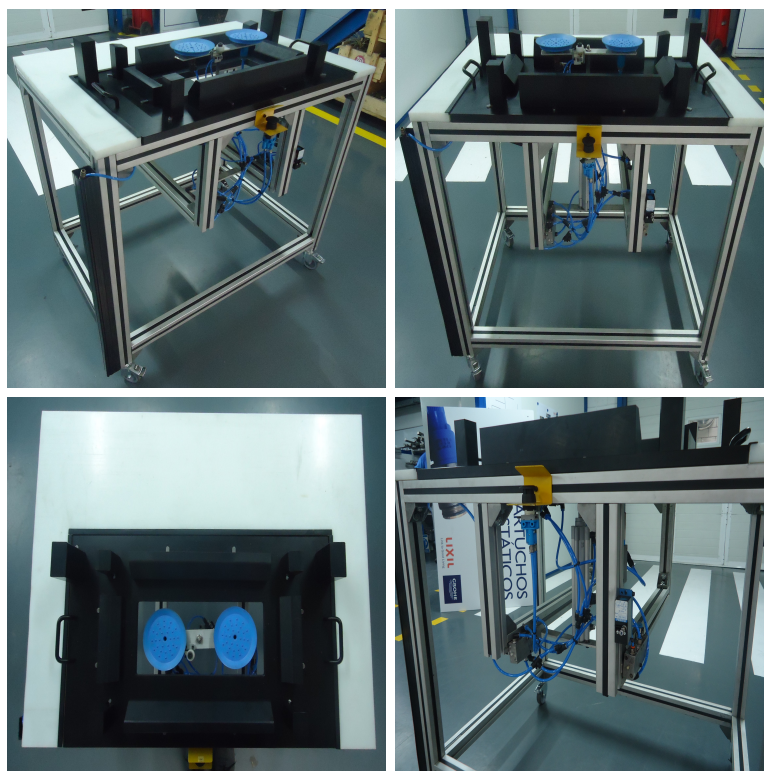


Figura 5.24: Fotografia do equipamento desenvolvido.

De referir que, no CD-ROM está presente um vídeo que demonstra o funcionamento do sistema já em utilização a formar caixas.

Após concluída a construção do equipamento, foram efetuados vários testes de maneira a ser possível comprovar a viabilidade do sistema e, por outro lado, ser possível cronometrar o tempo de ciclo de formação das caixas.

Para uma melhor compreensão do ciclo de trabalho correspondente a formar uma caixa com recurso ao sistema pneumático desenvolvido, apresentam-se na Figura 5.25 as várias etapas que o compõem.

Desta forma, a etapa (1) corresponde à posição de arranque do equipamento no qual se encontra à espera de receber uma caixa; na etapa (2) a caixa foi inserida no gabari pelo operador; a etapa (3) ilustra o resultado obtido após a

caixa ser sugada pelas ventosas do sistema; por fim, na etapa (4) o operador tem apenas de efetuar a dobragem das duas faces restantes, dando assim por terminado o ciclo de formação da caixa.

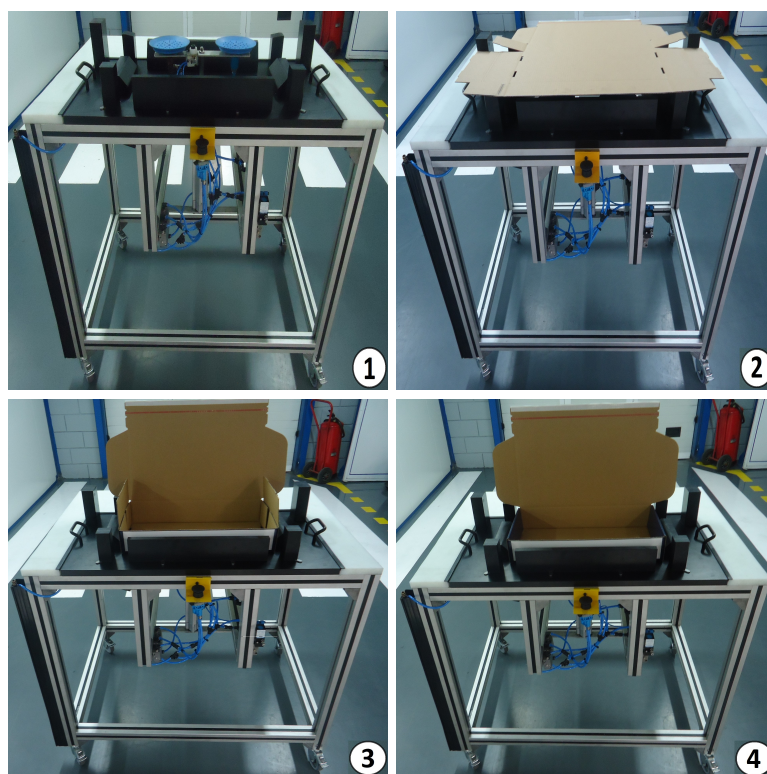


Figura 5.25: Etapas do ciclo de trabalho do equipamento.

De modo a permitir comparar os tempos de formação da caixa, entre a situação inicial e com a utilização do equipamento desenvolvido, para assim ser possível comprovar o novo tempo estimado inicialmente para formação da caixa e retirar as devidas conclusões acerca dos ganhos obtidos, foram recolhidas cerca de 15 amostras as quais se apresentam na Tabela 5.5, com o respetivo desvio padrão e média. Tendo por base o valor destas 15 amostras, foi determinado o número mínimo de amostras a serem efetuadas para garantir um grau de confiança de 95% e uma precisão de 10%, como se apresenta na Equação 5.1.

$$n = \left(\frac{1,96 \times 0,26}{0,1 \times 5,08} \right)^2 \simeq 1,01 \quad (5.1)$$

Como o valor obtido para o número mínimo de amostras a serem recolhidas é inferior ao valor de amostras recolhidas inicialmente, não foram efetuadas mais cronometragens.

Tabela 5.5: Cronometragem dos novos tempos de formação da caixa.

Tempos de Formação da Caixa com o Novo Equipamento					
Amostras \ Ações	T. Pegar Caixa (s)	T. Posicionar Caixa (s)	T. Descida (s)	T. Dobrar Abas (s)	T. Operação (s)
1	0,98	1,11	1,00	1,76	4,85
2	1,14	1,32	1,00	2,10	5,56
3	1,03	1,24	1,00	1,52	4,79
4	1,16	1,10	1,00	2,10	5,36
5	1,22	1,30	1,00	1,57	5,09
6	1,05	1,29	1,00	1,65	4,99
7	1,00	1,32	1,00	1,50	4,82
8	1,05	1,17	1,00	1,68	4,90
9	1,11	1,15	1,00	2,13	5,39
10	1,08	1,39	1,00	1,75	5,22
11	1,17	1,27	1,00	1,69	5,13
12	1,02	0,90	1,00	1,72	4,64
13	1,11	1,10	1,00	1,75	4,96
14	1,05	1,15	1,00	2,05	5,25
15	1,00	1,18	1,00	2,09	5,27
Média	1,08	1,20	1,00	1,80	5,08
Desv. Padrão	0,07	0,12	0,00	0,23	0,26

Na tabela apresentada, o tempo de pegar na caixa representa o tempo desde que o operador pega na caixa até ao gabari. A segunda coluna representa o tempo que o operador demora a posicionar corretamente a caixa no gabari.

Na terceira coluna encontra-se ilustrado o tempo de descida do cilindro juntamente com as ventosas. A coluna quatro representa o tempo que o operador demora a dobrar as abas laterais que ficam levantadas após a descida do cilindro. E, por fim, a última coluna representa o tempo total para se formar uma caixa.

Após análise da tabela pode-se verificar que o tempo de formação da caixa demora em média cerca de 5,08 s, superando o tempo estimado na fase de estudo, que se estipulou ser um valor entre 6 a 7 s.

5.3 Conclusões do Capítulo

Foi apresentada uma proposta de solução para um dos principais problemas do Departamento de Montagem, que se revelou ser o embalamento dos produtos. Após realizado um levantamento da situação, foi efetuada uma análise detalhada de uma linha de montagem, através de um estudo de tempos por cronometragem, de forma a identificar os problemas inerentes.

Identificado o problema a resolver, realizou-se uma comparação de tempos entre a situação inicial e a situação com a implementação de melhoria, de forma a ser possível calcular os ganhos que se obteriam.

Levantado o problema, é de seguida apresentado todo o caminho trilhado desde a fase de projeto até à implementação do equipamento pneumático de formar caixas. Terminada a construção do equipamento, realizaram-se testes de forma a comprovar os tempos previstos na fase de estudo, que se revelaram bastante satisfatórios, obtendo-se um tempo de formação da caixa de cerca de 5 s.

No capítulo seguinte procede-se à apresentação das melhorias efetuadas relativamente à alteração de linhas de montagem.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco.

Capítulo 6

Alteração de Linhas de Montagem

Neste capítulo é descrito o trabalho desenvolvido relativamente às alterações efetuadas nas linhas de montagem da fábrica. As alterações sugeridas têm por base a otimização e simplificação ergonómica, com a finalidade de aumentar a flexibilidade das linhas, permitindo a montagem de vários tipos de torneiras na mesma linha.

Nesse sentido, foi proposto pela Grohe que fossem desenvolvidas novas soluções para as linhas das famílias BC, LB e CZ.

Para além do fator flexibilidade, nas várias alterações efetuadas foram considerados vários aspetos, entre os quais se destacam os seguintes: redução e simplificação de operações, fácil acesso aos diversos componentes de montagem por parte dos operadores, aumento da autonomia da linha, e substituição de equipamentos/ferramentas.

Inicialmente são apresentadas as metodologias adotadas, seguindo-se o desenvolvimento dos novos projetos e respetivas implementações.

Ainda neste capítulo são abordadas as melhorias efetuadas às linhas dos cartuchos termostáticos, mais precisamente às linhas CTH3 e CTH4.

6.1 Projeto Banheiras e Chuveiros

Como já referido, a família de linhas de montagem de Banheiras e Chuveiros é constituída por quatro linhas, designadas BC01, BC02, BC03 e BC04. No entanto, foi apenas sugerido que fossem desenvolvidas novas soluções para as linhas BC01 e BC02 (mais precisamente para o seu primeiro posto de trabalho) sendo que para as restantes linhas bastaria proceder-se à aplicação das mesmas alterações.

6.1.1 Metodologia Adotada - 1.º Posto de Trabalho

Numa primeira fase, previamente às alterações a serem efetuadas nas linhas de montagem, foi necessário proceder-se à observação do seu funcionamento, tendo em consideração os seguintes aspetos: sequência de montagem dos produtos, acondicionamento e disposição dos componentes na bancada, tipo de ferramentas utilizadas, forma como os componentes são abastecidos nas linhas pelos abastecedores e adequação da bancada aos operadores.

Após a fase de análise, e por forma a aumentar o leque de melhorias a serem implementadas, bem como o conhecimento sobre melhoria contínua de linhas de montagem, foi agendada uma visita à fábrica BOSH Portugal-Termotecnologia.

Numa segunda fase do projeto, e atendendo aos resultados da pesquisa bibliográfica sobre ergonomia e antropometria apresentados no Capítulo 4, iniciaram-se os projetos para as bancadas do posto de trabalho mencionado, recorrendo para isso ao *software* Sketchup. Esta ferramenta permitiu modelar as bancadas em 3D, considerando todas as alterações a serem efetuadas, sendo possível visualizar o aspeto final da bancada.

Posto isto, apresentam-se a seguir todas as considerações e ações realizadas,

sendo inicialmente apresentado o problema encontrado e seguidamente a respetiva resolução.

6.1.1.1 Ação 1 - Dimensionamento Padrão das Bancadas Atendendo à Ergonomia

A realização desta ação surgiu da necessidade de aplicar as medidas normalizadas estabelecidas pelo Departamento de forma a padronizar todas as bancadas a serem desenvolvidas com as mesmas dimensões. Com esta normalização pretendeu-se, para além de preparar a linha para produzir qualquer produto da família onde a linha se insere, suavizar a perturbação provocada aos operadores fazendo com que estes não sintam grandes diferenças quando trocam de linha.

Dito isto, como as bancadas anteriores apresentavam uma altura para a iluminação de 2200 mm, a altura da bancada de 860 mm e uma largura de 750 mm, procedeu-se então à normalização ergonómica, estabelecida pelo Departamento, com as seguintes medidas: respetivamente, 2000 mm, 900 mm e 800 mm. Para uma melhor compreensão do que foi descrito, apresenta-se na Figura 6.1 a ilustração da situação inicial (à esquerda) e as respetivas alterações efetuadas (à direita).

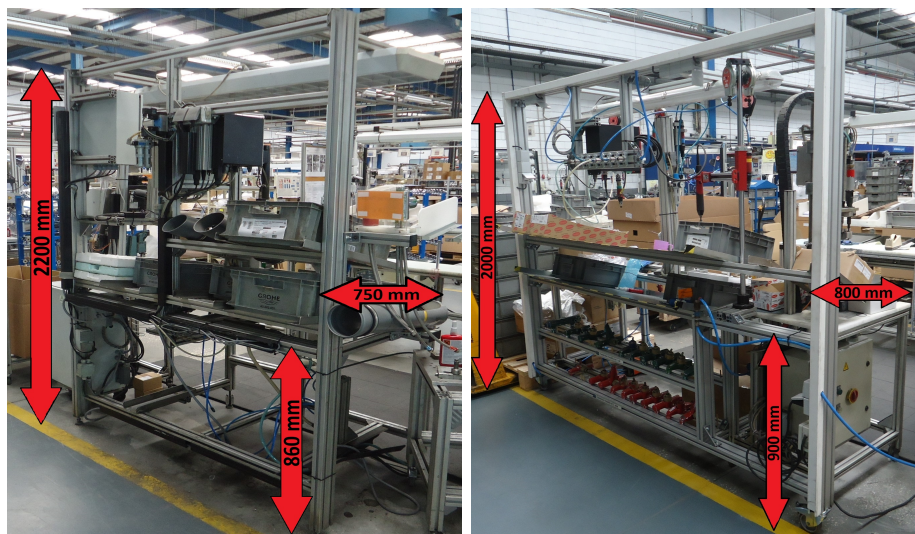











Figura 6.1: Fotografia da bancada com as dimensões correspondentes à situação inicial (à esquerda) e com melhoria (à direita).

6.1.1.2 Ação 2 - Dimensionamento de Rampas Atendendo ao Abastecimento

Uma das principais limitações das linhas de montagem, encontradas durante o processo de análise e observação do funcionamento da linha, prende-se com o abastecimento. Para que a linha tenha capacidade de responder às várias ordens de produção é necessário que esta seja abastecida por componentes. Como estes componentes são abastecidos em caixas com diferentes dimensões, ilustradas na Tabela 6.1, as linhas apresentavam um conjunto de rampas dimensionadas consoante as dimensões das respetivas caixas.

Tabela 6.1: Tipos de caixas acondicionadas na bancada.

<p>260 X 130 mm</p> 	<p>380 X 270 mm</p> 	<p>400 X 300 mm</p> 
<p>400 X 300 mm</p> 	<p>550 X 350 mm</p> 	<p>600 X 400 mm</p> 
<p>400 X 300 mm</p> 	<p>280 X 360 mm</p> 	<p>350 X 260 mm</p> 

Um problema deste tipo de organização da linha é a falta de flexibilidade. Quando ocorre uma mudança de ordem de montagem, em que é necessário proceder-se à montagem de outro tipo de produto que integra componentes diferentes, a linha torna-se desorganizada e “inapropriada”, devido a esta apresentar posições fixas para cada dimensão de caixa. Ao existir uma posição fixa, verifica-se, por vezes, o abastecedor ter de colocar uma caixa de grandes dimensões em rampas dimensionadas para caixas pequenas, ocorrendo durante a produção diversas quedas de caixas de componentes da linha. Para melhor compreensão do que foi descrito, apresenta-se na Figura 6.2 a disposição das rampas dimensionadas consoante o tamanho da caixa.

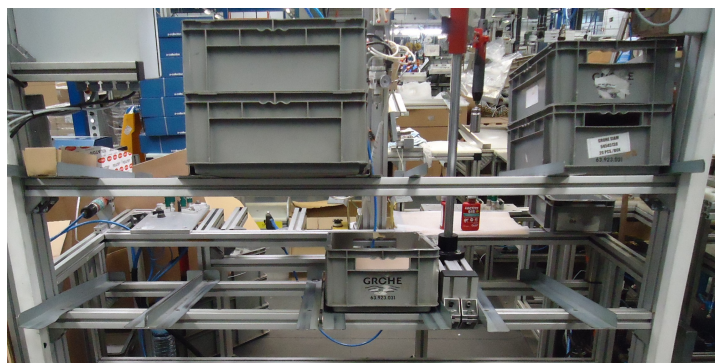


Figura 6.2: Fotografia da disposição das rampas dimensionadas consoante o tamanho da caixa.

Outra limitação encontrada foi o facto da linha apresentar tubos de acondicionamento de componentes, como apresentado na Figura 6.3. Esta forma de acondicionamento dos componentes contribuía para um elevado atraso no abastecimento por parte do abastecedor, dado que este teria de retirar os componentes das caixas em que vinham acondicionados do fornecedor e colocá-los nos respetivos tubos. Como o abastecedor demorava mais tempo a abastecer a linha devido a este problema, as restantes linhas eram várias vezes forçadas a interromper a produção por falta de abastecimento.



Figura 6.3: Fotografia dos tubos de acondicionamento de componentes.

Por forma a contornar os problemas descritos, foi necessário criar um sistema de acondicionamento de componentes na linha que fosse flexível às várias

dimensões das caixas e proporcionasse ao abastecedor uma maior facilidade de abastecimento. Na Figura 6.4 (em cima) apresenta-se um exemplo das rampas desenvolvidas e em baixo o novo acondicionamento de componentes na bancada.

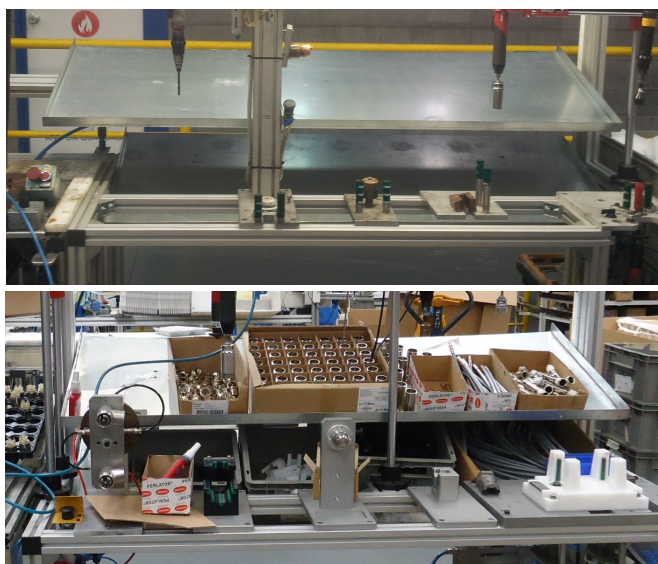


Figura 6.4: Fotografia das rampas desenvolvidas (em cima) e apresentação da nova forma de acondicionamento de componentes (em baixo).

Como se pode visualizar nesta figura, este tipo de acondicionamento permite uma maior flexibilidade no armazenamento de caixas e o abastecedor tem apenas de colocar a caixa na rampa e seguir o restante percurso, garantindo desta forma mais tempo disponível para abastecer as restantes linhas de montagem.

6.1.1.3 Ação 3 - Eliminação do Tampo da Bancada e Padronização das Ferramentas

As linhas de montagem da Grohe estão cada vez mais sujeitas à produção de novos produtos, exigindo às linhas uma flexibilidade tal que permita satisfazer essa mesma produção. Verificou-se que o facto das bancadas conterem

tampos (de alumínio e acrílico, como se ilustra na Figura 6.5) com furações que estipulavam uma posição fixa para cada ferramenta de trabalho, tornava a linha rígida aquando da produção de novos produtos, dado que existem ferramentas que variam consoante o produto a ser montado.



Figura 6.5: Fotografia da situação inicial da bancada com tampo.

Nesse sentido, apurou-se a hipótese de eliminar os tampos apresentados e criar uma estrutura em perfil de alumínio, com 300 mm de largura, como se ilustra na Figura 6.6. Esta alteração efetuada na bancada, conjugada com a padronização da base das ferramentas para a mesma largura, permitiu uma maior adaptabilidade da linha na montagem de novos produtos.

Com as ferramentas padronizadas, como as que se ilustram na 6.6, é possível posicioná-las e aparafusá-las diretamente no perfil consoante o fluxo da sequência de montagem do produto.

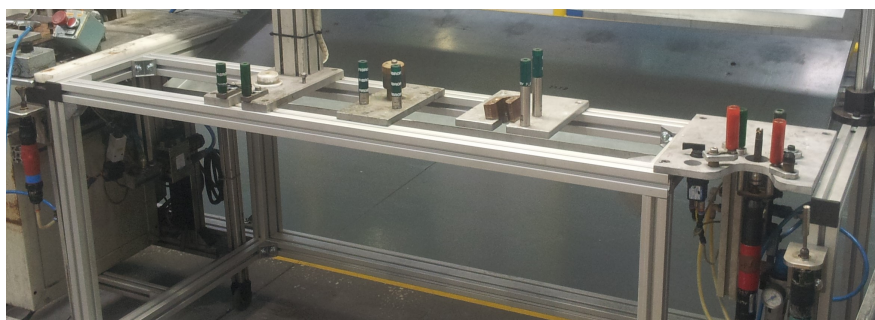


Figura 6.6: Fotografia da situação final com eliminação do tampo da bancada e padronização das ferramentas.

Para concluir, a eliminação do tampo da bancada e a colocação das ferramentas com base padronizada, apresentou várias vantagens, a saber:

- melhor aspeto - os tampos de acrílico têm tendência a degradar-se rapidamente, e a sua substituição por perfil de alumínio possibilitou melhorar o aspeto da bancada;
- flexibilidade - com a facilidade de posicionamento das ferramentas de trabalho, a linha adapta-se facilmente às várias ordens de produção.

6.1.1.4 Ação 4 - Armazenamento de Ferramentas Obsoletas e Torneiras Padrão na Bancada

Como já foi referido, é necessário que a linha seja abastecida com componentes para que seja possível dar resposta às ordens de produção.

Neste sentido, existia um local na linha de difícil acesso, como se mostra na Figura 6.7, que dificultava o trabalho do abastecedor. Esta limitação devia-se ao facto de existirem carros de ferramentas nesse mesmo local, o que obstruía a passagem do abastecedor.

Como tal, para contornar o problema o abastecedor via-se obrigado a “invadir” a linha para que desta forma fosse possível acessar o local pretendido, tendo várias vezes como consequência a paragem da produção.

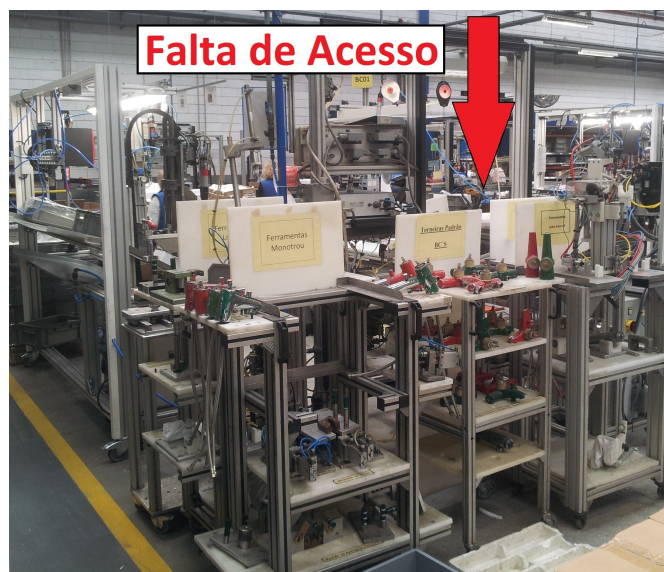


Figura 6.7: Fotografia que ilustra a falta de acesso ao local descrito.

Uma vez que o Departamento de Montagem da fábrica dispõe de pouco espaço, devido às várias linhas de montagem, dinâmicos e mini dinâmicos existentes, um dos objetivos propostos era precisamente otimizar a área existente de maneira a cooperar na organização do Departamento, e evitando este tipo de problemas que afetam a produção.

Nesta perspetiva, surgiu a ideia de acondicionar os carros de ferramentas obsoletas e das torneiras padrão, e desta forma obter-se mais espaço de manobra para que o abastecedor exerça o seu trabalho sem limitações. Para o efeito criou-se uma estrutura em perfil de alumínio por baixo da bancada, usufruindo do espaço disponível. Com esta solução foi possível eliminar quatro carros, dois de ferramentas obsoletas e dois de torneiras padrão.

Nas Figuras 6.8 e 6.9 encontram-se ilustradas as alterações descritas, para as ferramentas obsoletas e torneiras padrão, respetivamente. De referir que todo o material acondicionado por baixo da bancada encontra-se identificado para que, na eventualidade de ser necessário, seja facilmente reconhecido.

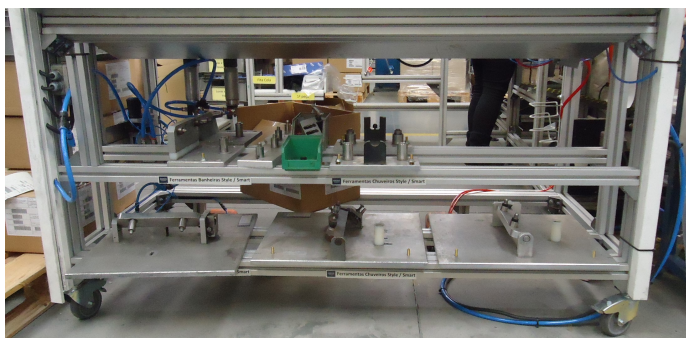


Figura 6.8: Novo local do armazenamento das ferramentas obsoletas.



Figura 6.9: Novo local de armazenamento das torneiras padrão.

6.1.1.5 Ação 5 - Substituição do Pano de Limpeza por Pano Super Micro-fibra

Durante a fase de balanceamento das linhas, constatou-se que a operação de limpeza da torneira era das operações mais demoradas. Para além de ser uma operação totalmente manual, o principal motivo para o longo tempo de execução da operação deve-se às características do pano de limpeza utilizado, apresentado na Figura 6.10 (à esquerda). As queixas dos operadores concentravam-se no facto de o pano libertar várias felpas durante a sua passagem, fazendo com que fosse necessário repassar o pano mais que uma vez no mesmo ponto da torneira.

Outro problema indicado pelos operadores foi relativamente à quantidade de panos utilizados. Devido ao material constituinte do pano, a frequência

de utilização deste era alta, fazendo com que num curto espaço de tempo o operador necessitasse de trocar de pano.

Após analisados os problemas indicados pelos operadores, procedeu-se à análise e pesquisa de panos existentes no mercado que solucionassem os problemas encontrados. A solução encontrada foi a utilização de panos designados super micro-fibra, apresentados na Figura 6.10 (à direita).



Figura 6.10: Fotografia do pano utilizado inicialmente (à esquerda) e novo pano super micro-fibra (à direita).

Após colocação do novo pano de limpeza na linha de montagem por forma a ser testado, foi recebido por parte dos operadores um *feedback* bastante positivo. O facto de o pano não deixar qualquer tipo de rasto durante a sua passagem possibilitou um encurtamento da duração da operação (informação baseada na opinião dos operadores).

Após análises efetuadas no final de três turnos de trabalho, verificou-se que a quantidade de panos utilizados por linha reduziu para cerca de metade. Outra vantagem é que os panos inicialmente utilizados tinham um custo de 2,39 € por unidade (informação consultada no centro contabilístico da fábrica) e os micro fibra têm um custo de 1,74 € por unidade.

6.1.1.6 Ação 6 - Instalação de Aparafusadora com Alimentação Automática

Uma das operações efetuadas nesta família de linhas de montagem é a inserção da alavanca. Durante a análise do balanceamento da linha, verificou-se que esta operação era das mais demoradas por ser necessário a inserção de vários componentes. Uma sub-operação efetuada nesta etapa era a inserção de um parafuso, em que o operador teria de o agarrar na caixa em que vêm acondicionados, apontar, alcançar a aparafusadora e aparafusar. Para além de serem bastantes movimentos, o facto dos operadores se encontrarem equipados com luvas de proteção, dificultava a recolha do parafuso na caixa por estes apresentarem reduzidas dimensões, ocorrendo muitas vezes a recolha de dois ou três parafusos em vez de um.

Posto isto, recorreu-se à implementação de uma aparafusadora com alimentação automática de parafusos, apresentada na Figura 6.11.



Figura 6.11: Fotografia do alimentador automático de parafusos.

O alimentador automático é constituído por duas partes, um recipiente designado por tambor, e uma base com um sistema vibratório. Os parafusos são primeiro depositados no tambor, que através de vibração se encarrega

de orientá-los até ao topo. Uma vez orientados, estes são enviados para o bico da aparafusadora através de um sopro de ar comprimido.

Com este equipamento o operador tem apenas de pegar na aparafusadora que se encontra pendurada (identificado na Figura 6.12 pelo número 1) e apontar, evitando a recolha do parafuso na caixa de embalagem e verificando-se desta forma uma redução do tempo de execução da operação. Anteriormente a operação demorava cerca de 8 s e com a melhoria o tempo médio é 2 s para alimentação de um parafuso e realizar o aperto.



Figura 6.12: Fotografia da instalação da alimentação automática de parafusos na linha de montagem.

6.1.1.7 Ação 7 - Instalação da Impressora Diretamente na Linha

Durante o processo de embalamento do produto final o operador tem de colocar uma etiqueta na embalagem com indicação do nome e número do produto, bem como o nome da fábrica em que foi produzida. Verificou-se,

durante a análise do funcionamento da linha de montagem, que ocorriam paragens na produção por falta de etiquetas, pois estas eram impressas no centro de informação (CI) e só depois disponibilizadas na linha, como se ilustra na Figura 6.13 (à esquerda).

Para contornar o problema apresentado, sempre com o objetivo de evitar paragens da produção, a solução encontrada foi a integração de mini impressoras de etiquetas diretamente na linha, como é apresentado na Figura 6.13 (à direita). Neste momento a impressora encontra-se conectada ao quadro elétrico da linha de montagem, com interligação à rede interna, recebendo diretamente a informação da ordem de produção do CI. Desta forma, estando definida a ordem de produção, o operador pode imprimir a quantidade de etiquetas necessárias sem que tenha de sair da linha.



Figura 6.13: Fotografia da situação inicial (à esquerda) e situação final (à direita).

6.1.1.8 Ação 8 - Desenvolvimento de Suporte para Cola com Alimentação Semi-Automática

Uma das operações efetuadas na linha de montagem é a inserção dos tubos de água quente e água fria no corpo da torneira. Para que não ocorra posteriormente qualquer tipo de fuga, os operadores passam primeiro o tubo numa

cola específica, disposta num tabuleiro de alumínio (Figura 6.14, identificado pelo número 1) e só depois procedem à montagem dos mesmos. Quando a cola que se encontra nos tabuleiros esgota, os operadores agarram o frasco de cola (Figura 6.14, identificado pelo número 2) e vertem novamente no tabuleiro. Na figura é ainda apresentado um recipiente de plástico com massa de polir, identificado pelo número 3, que serve para limpar melhor as impurezas dos corpos (quando necessário).



Figura 6.14: Fotografia da disposição do frasco de cola, tabuleiro de alumínio e recipiente de plástico antes da alteração.

Apesar de se entender ser um processo simples efetuado pelos operadores, pelo facto de o frasco com cola e os tabuleiros não apresentarem uma posição fixa na bancada, ocorriam várias vezes quedas de ambos tendo os operadores de se baixar para apanhar os objetos. Esta situação provocava um desgaste nos operadores, bem como atrasos na produção. De modo a solucionar este problema foi desenvolvido um suporte para a cola com uma posição definida para despejo da cola, identificado pelo número 1 na Figura 6.15.

Outra característica deste suporte é o facto do frasco com cola se encontrar numa posição de trabalho, tendo o operador apenas de puxar a tampa de se-

gurança do frasco e encher o tabuleiro. Como o veio que suporta o tubo com cola (identificado pelo número 2) é rotativo, após o enchimento do tabuleiro de alumínio é possível deslocar novamente o veio para a situação de repouso, evitando assim qualquer obstrução durante a realização da operação.

É ainda possível inserir um recipiente de plástico na parte traseira do suporte, identificado pelo número 3, para colocação da massa de polir. O desenho técnico do suporte encontra-se disponível no Anexo L.



Figura 6.15: Suporte para cola - projeto 3D (à esquerda) e respetiva implementação na linha (à direita).

6.1.1.9 Ação 9 - Desenvolvimento de um Suporte Flexível para Inserção do Inversor e Sede de O-rings

De entre as operações realizadas durante a montagem da torneira, destaca-se nesta subsecção a operação de inserção do inversor e a operação de aperto das sedes de o-rings.

Nesse contexto, as operações referidas eram realizadas separadamente, isto é, primeiro era efetuado o aperto das sedes de o-rings e só depois o aperto do inversor num posto seguinte. Para além disso, verificou-se que o suporte para o aperto das sedes (apresentado na Figura 6.16, em cima) não era o mais apropriado porque durante o aperto ocorria um impacto entre o corpo da torneira e o suporte. Este impacto danificava a torneira e ocorria devido ao facto de existir uma folga entre o suporte e a torneira. Após o registo desta limitação, percebeu-se que o suporte que estava a ser utilizado apresentava a folga referida para que este fosse utilizado para os vários produtos montados na linha.

Assim, atendendo a que o suporte atual era flexível mas que, ao mesmo tempo, danificava a torneira, o objetivo seria precisamente desenvolver um suporte que satisfizesse ambos os requisitos. Nesse sentido foi desenvolvido o suporte apresentado na Figura 6.16 (em baixo). Este dispositivo apresenta uma grande flexibilidade pois permite o ajuste dos batentes, tanto no eixo das abcissas como no eixo das ordenadas, sendo possível um ajuste fino para cada tipo de produto. Para além disso, com o novo suporte os operadores podem realizar as duas operações mencionadas no mesmo posto, dado que se criou um novo orifício (assinalado com o número 1 na Figura 6.16, em baixo) que permite o aperto do inversor.

De referir que os desenhos técnicos relativos a este suporte se encontram no Anexo M.

Devido à falta de tempo por parte da ferramentaria, não foi possível construir o dispositivo antes de terminar o estágio.

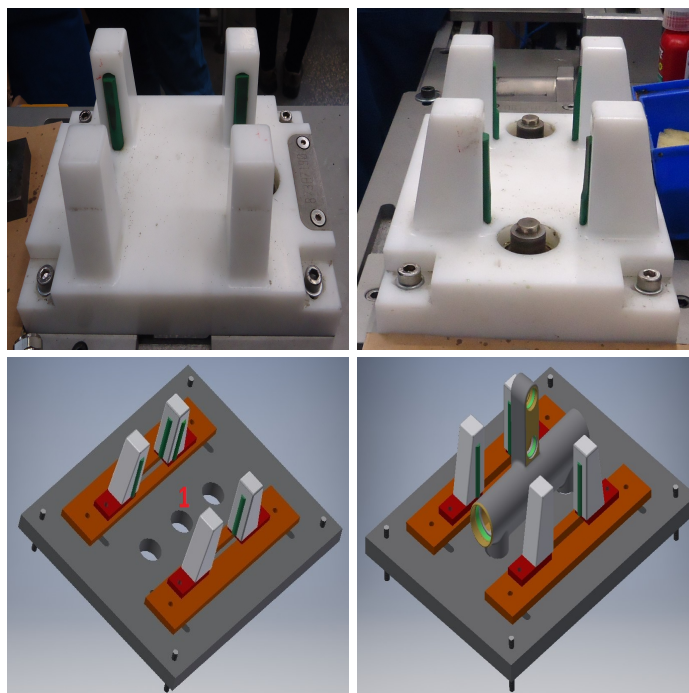


Figura 6.16: Situação inicial (em cima) e projeto 3D para o novo suporte (em baixo).

6.1.2 Apresentação dos Projetos e Implementações Finais

Após considerados todos os pressupostos, e antes de construir as bancadas do primeiro posto de trabalho, efetuou-se uma modelação 3D no *software* Sketchup. Com a respetiva modelação foi possível, para além de evitar erros no momento da implementação, saber a quantidade de material necessário (perfil, esquadros, rampas, parafusos e rodas). Além disso, o projeto da bancada permitiu estabelecer todas as medidas de perfil necessário, o que facilitou o trabalho dos afinadores no corte do material.

De forma a possibilitar uma ilustração das ações realizadas, diretamente relacionadas com a construção da bancada, apresenta-se a seguir o projeto da bancada, as respetivas implementações, bem como a situação da bancada antes das alterações.

6.1.2.1 Bancada BC01

No primeiro posto de trabalho da linha de montagem BC01 foi então necessário regularizar as medidas, considerando os aspectos ergonômicos estabelecidos pelo Departamento; substituir os tubos e as rampas fixas de acondicionamento de material por rampas únicas; substituir o tampo em acrílico da bancada por uma estrutura em perfil; criar uma estrutura em perfil por baixo da bancada de modo a possibilitar o acondicionamento de torneiras padrão. Nesse sentido, apresenta-se na Figura 6.17 o projeto 3D da bancada BC01.

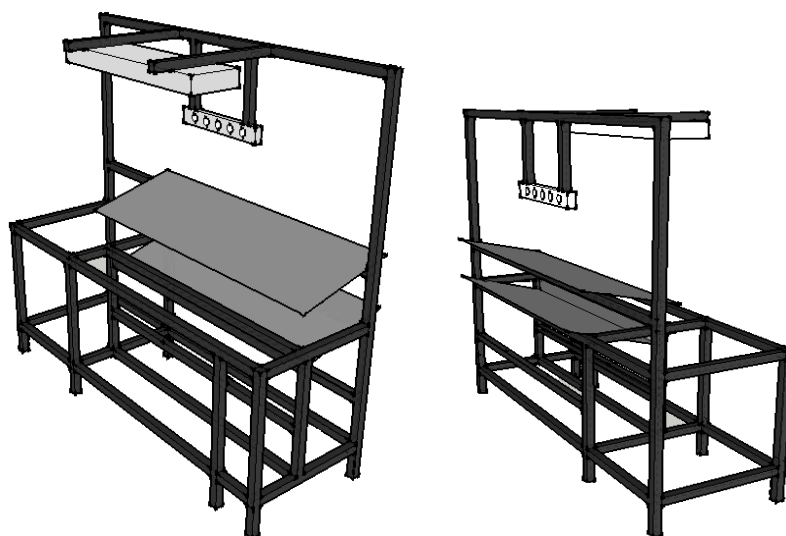


Figura 6.17: Projeto 3D da bancada do primeiro posto de trabalho da linha de montagem BC01 - elaborado no *software* Sketchup.

Após concluído o projeto construiu-se a bancada na ferramentaria do Departamento de Montagem. Na Figura 6.18 é possível visualizar a situação antes das alterações e na Figura 6.19 a situação após as alterações implementadas.

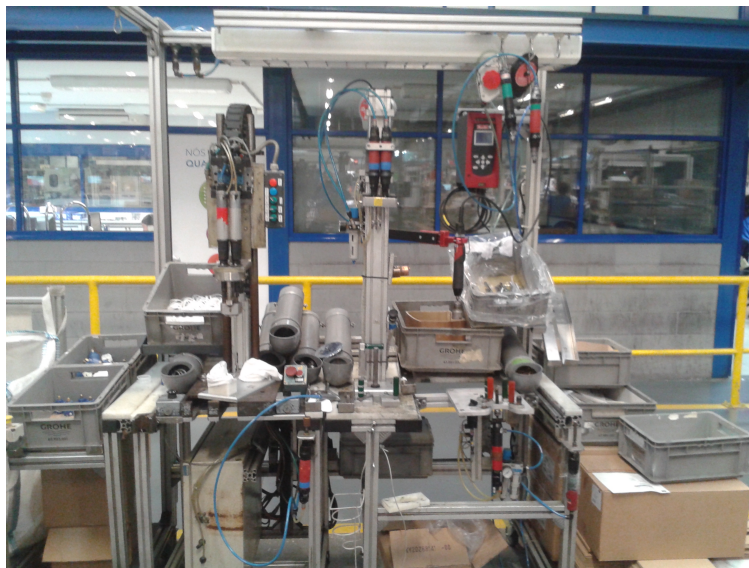


Figura 6.18: Fotografia da bancada do primeiro posto de trabalho da linha de montagem BC01, antes das alterações.

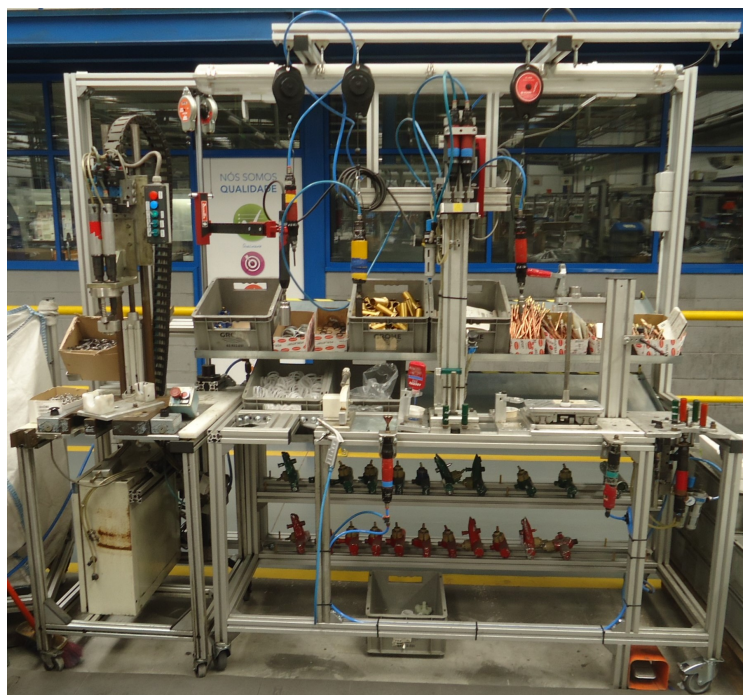


Figura 6.19: Fotografia da bancada do primeiro posto de trabalho da linha de montagem BC01, depois das alterações.

6.1.2.2 Bancada BC03

Relativamente à bancada do primeiro posto de trabalho da linha de montagem BC03 as alterações realizadas foram praticamente as mesmas implementadas na bancada BC01, com a diferença que nesta a estrutura em perfil criada na parte de baixo da bancada foi projetada de modo a acondicionar ferramentas obsoletas. Assim, encontra-se na Figura 6.20 o projeto 3D da bancada BC03.

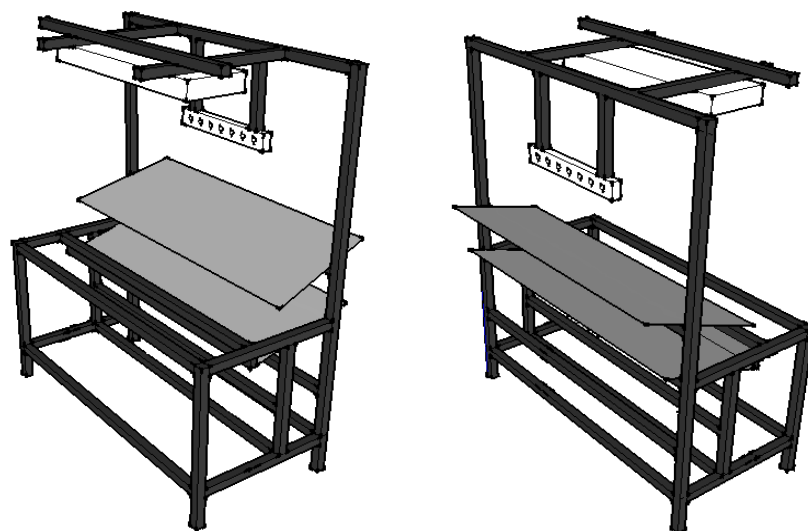


Figura 6.20: Projeto 3D da bancada do primeiro posto de trabalho da linha de montagem BC03 - elaborado no *software* Sketchup.

Após concluído o projeto construiu-se a bancada na ferramentaria do Departamento de Montagem. Na Figura 6.21 é possível visualizar a situação anterior e na Figura 6.22 a situação após as alterações implementadas.



Figura 6.21: Fotografia da bancada do primeiro posto de trabalho da linha de montagem BC03, antes das alterações.

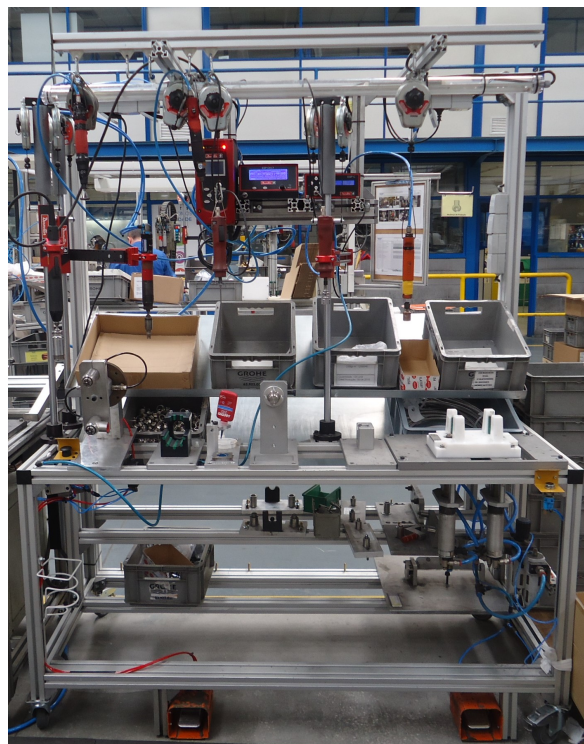


Figura 6.22: Fotografia da bancada do primeiro posto de trabalho da linha de montagem BC03, depois das alterações.

6.2 Projeto Lavatórios e Bidés

A família de linhas LB é constituída por cinco linhas de montagem. Para este projeto foi proposto alterar a bancada do primeiro posto de trabalho da linha LB03. Os principais motivos que levaram à proposta de alteração da bancada, foram: falta de capacidade de abarcar todos os componentes; dimensões não normalizadas; reduzida flexibilidade; falta de organização dos equipamentos face à sequência de montagem dos produtos.

No mesmo sentido dos projetos realizados para as bancadas anteriores, encontra-se representado na Figura 6.23 o projeto 3D da bancada descrita.

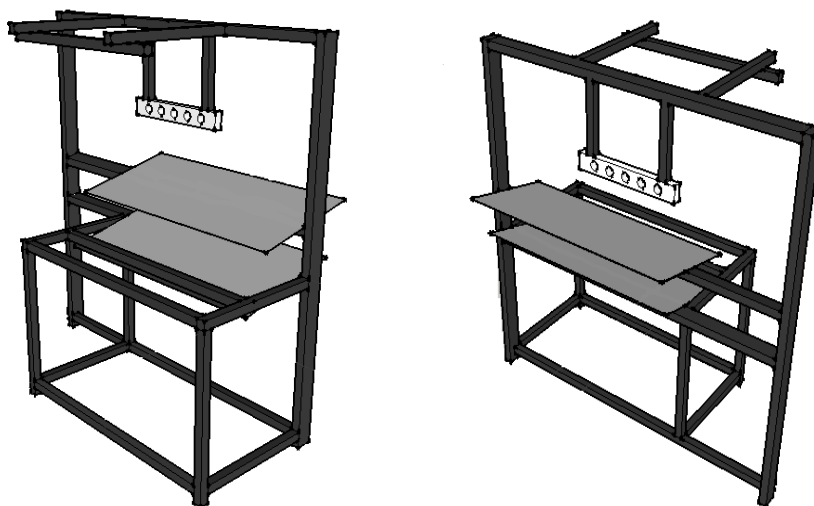


Figura 6.23: Projeto 3D da bancada do primeiro posto de trabalho da linha de montagem LB03 - elaborado no *software* Sketchup.

Para além das alterações realizadas serem semelhantes às efetuadas nas bancadas anteriores, nesta foi necessário “mover” a disposição do equipamento que permite o aperto do cartucho para a extremidade da bancada, de modo a ser possível colocar rampas únicas e assim obter flexibilidade. Para melhor visualização do que foi implementado, encontra-se representado na Figura 6.24 a situação inicial e na Figura 6.25 a situação final.

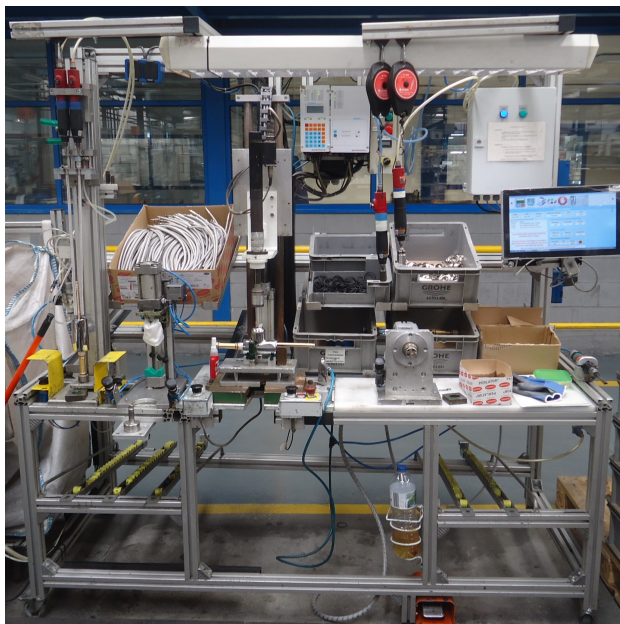


Figura 6.24: Fotografia da bancada do primeiro posto de trabalho da linha de montagem LB03, antes das alterações.

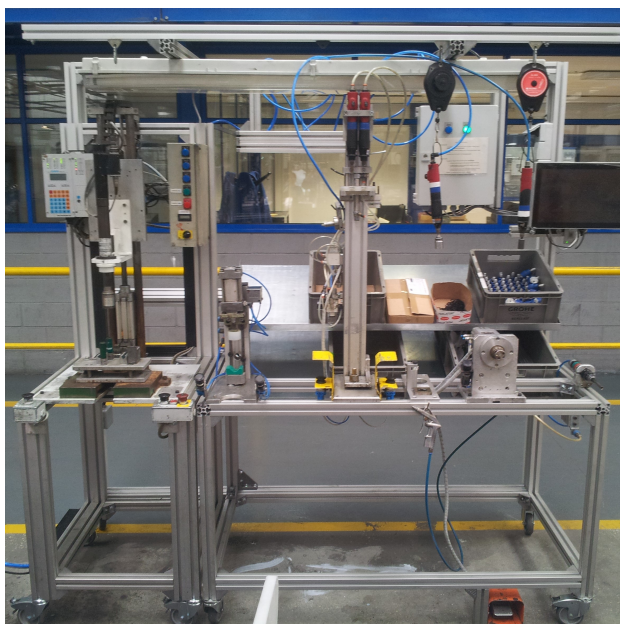


Figura 6.25: Fotografia da bancada do primeiro posto de trabalho da linha de montagem LB03, depois das alterações.

6.3 Projeto *Pick-on-Light* - Bancada CZ04

No âmbito da informação recolhida pela equipa *Firewall* quanto aos produtos rejeitados por defeito, relativo ao ano de 2015, apresentado na Figura 6.26, verificou-se que o maior motivo de rejeição é devido à falta de componentes no embalamento do produto, perfazendo uma percentagem de cerca de 36%.

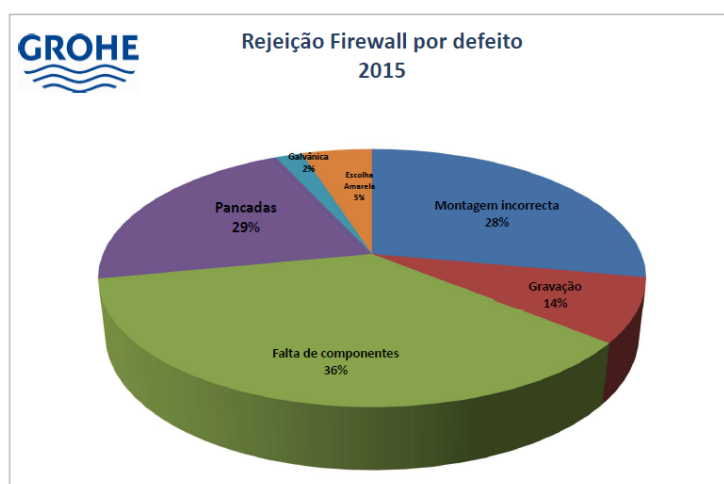


Figura 6.26: Gráfico da rejeição *Firewall* relativo ao ano de 2015.

No seguimento da análise efetuada, e identificado o problema que contribuiu para a maior percentagem de componentes rejeitados, foi proposto implementar um sistema denominado *pick-on-light* como solução.

O sistema *pick-on-light* terá como função indicar ao operador os componentes que serão introduzidos na embalagem, através de sensores com indicação luminosa da Banner, modelo PVL225P PNP, ilustrados na Figura 6.27 (à esquerda). De forma mais específica, haverá uma troca de informação (receção de ordens de produção) entre o CI e a linha de montagem. Depois de dada a entrada da ordem de produção, os sensores com indicação luminosa dispostos na bancada estarão sinalizados com a luz verde. À medida que o operador interrompe com o braço o feixe infra-vermelho projetado entre o

sensor emissor e recetor, a sinalização passará para vermelho, indicando ao operador que o respetivo componente já foi retirado e colocado na embalagem, como se ilustra na Figura 6.27 (direita).

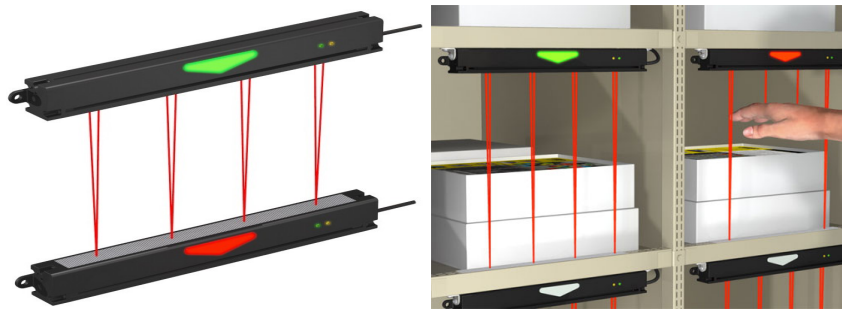


Figura 6.27: Sensores utilizados (à esquerda) e exemplo de aplicação (à direita).

Esta solução apresenta diversas vantagens, entre elas: o aumento de produtividade, o aumento na satisfação dos clientes e, principalmente, na diminuição da percentagem de rejeição dos produtos por falta de componentes.

Posto isto, a solução apresentada será para implementar primeiramente no posto de embalagem das cozinhas altas, mais precisamente na bancada de embalagem da linha de montagem CZ04.

Foi necessário avaliar as alterações a efetuar e elaborar o projeto 3D da bancada de embalagem para que fosse possível adotar a melhor solução para a disposição tanto dos sensores como do acondicionamento do material na bancada. Para tal, um dos requisitos principais seria desenvolver uma solução que não condicionasse a flexibilidade da bancada.

Após estipulados os componentes que seriam introduzidos na embalagem, e selecionados os que justificavam integrar o sistema, avançou-se para o dimensionamento da bancada. Deste modo, apresenta-se na Figura 6.28 a sugestão de implementação para o sistema *pick-on-light*.

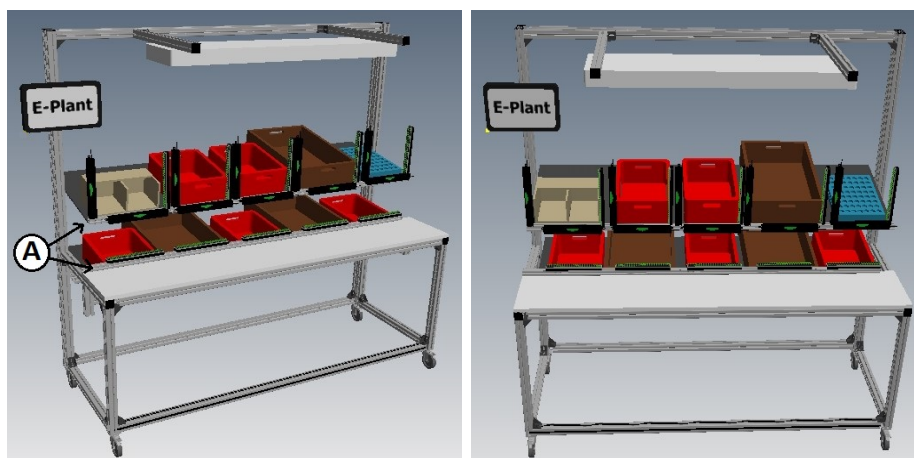


Figura 6.28: Projeto da bancada CZ04 - elaborado em Autodesk Inventor.

Na sugestão apresentada seguiu-se o mesmo conceito quanto à substituição de barras de perfil para colocação de caixas de componentes por rampas na zona de acondicionamento do material.

Estabeleceu-se que os sensores que limitavam as caixas da rampa inferior ficariam distribuídos na vertical. Para o efeito, colocaram-se duas barras de perfil de 30 x 30 mm (assinalado na Figura 6.28 pela letra A). Por outro lado, relativamente à rampa superior, sugeriu-se distribuir os sensores na horizontal para que desta forma não fosse necessário colocar uma nova barra de perfil bem como para facilitar o movimento de recolha dos componentes por parte do operador. No Anexo N encontra-se apresentado o desenho técnico da bancada com as respetivas dimensões.

6.4 Projeto Cartuchos Termostáticos

Esta secção descreve os principais problemas detetados no funcionamento da linha dos cartuchos termostáticos e respetivas soluções de forma a garantir a estabilidade e viabilidade desta linha de montagem.

6.4.1 Análise do Funcionamento da Linha dos Cartuchos

Na Grohe são produzidos cartuchos termostáticos com características específicas e de alta qualidade. Este produto é um dos principais componentes que constituem a torneira, influenciando diretamente o seu funcionamento, pois apresentam a funcionalidade de regular e ajustar a temperatura da água.

A família CTHx é composta por quatro linhas de montagem, a saber: CTH1, CTH2, CTH3 e CTH4, sendo que as duas últimas são o alvo de estudo desta secção. Das linhas referidas, a CTH3 e CTH4 são auxiliadas por um robô que tem como função abastecer a máquina do teste de água com cartuchos termostáticos.

Para uma melhor compreensão do funcionamento destas duas linhas, encontra-se representado na Figura 6.29 o respetivo *layout*.



Figura 6.29: *Layout* das linhas de montagem CTH3 e CTH4

Como o objetivo proposto pelo departamento se restringia exclusivamente à operação efetuada pelo robô, a descrição do funcionamento da linha encontra-se abreviada.

Os cartuchos termostáticos, após entrarem na linha, passam pelo primeiro posto de trabalho de cada linha, onde se efetua a montagem dos mesmos, incluindo processos de soldadura. Concluída a montagem do cartucho, o operador coloca-o nas respectivas paletes de entrada do robô.

Colocados os cartuchos nas respectivas paletes de entrada, resta efetuar os testes de água de forma a verificar eventuais fugas. Essa operação é realizada pelo robô que se encarrega de abastecer a máquina do teste de água da seguinte forma: o robô desloca-se até uma das paletes de entrada; pega num cartucho de uma das paletes de entrada com a garra esquerda; o robô desloca-se para a máquina do teste de água; coloca o cartucho na máquina de teste; o robô volta à paleta de entrada e novamente com a garra esquerda pega noutro cartucho; o robô desloca-se para a máquina do teste de água; o robô retira o cartucho testado que está na máquina com a garra direita; o robô afasta-se da máquina e roda a garra dupla; o robô coloca na máquina o cartucho que tem disponível na garra esquerda; o robô desloca-se para a respetiva paleta de saída e coloca lá o cartucho testado. Na Figura 6.30 é possível visualizar o *layout* relativo à operação realizada pelo robô.



Figura 6.30: Fotografia do *layout* da operação realizada pelo robô.

De forma mais específica, cada palete (de entrada e saída) tem capacidade para armazenar 42 cartuchos. Dado que se pretende perceber detalhadamente a operação efetuada pelo robô, apresenta-se na Figura 6.31 a sequência de pontos para pegar nos cartuchos da paleta de entrada (Figura 6.31, em baixo) e largar os cartuchos testados na paleta de saída (Figura 6.31, em cima). De referir que esta sequência de carga e descarga foi definida desta forma devido à garra do robô ser dupla, tendo-se o cuidado de a carga e descarga de cada cartucho se iniciar num dos cantos das paletes.

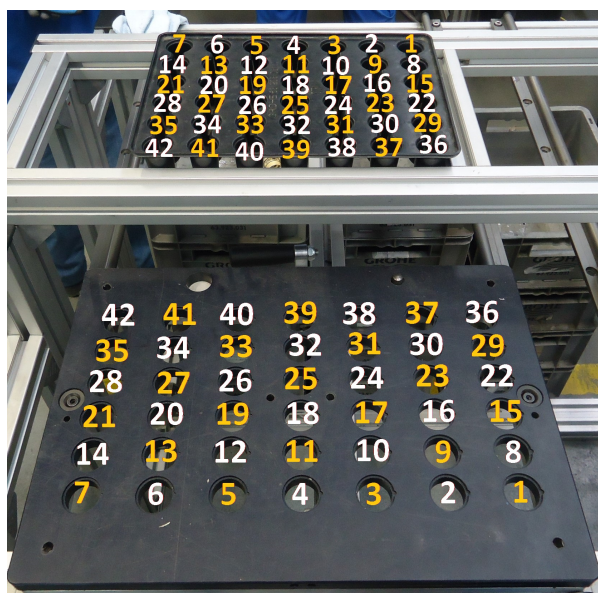


Figura 6.31: Sequência de cargas e descargas entre a paleta de entrada (em baixo) e a respetiva paleta de saída (em cima).

6.4.2 Ações Realizadas

Apesar da linha dos cartuchos termostáticos se apresentar funcional, foram detetados alguns problemas que afetavam tanto a qualidade do produto final como a produtividade dos mesmos.

Nesse sentido, após uma breve análise do funcionamento da presente linha

de montagem, e tendo em conta que a proposta de melhoria se restringia à tarefa que estava a ser executada pelo robô, foram detetadas algumas limitações.

Posto isto, apresentam-se a seguir todas as considerações e ações realizadas, sendo inicialmente apresentado o problema encontrado e seguidamente a respetiva resolução.

6.4.2.1 Ação 1 - Definição e Calibração de Pontos

Uma das limitações encontradas durante a análise do funcionamento da operação realizada pelo robô foi a ausência de alguns pontos de trajetória que auxiliassem o movimento do robô. Outra limitação prende-se com a incorreta definição de alguns pontos já programados.

Quanto à primeira limitação, foi necessário definir um ponto intermédio entre as paletes de entrada/saída e a máquina de teste, para que em cada trajetória efetuada o robô passasse nesse ponto. Com a definição deste ponto intermédio foi possível um movimento mais curto por parte do robô.

Além disso, foi necessário definir outros pontos e velocidades. Por exemplo, quando o robô pega no cartucho, sobe cerca de 150 mm da paleta, com uma velocidade 300 mm/s e aceleração de 2500 mm/s² (o mesmo acontece quando larga o cartucho na paleta de saída). De seguida desloca-se até ao ponto intermédio, com uma velocidade de 3000 mm/s e aceleração 1500 mm/s². Do ponto intermédio até ao teste de água desloca-se com a mesma velocidade e aceleração, diminuindo para os 300 mm/s e 2500 mm/s² aquando da colocação do cartucho no teste. O percurso inverso apresenta exatamente os mesmos pontos de passagem (exceto os pontos específicos de pegar/largar cartucho nas respetivas paletes) e os mesmos valores de velocidades e acelerações.

Redefinidos os pontos de trajetórias e respectivas velocidades e acelerações, foi também necessário redefinir os pontos de pegar e largar cartucho na paleta, pois estes encontravam-se com falta precisão, o que provocava um impacto aquando da colocação ou remoção dos cartuchos nas respectivas paletes, danificando os cartuchos. Na Figura 6.32 (à esquerda) é possível visualizar a falta de precisão na orientação entre a garra e o cartucho e a respetiva correção (Figura 6.32, à direita).

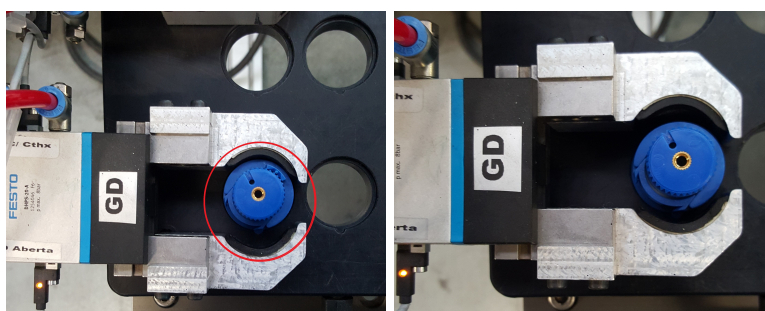


Figura 6.32: Fotografia da garra do robô a pegar num cartucho da paleta de entrada. Situação inicial (à esquerda) e situação final (à direita).

De referir ainda que também foi necessário redefinir o ponto de pegar e largar o cartucho na máquina de teste de água. Na Figura 6.33 encontra-se a situação inicial (à esquerda) e a situação final (à direita).

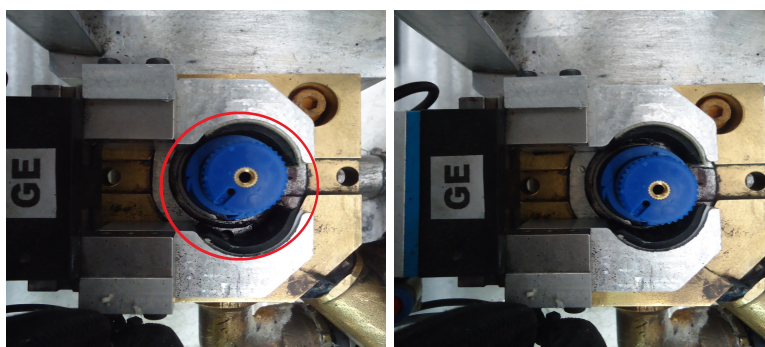


Figura 6.33: Fotografia da garra do robô a colocar/retirar cartucho da máquina do teste de água. Situação inicial (à esquerda) e situação final (à direita).

6.4.2.2 Ação 2 - Mensagem Para o Operador

Como foi apresentado no *layout* da linha de montagem (Figura 6.29), quando o robô termina de testar uma das paletes de entrada (ex: palete de entrada 2) o robô passa automaticamente para outra paleta de entrada (paleta de entrada 1) sem qualquer tipo de restrição. O facto do robô transitar para a segunda paleta, logo após terminar de testar a primeira, provocava muitas vezes a paragem do robô pois quando, por algum motivo, o operador não tinha tempo de resposta para preencher a paleta a seguir (ex: paleta de entrada 1), o robô deslocava-se até lá para pegar num cartucho e não se encontrava lá nada, provocando a paragem da execução do programa (através do sinal enviado pelo sensor que deteta a presença de cartucho na garra). Para uma melhor compreensão do que foi descrito, apresenta-se na Figura 6.34 a fotografia que ilustra a limitação encontrada.

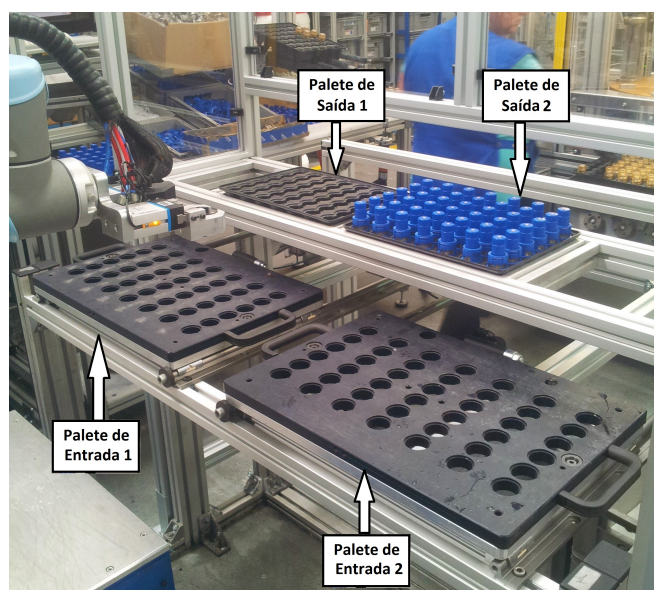


Figura 6.34: Fotografia de duas paletes de entrada.

Para ser possível contornar este problema surgiu a ideia de criar uma mensagem que questionasse o operador que abastecia as paletes de entrada se, de

facto, existiam cartuchos na paleta de entrada seguinte para serem testados, evitando desta forma o deslocamento do robô até à segunda paleta em vão e consequentemente a paragem deste.

Foi então utilizado o comando *popup* que permite gerar uma mensagem na tela (ver Figura 6.35) quando a execução do programa atinge esse comando. Uma vez apresentada a mensagem na tela, o robô espera até que o operador pressione o botão OK antes de avançar para a próxima paleta.

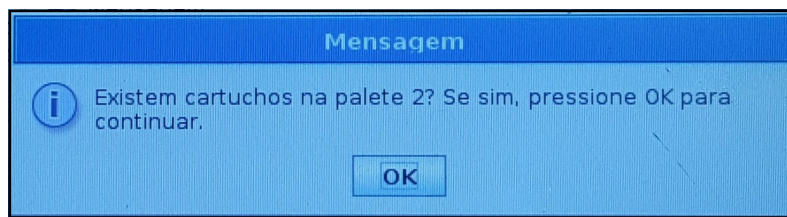


Figura 6.35: Mensagem apresentada ao operador.

De referir que a mensagem é apresentada tanto na passagem da paleta de saída 2 para a paleta de entrada 1, como da paleta de saída 3 para a paleta de entrada 4 (estas últimas são as restantes paletes que integram a linha).

6.4.2.3 Ação 3 - Definição dos Contadores

Como referido, o robô tem de transportar 42 cartuchos para a máquina do teste de água e colocá-los nas respetivas paletes de saída. No entanto, detetou-se que este apenas conseguia transportar 41 cartuchos por paleta, o que afetava a produtividade.

Em virtude desta situação, foi pedido pelo Departamento a correção urgente deste problema. Após análise do programa, verificou-se que na tela de variáveis existia uma discordância entre o incremento do contador e a respetiva abertura e fecho das garras. Como o contador incrementa consoante a abertura e fecho das garras, decidiu-se criar mais um contador, neste caso

para a garra da esquerda, já que o existente era relativo à garra da direita. Após criado o contador verificou-se o respetivo incremento através da tela de visualização de variáveis, como se mostra na Figura 6.36.

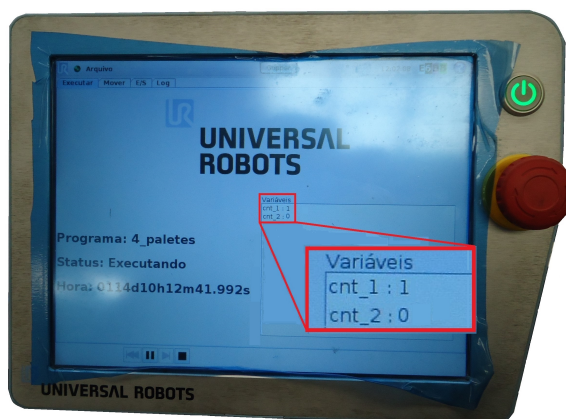


Figura 6.36: Fotografia que ilustra o início do ciclo de incremento dos contadores.

Como existia apenas um contador para as duas garras do robô, estando programado como apresentado na condição (6.1), verificava-se apenas o comportamento de uma das garras:

$$\textit{Se } cont_1 = 42 \tag{6.1}$$

Analisando a condição que se encontrava na programação, percebe-se que o suposto seria que quando a garra terminasse o transporte dos 42 cartuchos, o contador incrementaria até ao número 42 e transitava para a próxima paleta. Porém, verificou-se que o contador relativo à garra esquerda (cont_1) começava a incrementar em 1 e terminava o ciclo em 0, como se apresenta na Figura 6.37 (em cima). Outro aspeto a considerar era o comportamento do incremento relativo à garra da direita (ver Figura 6.37, em baixo) de modo a criar uma condição que restringisse as duas garras e permitisse a transição para a próxima paleta apenas no final de testar exatamente 42 cartuchos.

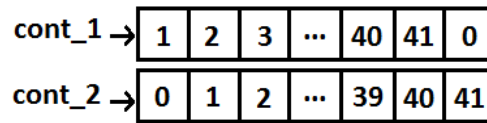


Figura 6.37: Sequência de incremento dos contadores.

Após analisado o comportamento dos dois contadores, e sabendo que um terminava o incremento em 0 (garra esquerda) e o outro em 41 (garra direita), foi então necessário criar a respectiva condição de restrição, como se apresenta em 6.2:

$$\text{Se } cont_1 = 0 \text{ e } cont_2 = 41 \quad (6.2)$$

Após aplicação da condição apresentada, foi então possível o transporte dos 42 cartuchos por palete, verificando-se um aumento de *output* de 4 cartuchos por ciclo de trabalho (correspondendo a cerca de 43 cartuchos por turno e 129 por dia de trabalho), resolvendo assim o problema que permanecia desde a aquisição do robô.

6.5 Conclusões do Capítulo

Neste capítulo foi apresentado o trabalho desenvolvido relativo às alterações efetuadas às linhas de montagem.

Após analisar todo o funcionamento das linhas de montagem, procedeu-se ao levantamento de limitações existentes, apresentando-se uma solução de melhoria. Implementadas as melhorias propostas, apresenta-se as diferenças entre a situação inicial e a situação final das bancadas.

Numa fase final do capítulo, existe uma secção que descreve as melhorias efe-

tuadas relativamente a duas linhas da família dos cartuchos termostáticos. Como estas linhas são auxiliadas por um robô, efetuaram-se algumas alterações que contribuíssem para o aumento do *output*, bem como da qualidade dos produtos produzidos.

No capítulo seguinte procede-se a uma descrição de todo o trabalho desenvolvido durante o projeto de uma bancada universal para testes de estanquidade.

Capítulo 7

Projeto Bancada Universal - Teste de Estanquidade

Este capítulo descreve o trabalho desenvolvido no projeto de uma bancada universal que permite realizar testes de estanquidade para todos os tipos de produtos do Departamento.

São aqui descritos os passos efetuados desde o dimensionamento da bancada, tendo em conta os aspetos ergonómicos estabelecidos pelo Departamento, até ao levantamento de todo o hardware necessário (elétrico e pneumático), bem como o material para construção da própria bancada, de modo a ser possível orçamentar todo o projeto e aguardar a aprovação de financiamento por parte da empresa mãe situada na Alemanha.

Deste modo, o presente capítulo inicia-se com o levantamento do problema e de seguida será apresentada uma explicação detalhada sobre o percurso efetuado na modelação do projeto.

7.1 Levantamento do Problema

Este projeto surge da necessidade de colmatar algumas limitações existentes nas bancadas atualmente implementadas. Estas estão limitadas a testar corpos de torneiras da família em que se encontram inseridas.

Os Departamentos de Montagem e de Manutenção já haviam idealizado o desenvolvimento deste projeto, porém nunca o chegaram a concretizar. Nessa perspectiva, e aproveitando o conceito idealizado, foi proposto que se avançasse com uma proposta de melhoria e desenvolvimento.

Como as linhas de montagem estão submetidas a constantes estudos de tempos e métodos, por vezes surge a necessidade de alterar os parâmetros ou configurações dos programas (ex: tempo de atuação dos cilindros...). Para que estas alterações sejam efetuadas o Departamento de Montagem tem que recorrer constantemente à Manutenção, o que por vezes obriga à paragem da linha por longos períodos de tempo. Outra limitação diz respeito à entrada de novas gamas de produtos, isto é, à necessidade de criar novos programas, o que implica novas configurações de parâmetros.

Após uma análise mais detalhada, percebeu-se também que as bancadas apresentavam outras limitações no que diz respeito a afinações e manutenções gerais, tais como a dificuldade na troca de gabaris por parte dos afinadores e o acesso restrito aos componentes elétricos e pneumáticos, sendo inevitável a paragem da linha, mesmo para manutenções simples.

O principal objetivo deste projeto é promover o aumento de flexibilidade do equipamento ao ser capaz de testar todo o tipo de corpos de torneiras, contornando as limitações apresentadas. Com este equipamento será possível criar/alterar programas de teste, e armazená-los numa base de dados, no próprio local, através do desenvolvimento de um *Human Machine Interface* (HMI) dedicado.

7.1.1 Circuito Pneumático Existente

Inicialmente foi necessário perceber o funcionamento de um teste de estanquidade para que posteriormente se entendesse melhor os vários testes intermédios e os diferentes períodos de ativação dos atuadores. Nesse sentido, após introdução da torneira na matriz de teste por parte do operador, o funcionamento dos testes de estanquidade presentes no departamento cumprem geralmente as seguintes etapas:

- é dado um sinal de início de ciclo através do comando bi-manual representado na Figura 7.1 pela letra A;
- após início de ciclo são tamponados os tubos de água quente e água fria com a ativação dos cilindros assinalados por B e C na Figura 7.1. No caso das torneiras de baixa pressão, como a representada na figura, é também tamponado um terceiro tubo com a ativação do cilindro representado por D;
- tamponados os tubos são efetuadas duas circulações de ar, uma pelo tubo de água quente e outra pelo tubo da água fria para se poder detectar eventuais obstruções (ex: macho partido, componentes estragados ...). O ar entra em cada tubo através de injetores (controlados por válvulas de teste) acoplados aos cilindros e circula até sair pela bica (identificado na figura pela letra E). De referir que estas circulações são realizados com o cartucho no estado aberto;
- concluídos os testes de circulação procede-se ao teste de estanquidade propriamente dito (mantendo-se o cartucho aberto), isto é, efetua-se a etapa que deteta eventuais fugas no cartucho, nos tubos e na bica (também no inversor e na sede de orings, no caso da torneira ser um chuveiro). Para tal, a bica é tamponada através da ativação do cilindro

identificado pela letra F. Após tamponada é novamente injetado ar que circula pelos tubos até chegar a uma câmara situada na bica. Estando a câmara com ar (a uma dada pressão) aguarda-se um período de tempo e, neste caso, se existir fuga a pressão a câmara baixa; caso contrário, se não existir fugas a pressão mantém-se;

- realizado o teste de fugas com o cartucho aberto é ativado o cilindro identificado pela letra G. Este, ao ser ativado, fecha o cartucho e é efetuado o mesmo teste que deteta eventuais fugas mas, neste caso, com o cartucho fechado;
- na última etapa é ativado o cilindro identificado pela letra H (situado atrás da bica) que é responsável por carimbar a torneira com o nome da fábrica e a data em que foi produzida. Carimbada a torneira dá-se por terminado o teste de estanquidade.

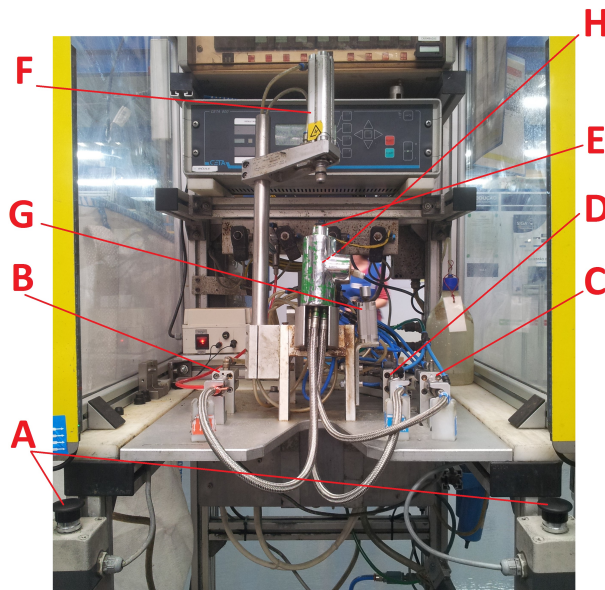


Figura 7.1: Fotografia do equipamento de um teste de estanquidade.

Analisado o funcionamento do teste de estanquidade, procedeu-se ao levantamento do circuito pneumático existente, tendo-se registado o circuito

ilustrado na Figura 7.2. Note-se que existem vários testes de estanquidade, sendo que foi registado o circuito das bancadas mais antigas pois nestas existia uma maior facilidade de acesso aos componentes.

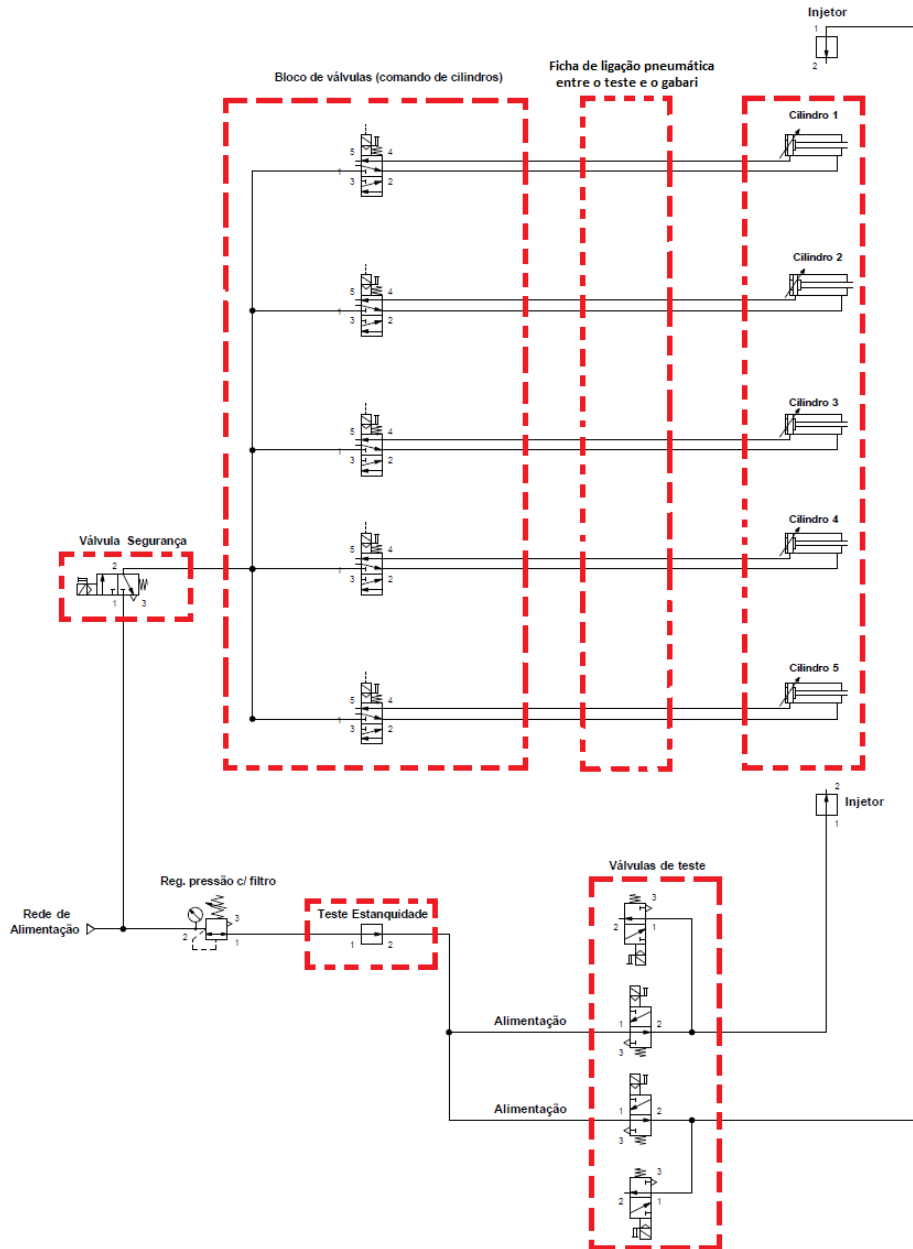


Figura 7.2: Circuito pneumático existente nas linhas.

7.2 Modelação do Projeto

Analisadas as limitações da bancada de teste de estanquidade implementada atualmente nas linhas de montagem, procedeu-se ao levantamento de algumas propostas de melhorias que solucionassem os problemas encontrados.

Recorreu-se à modelação 3D de todo o equipamento de modo a ser possível visualizar todas as alterações propostas, bem como o aspeto final da bancada. Assim pode-se comparar de forma explícita a situação atualmente implementada com a solução sugerida.

Registado o circuito pneumático existente, foram também efetuadas as devidas alterações que permitissem a flexibilidade prevista para a bancada.

7.2.1 Melhorias Propostas

A principal função da bancada universal de teste de estanquidade é realizar o teste de fugas nos corpos das torneiras. Deve, entre outros, preencher os seguintes requisitos: ser automática e programável de modo a ser possível testar diferentes corpos, permitir a troca rápida dos gabaris compatíveis com a nova bancada, deverá ser isolada na sua zona de funcionamento de forma a reduzir o ruído transmitido durante o teste e assegurar os requisitos mínimos de segurança para o operador.

Apesar da nova bancada seguir o mesmo princípio de funcionamento que a anterior, as novas alterações propostas possibilitam inserir parâmetros para configuração dos testes necessários, permitindo realizar testes de estanquidade a qualquer corpo de torneira.

7.2.1.1 Dados Técnicos

Apresenta-se a descrição das melhorias sugeridas para a bancada universal, ilustrando-se uma comparação entre a situação inicial e a respetiva proposta de alteração:

- redimensionamento da bancada consoante os aspetos ergonómicos estabelecidos pelo Departamento relativamente à altura da zona de inserção dos vários gabaris e comando bi-manual, Figura 7.3;

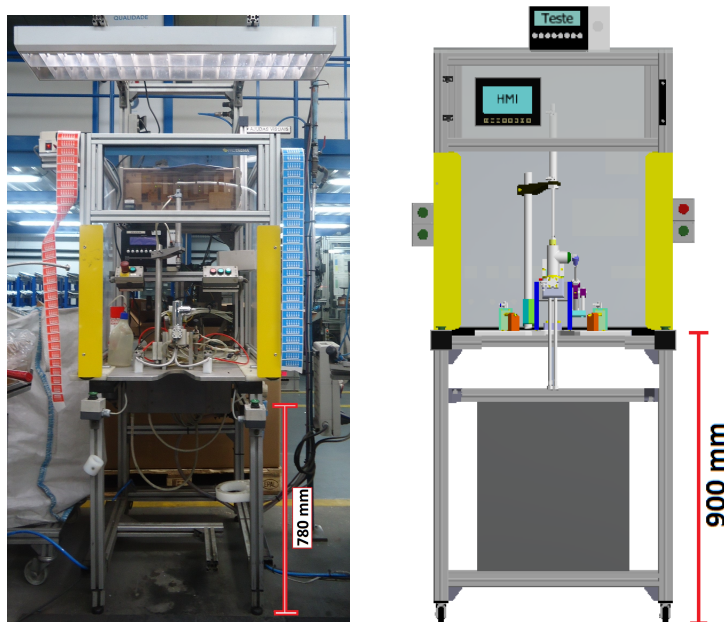


Figura 7.3: Alteração da altura da bancada, situação inicial (à esquerda) e proposta de melhoria (à direita).

- redução da profundidade da bancada, possibilitando um melhor acesso, por parte dos afinadores, às ligações pneumáticas dos gabaris (Figura 7.4);

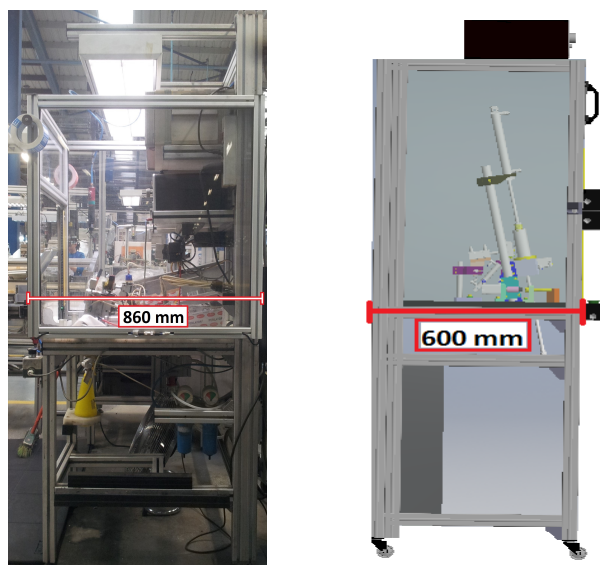


Figura 7.4: Alteração da profundidade da bancada, situação inicial (à esquerda) e proposta de melhoria (à direita).

- isolamento total da zona de trabalho do equipamento, com a colocação de acrílico na parte superior e traseira, complementando o existente nas laterais, como mostrado na Figura 7.5;

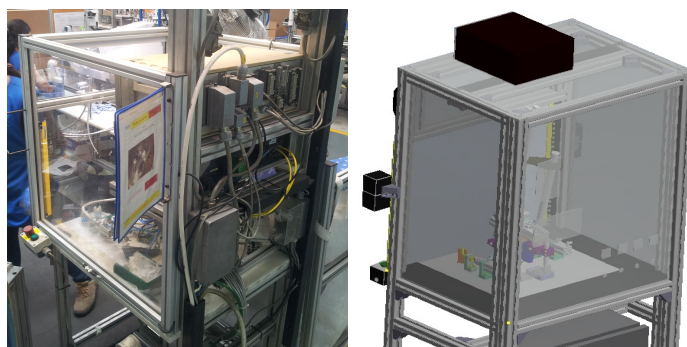


Figura 7.5: Isolamento da zona de trabalho com acrílico, situação inicial (à esquerda) e proposta de melhoria (à direita).

- colocação das foto-células até à extremidade superior, evitando qualquer possibilidade de intervenção por parte do operador, assegurando o isolamento do posto de trabalho, como mostrado na Figura 7.6;

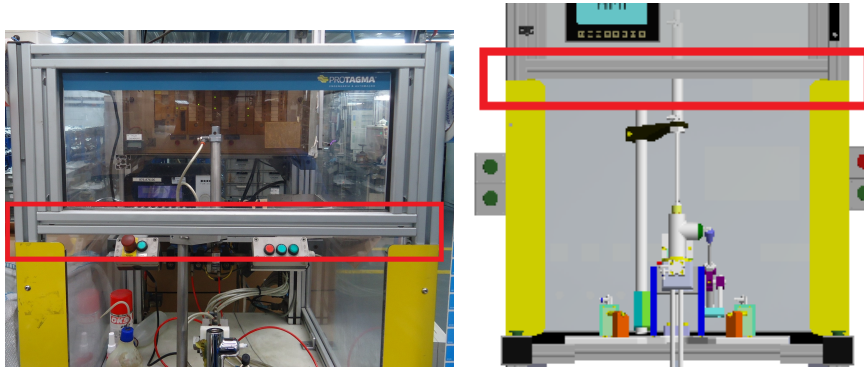


Figura 7.6: Foto-células até à extremidade superior, situação inicial (à esquerda) e proposta de melhoria (à direita).

- integração de um HMI na parte frontal da bancada para introdução de parâmetros e controlo de testes, como se pode ver na Figura 7.7;



Figura 7.7: Integração de um HMI, situação inicial (à esquerda) e proposta de melhoria (à direita).

- inserção de uma porta na parte superior da bancada, desobstruindo a passagem aos intervenientes aquando qualquer tipo de manutenção, como se pode ver na Figura 7.8;



Figura 7.8: Inserção de porta, situação inicial (à esquerda) e proposta de melhoria (à direita).

- retirar os botões de teste, rearme, *reset* e emergência da zona de trabalho, colocando-os na parte frontal (exterior), contribuindo para a segurança do sistema, como apresentado na Figura 7.9;



Figura 7.9: Colocação dos botões fora da zona de trabalho, situação inicial (à esquerda) e proposta de melhoria (à direita).

- colocação do *Programmable Logic Controller* (PLC) no interior do quadro eléctrico e deslocação do quadro para a parte inferior da bancada, eliminando o equipamento da zona de trabalho do sistema, como se pode ver na Figura 7.10;

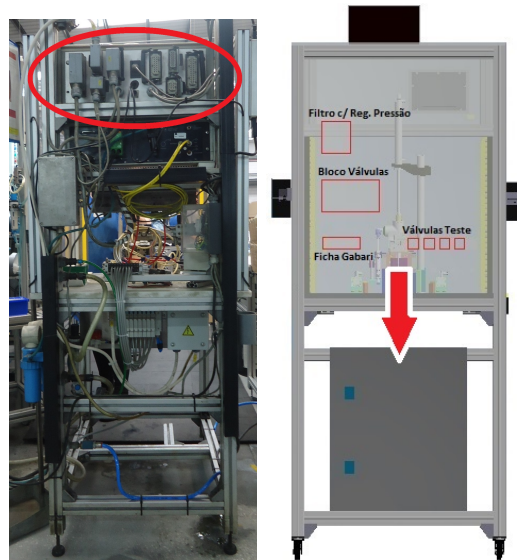


Figura 7.10: Colocação do PLC no interior do quadro elétrico, situação inicial (à esquerda) e proposta de melhoria (à direita).

- fixação das fichas de ligação de equipamentos (elétricos e pneumáticos) no acrílico traseiro, com as respetivas aberturas e identificação, como mostrado na Figura 7.11;

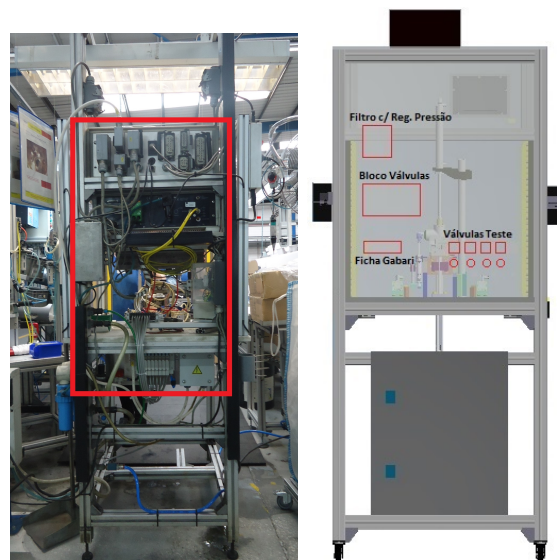


Figura 7.11: Integração das fichas de ligação no acrílico traseiro, situação inicial (à esquerda) e proposta de melhoria (à direita).

- fixação de rodas para que a bancada seja móvel, contribuindo para uma maior flexibilidade, na eventualidade de ser necessário desobstruir passagens ou mudanças de linhas de montagem, como se mostra na Figura 7.12;

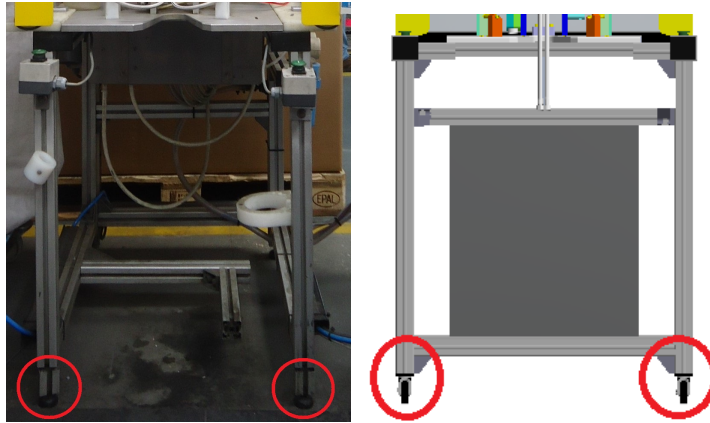


Figura 7.12: Fixação de rodas na bancada, situação inicial (à esquerda) e proposta de melhoria (à direita).

- incorporar iluminação LED no interior da bancada, como indicado na Figura 7.13;



Figura 7.13: Alteração da iluminação, situação inicial (à esquerda) e proposta de melhoria (à direita).

- e, por último, implementação de um sensor no batente da porta, garantindo o funcionamento do sistema apenas quando esta se encontra fechada, como se pode ver na Figura 7.14;



Figura 7.14: Implementação de um sensor mecânico no batente da porta, situação inicial (à esquerda) e proposta de melhoria (à direita).

7.2.1.2 Controlo Geral

Relativamente ao controlo geral, a programação do PLC deve contemplar os seguintes requisitos:

- a sinalização relativa a Teste OK e Teste NOK deverá ser bem visível no painel HMI;
- possibilidade de utilização de programas independentes para cada porta peças, que permita que a máquina possa ser carregada com produtos diferentes;
- ter a capacidade de orientar no diagnóstico de avarias, apresentando lista de defeitos;
- ser rigoroso no garantir todas as condições de segurança previstas no projeto da bancada;
- ter acesso a base de dados com especificações dos vários produtos;
- estabelecer *password* de acesso aos dados de programas dos produtos;
- acesso remoto a configuração e gestão da base de dados.

7.2.1.3 Novo Circuito Pneumático

Para facilitar a instalação do circuito pneumático na bancada universal de teste de estanquidade e conseqüentemente saber o material pneumático necessário, elaborou-se o circuito pneumático do presente projeto.

Após perceber o funcionamento de um teste de estanquidade, foi necessário analisar todos os testes de estanquidade presentes no Departamento de Montagem por forma a avaliar o pior caso, isto é, dado que a bancada a desenvolver tem por objetivo testar todo o tipo de produtos, foi necessário avaliar qual o produto que necessita de mais cilindros pneumáticos e válvulas de teste. Nesse sentido, estabeleceu-se que o número de cilindros e válvulas de teste a considerar seriam oito e quatro respetivamente.

Posto isto, procedeu-se à elaboração do circuito pneumático, representado na Figura 7.15. No circuito apresentado é possível dividi-lo em duas funções específicas, são elas: função de alimentação das válvulas de teste e função de atuação dos cilindros pneumáticos. No primeiro caso, o ar comprimido proveniente da rede é injetado passando por um regulador de pressão com filtro, que alimenta o aparelho de teste de estanquidade. De seguida, o aparelho de teste de estanquidade é responsável por alimentar as válvulas de teste (em que duas delas servem apenas de escape) que, por sua vez, fazem circular o ar até aos injetores. No segundo caso, o ar injetado pela rede alimenta diretamente um bloco de válvulas responsável pelo acionamento dos cilindros pneumáticos.

Como, acima de tudo, é necessário privilegiar a segurança dos colaboradores, outra alteração efetuada foi relativamente ao bloco de válvulas. Nos testes de estanquidades existentes, os blocos de válvulas utilizados não promovem a segurança dos operadores, pois quando é ativada cada válvula do bloco esta faz atuar o cilindro, e quando deixa de ser alimentada o cilindro

automaticamente despesuriza. Assim, no novo teste de estanquidade, será utilizado um bloco de válvulas de controlo direcional da SMC que permitirá controlar tanto o avanço da haste do cilindro como o recuo.

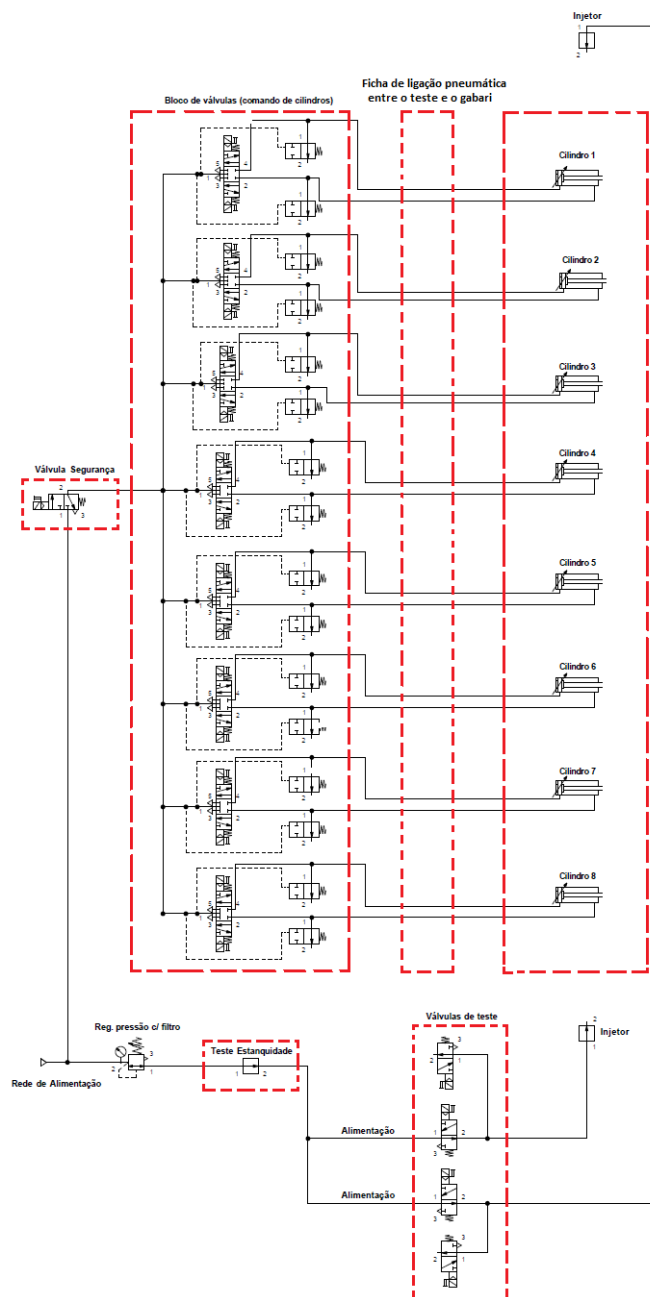


Figura 7.15: Circuito pneumático desenvolvido para a bancada de teste de estanquidade, elaborado no FluidSIM-P.

7.2.1.4 Apresentação do Projeto Final

Após finalizar a modelação 3D da bancada universal de teste de estanquidade com todas as melhorias propostas, apresenta-se na Figura 7.16 o projeto desenvolvido, onde consta um operador com uma altura de 1,65 m (altura média dum operador do Departamento de Montagem), para que seja possível uma melhor visualização da escala do projeto. De referir que, para o dimensionamento da bancada, teve-se em consideração todos os aspetos ergonómicos. No Anexo O encontra-se o desenho técnico da bancada, com as respetivas dimensões.

A modelação do projeto teve como finalidade reunir todas as melhorias propostas a serem aplicadas, de forma a obter uma visualização antecipada do resultado final e assim ser possível libertar um financiamento por parte da empresa mãe situada na Alemanha.

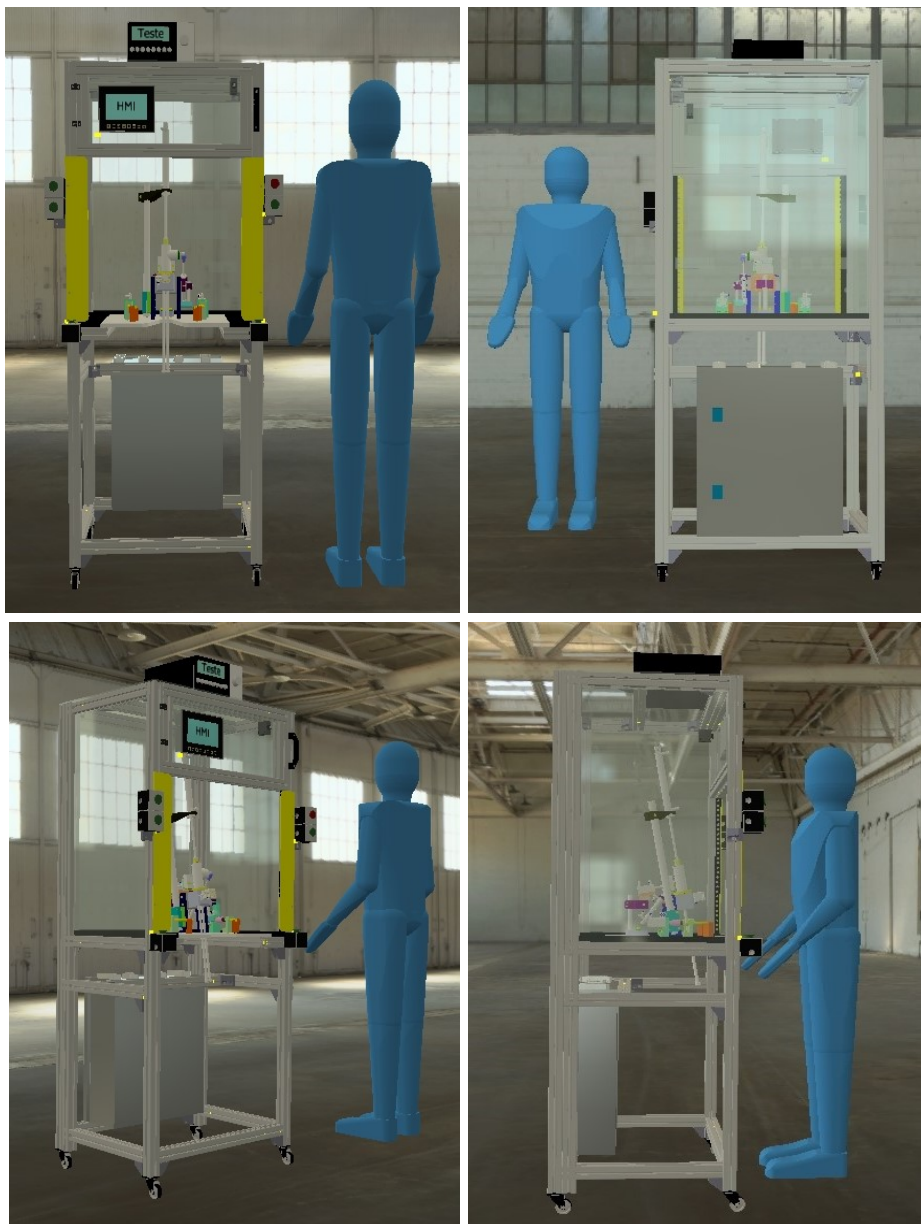


Figura 7.16: Projeto 3D da bancada de teste de estanquidade - desenvolvido em Autodesk Inventor.

7.3 Lista de Material e Orçamentos

Concluída a fase de projeto da bancada de teste de estanquidade, e consideradas todas as melhorias a implementar, passou-se para a fase seguinte em que se evidenciou ser necessário formalizar uma lista com o levantamento de todo o material que irá ser integrado na bancada, com as respetivas cotações, de modo a ser possível obter o valor global do projeto.

Para esse efeito, foi necessário contactar vários fornecedores de maneira a obter essas mesmas cotações e elaborar uma lista pormenorizada, estabelecendo assim o valor total do projeto, bem como o valor estimado, para que na fase de pedido de financiamento seja possível justificá-lo.

Para além de justificar o pedido de financiamento, a elaboração da lista de material e do respetivo orçamento tem por objetivo ficar como registo e facilitar o trabalho a desenvolver numa eventual replicação do projeto para outras linhas de montagem.

No Anexo P encontra-se apresentada a lista de material necessário, dividido por categorias, isto é, a lista encontra-se dividida em material elétrico, pneumático e material para construção da bancada.

7.4 Conclusões do Capítulo

O presente capítulo foi reservado para se abordar o projeto desenvolvido relativamente à bancada de teste de estanquidade. Apresentou-se a modelação 3D da bancada desenvolvida, que garante a flexibilidade do equipamento e promove a independência do Departamento de Montagem face ao Departamento de Manutenção, como era pretendido. Elaborou-se ainda o circuito pneumático para o sistema desenvolvido, assim como a lista com todo o material necessário para se desenvolver o projeto. Na lista consta a cotação

dos diferentes equipamentos de modo a ser possível justificar o pedido de financiamento à empresa mãe situada na Alemanha.

O capítulo seguinte destina-se à conclusão de todo o trabalho desenvolvido durante o estágio. Será apresentada uma análise e discussão dos resultados obtidos, bem como, as considerações finais do trabalho e propostas de melhorias futuras.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco.

Conclusões Finais e Perspetivas Futuras

A presente Tese teve como principal objetivo automatizar e melhorar as linhas de montagem da Grohe, bem como desenvolver equipamentos que auxiliassem os operadores nas tarefas executadas nas linhas, conduzindo assim à definição de três grandes projetos: desenvolvimento de um sistema de formar caixas, alteração de linhas de montagem e desenvolvimento de uma bancada universal para efetuar testes de estanquidade. A facilidade de integração no Departamento de Montagem possibilitou alcançar todos os objetivos calendarizados.

Assim, neste último capítulo será descrito o balanço entre os objetivos inicialmente traçados e os resultados obtidos com os projetos desenvolvidos, bem como os principais obstáculos encontrados durante o percurso. Ainda neste capítulo são mencionadas algumas sugestões de trabalhos futuros a serem realizadas pela Grohe. Entende-se que para uma análise mais detalhada do trabalho realizado durante o estágio curricular, serão a seguir descritas as conclusões por projeto desenvolvido.

8.1 Conclusões do Projeto do Sistema de Formar Caixas

No que concerne ao projeto do sistema de formar caixas, os resultados obtidos foram bastante satisfatórios, tendo sido concluído com êxito, encontrando-se atualmente em funcionamento nas linhas de montagem da fábrica.

A construção do equipamento, a menos dos componentes pneumáticos, foi inteiramente realizada apenas com recursos da fábrica. Nesse seguimento, dado que os custos incorridos na construção do equipamento foram mínimos, entendeu-se não ser necessário calcular o seu *payback*.

Com a implementação do equipamento obteve-se um ganho significativo, dado que o tempo de formação da caixa que, inicialmente, era cerca de 12 s foi reduzido para 5 s, superando-se assim os tempos estimados inicialmente, no momento dos cálculos do aumento de *output*, que se estimava ser um valor entre os 6 e 7 s.

Neste projeto, devido ao requisito de flexibilidade traçado inicialmente em que o sistema deveria possibilitar a formação de vários tipos de caixas, encontraram-se dificuldades relativamente à modelação do gabari, dada a variedade de peças constituintes, e ao sistema de ajuste.

8.1.1 Trabalho Futuro no Sistema de Formar Caixas

Finalizada a construção do equipamento, para além de terem sido realizados testes de forma a comprovar a viabilidade do mesmo, foi necessário avaliar o funcionamento do equipamento integrado na linha, de maneira a encontrar possíveis pontos a serem melhorados. Nessa perspetiva, mesmo estando o equipamento a preencher todos os requisitos inicialmente estabelecidos, entendeu-se que será necessário melhorar os seguintes aspetos: (*i*) diminuir a

largura do equipamento, pois verificou-se que tal seria possível, e desta forma ocupar menos espaço na linha, (ii) isolar todo o circuito pneumático com acrílico, de maneira a promover a segurança do equipamento, (iii) substituir a válvula com botão de acionamento por um pedal pneumático, de forma a que o operador tenha sempre as mãos desocupadas durante o processo de formação da caixa, (iv) desenvolver um gabari para caixas triangulares e, por último, (v) substituir as caixas automáticas, que têm um custo de 0,50 €, por caixas planas que custam 0,20 €, já que com o desenvolvimento do equipamento o tempo de execução de uma caixa automática e plana é o mesmo, obtendo-se um ganho de 0,30 € por caixa.

8.2 Conclusões da Alteração de Linhas de Montagem

No que diz respeito ao projeto de alteração de linhas de montagem, foi inicialmente proposto pela Grohe melhorar e automatizar algumas linhas de montagem da família das BC e CZ. Porém, como se trata de um ambiente industrial, durante o desenrolar do estágio foram estabelecidas outras prioridades sendo que o campo de atuação foi alterado de maneira a satisfazer as necessidades do momento. Nessa continuidade, o projeto de alteração de linhas de montagem acabou por incidir essencialmente sobre as linhas BC01 e BC03. No entanto, foram também efetuadas algumas melhorias nas linhas LB03, CZ04, CTH3 e CTH4.

Dentro das linhas da família BC, foram implementadas várias melhorias tendo sido atingido o objetivo de produtividade inicialmente proposto. Assim, o objetivo inicialmente traçado pelo Departamento rondava um aumento de produtividade do conjunto das 4 linhas da família BC de um valor de 74,66% para um valor de 82,13% (aumento de cerca de 10%), tendo-se

obtido um aumento médio de 6,40%, como se mostra no gráfico da Figura 8.1 (recolhido do ficheiro de planeamento do Departamento). Entende-se ter sido atingido o objetivo com sucesso, dado que foram efetuadas melhorias apenas em duas linhas de montagem desta família e, mesmo assim, ter-se atingido mais de metade (+1,40%) do valor de produtividade para duas linhas, que seria 5%.

As principais dificuldades encontradas durante a realização deste projeto concentraram-se no registo de tempos por cronometragem, dado que em algumas situações as operadoras partilhavam tarefas entre si, dificultando a cronometragem das mesmas.

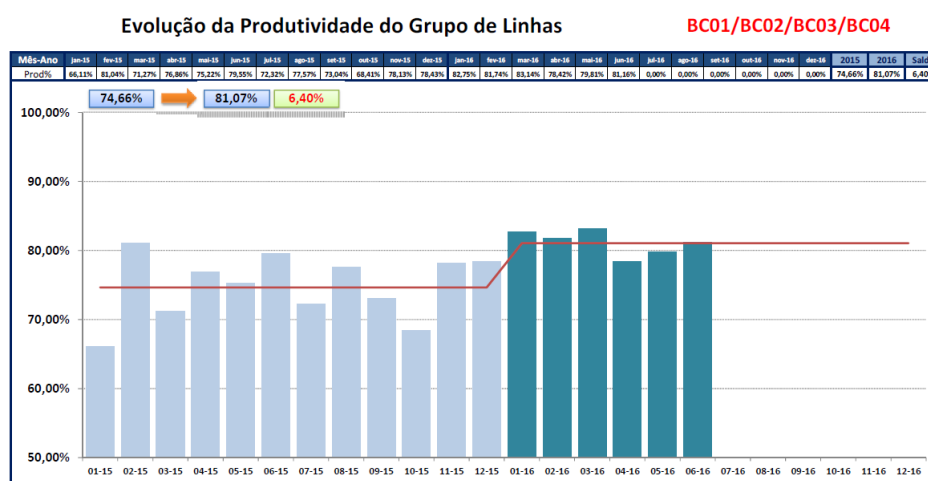


Figura 8.1: Evolução da produtividade das linhas BC.

Quanto à linha LB03 as alterações efetuadas seguiram a mesma metodologia adotada nas linhas BC.

Em relação à linha CZ04, foi desenvolvido um projeto denominado *pick-on-light* de forma a combater a taxa de produtos rejeitados por falta de componentes. Este projeto revelou-se bastante útil e após projeto do *layout* em 3D da bancada, com a disposição dos componentes integrantes, o projeto

foi aprovado seguindo-se para a etapa de implementação. Neste momento o projeto encontra-se em fase de execução, sendo que os sensores e as respetivas conexões já foram adquiridas e a bancada encontra-se em construção.

Relativamente às linhas CTH3 e CTH4, foi proposto pela Grohe que fossem realizadas algumas melhorias na programação do robô industrial que se encontrava a manipular cartuchos termostáticos. Estas melhorias propostas passavam por redefinir alguns pontos de trajetória, apresentar uma mensagem ao operador aquando da troca de palete por parte do robô e resolver um erro nos contadores que existia desde a aquisição do mesmo. Nesse sentido, todos os objetivos foram superados com êxito, verificando-se no final uma melhoria na qualidade dos produtos e um aumento de produtividade de 4 cartuchos por ciclo de trabalho do robô.

8.2.1 Trabalho Futuro do Projeto de Alteração das Linhas de Montagem

Dada a limitada duração do projeto, e atendendo que foram-se albergando os projetos prioritários, como trabalho futuro sugere-se que sejam estendidas as melhorias efetuadas às linhas de montagem às restantes linhas das respetivas famílias. Nessa perspetiva sugere-se o seguinte: *(i)* normalizar as restantes linhas aplicando as metodologias adotadas, nomeadamente na colocação de rampas de acondicionamento de material, *(ii)* replicar as ferramentas desenvolvidas para serem integradas nas restantes linhas de montagem, e *(iii)* replicar o conceito de armazenamento de material obsoleto por baixo da bancada, de maneira a promover a organização do Departamento.

8.3 Conclusões do Projeto Bancada Universal

Relativamente ao projeto da bancada universal para efetuar testes de estanquidade, encontra-se em execução.

Toda a modelação do projeto foi concluída com sucesso, nomeadamente, a modelação 3D e o circuito pneumático. Conseguiu-se obter o financiamento pretendido por parte da empresa mãe situada na Alemanha, de forma que neste momento a bancada já se encontra construída fisicamente, porém falta ainda a integração de material pneumático e elétrico, estando ainda em progresso.

No que diz respeito às dificuldades encontradas, o facto da bancada desenvolvida ter de “beneficiar todos os envolvidos” (libertar o Departamento de Manutenção de sucessivos pedidos de configurações, facilitar as manutenções por parte dos afinadores e preencher os requisitos ergonómicos estabelecidos pela fábrica), foi necessário recolher todas as limitações envolvidas de modo a ser possível avançar com as sugestões de melhorias.

8.3.1 Trabalho Futuro do Projeto Bancada Universal

Quanto a trabalho futuro nesta área, é necessário terminar a construção da bancada para que seja possível realizar os primeiros testes de estanquidade e assim testar o funcionamento da programação do autómato, desenvolvida pelo Departamento de Manutenção.

8.4 Conclusão

No meu ponto de vista, a oportunidade de estágio disponibilizada pela Grohe Portugal contribuiu, para além de um primeiro contacto com o ambiente

industrial, para a consolidação dos conhecimentos adquiridos durante o percurso académico.

Com a realização dos vários projetos propostos, e os frequentes contactos com fornecedores, bem como as trocas de ideias com os colaboradores da fábrica contribuiu significativamente para o meu crescimento profissional.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco.

Referências Bibliográficas

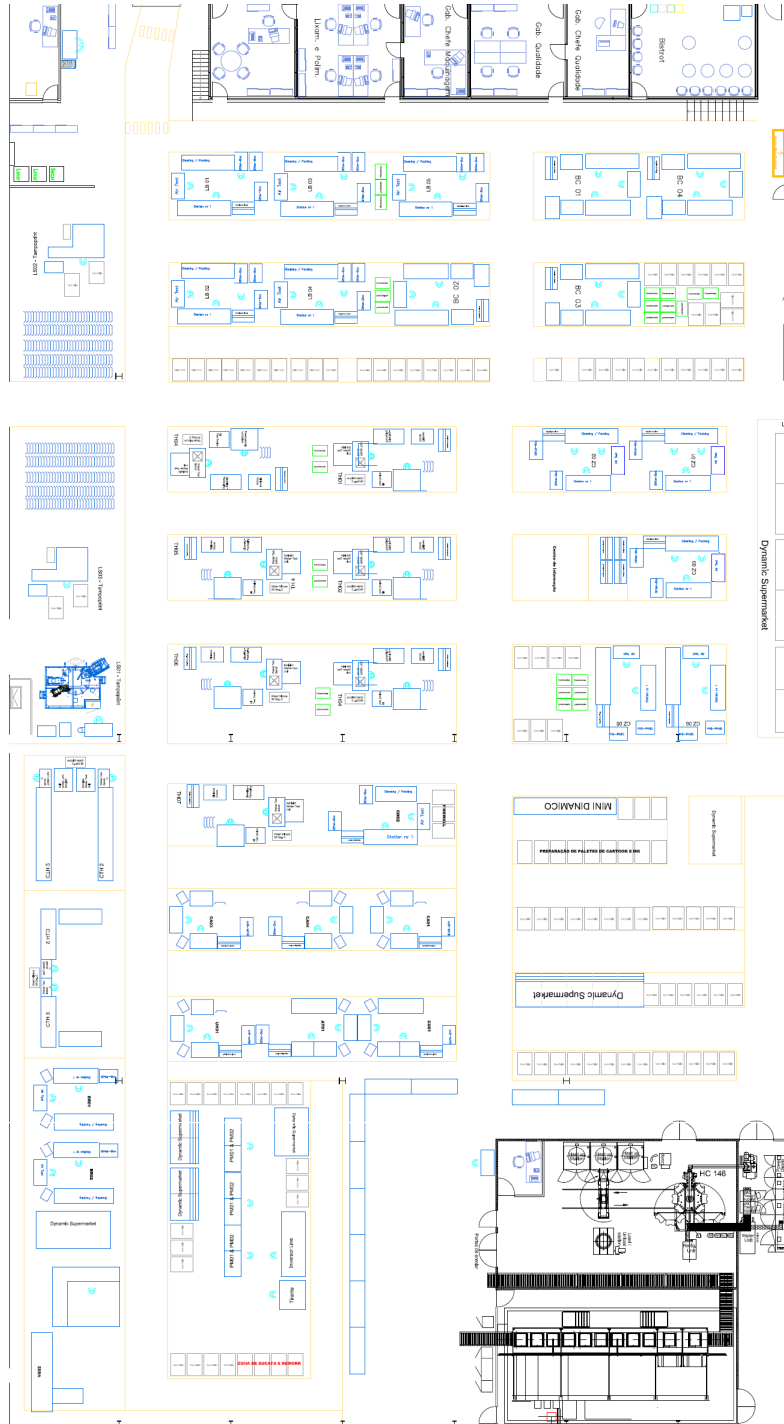
- Abranches, S. S. and Marziale, M. (2005). A situação ergonômica do trabalho de enfermagem em unidade básica de saúde. *Ribeirão Preto: Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto. Universidade de São Paulo.*
- Anis, G. C. (2011). A importância dos estudos de tempos e métodos para controle da produtividade e qualidade.
- Ávila, Paulo; Cavaco, I. (2008). Processo conceito e fundamentos. *Instituto Superior de Engenharia do Porto.*
- Barnes, R. M. (1977). *Estudo de Movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho.* Editora Edgard Blucher.
- Brito, M., Eurisko-Estudios, P., and de Portugal, A.-A. E. (2003). Manual pedagógico para a manutenção. *Associação Empresarial de Portugal.*
- Cabral, F. and Veiga, R. (2006). Higiene, segurança, saúde e prevenção de acidentes de trabalho. *VERLAG DASHOFER, 2.*
- DIN.33.402-1 (2008). Ergonomics - body dimensions of people - part 1 : Terms and definitions, measuring procedures.
- Festo (2016). Tecnologia de vácuo. Disponível em: https://www.festo.com/cms/pt-br_br/4292.htm. Acedido em: 04/04/2016.

- Frederico, G. (2011). Automatismos industriais. *Universidade de Évora. Engenharia Mecatrónica. Disponível em: <http://ltodi.est.ips.pt/fgriolo/down/AI508.pdf>. Acedido em: 04/05/2016.*
- Freitas, L. C. (2004). *Gestão da segurança e saúde no trabalho.*
- Fudoli, J. (2012). Conceitos e prática ergonômica. *Curso de especialização em engenharia de segurança do trabalho.*
- Gaither, N. and Frazier, G. (2002). *Administração da Produção e Pperações.* Pioneira Thomson Learning.
- Gonçalves, M. A. (2013). Análise ergonómica de postos de trabalho. *VLM Consultores.*
- Grandjean, E. and Kroemer, K. H. (2005). *Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem.* Bookman.
- IEA (2015). International ergonomics association and others - definition and domains of ergonomics. *Disponível em: <http://www.iea.cc/whats/index.html>. Acedido em: 02/03/2016.*
- Iida, I. (1997). Ergonomia. *Projeto e produção.* São Paulo: Edgard Blücher.
- Martins, P. G. and Laugeni, F. P. (2005). *Administração da Produção.* Saraiva São Paulo.
- Maynard, H. B. and Iida, I. (1970). *Maynard Manual de Engenharia de Produção.* Editora da Universidade de São Paulo.
- Minicucci, A. (1995). *Psicologia aplicada à administração.* Atlas.
- Moreira, D. A. (2008). *Administração da Produção e Operações.* Cengage Learning.
- OIT (2002). *Organização Internacional do Trabalho. Sistemas de Gestão da Segurança no Trabalho.*

- Parker, T. (2000). Tecnologia pneumática industrial. *Parker Hannifin Corporation. São Paulo Apostila M1001-BR.*
- Perales, W. (2001). Classificações dos sistemas de produção. *Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Anais.*
- Rebello, F. (2004). *Ergonomia no dia a dia.* Lisboa: Edições Sílabo.
- Ribeiro, A. L. (2003). *Teorias da administração.* Saraiva.
- Rocha, D. (1995). *Fundamentos técnicos da produção.* Makron Books.
- Rodriguez-Añez, C. R. (2001). A antropometria e sua aplicação na ergonomia. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desenvolvimento Humano*, 3(1):102–108.
- Silva, M. (2012a). Estudo dos métodos e simplificação do trabalho. *Instituto Superior de Engenharia do Porto.*
- Silva, M. (2012b). A medida do trabalho. *Instituto Superior de Engenharia do Porto.*
- Slack, N., Chambers, S., and Johnston, R. (2009). *Administração da Produção.* Atlas.
- Wisner, A. (1987). *Por dentro do trabalho: ergonomia: método & técnica.* Ftd.

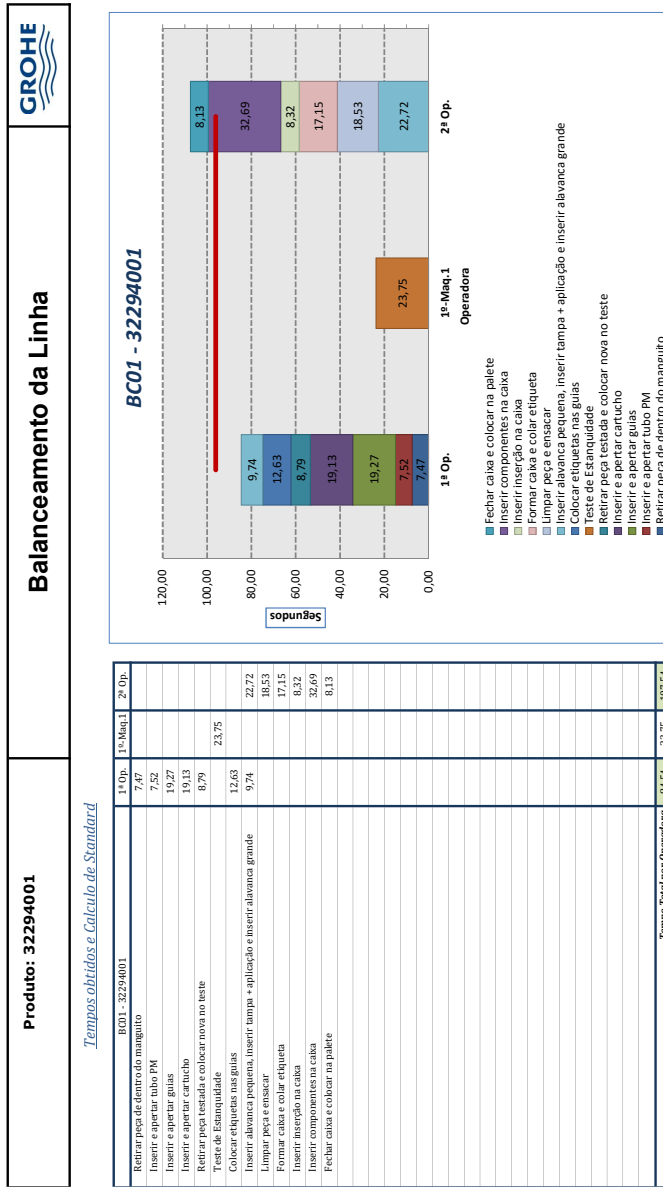
Esta página foi intencionalmente deixada em branco.

Anexo A. Layout do Departamento de Montagem



Esta página foi intencionalmente deixada em branco.

Anexo B. Tempos Cronometrados de Diferentes Produtos



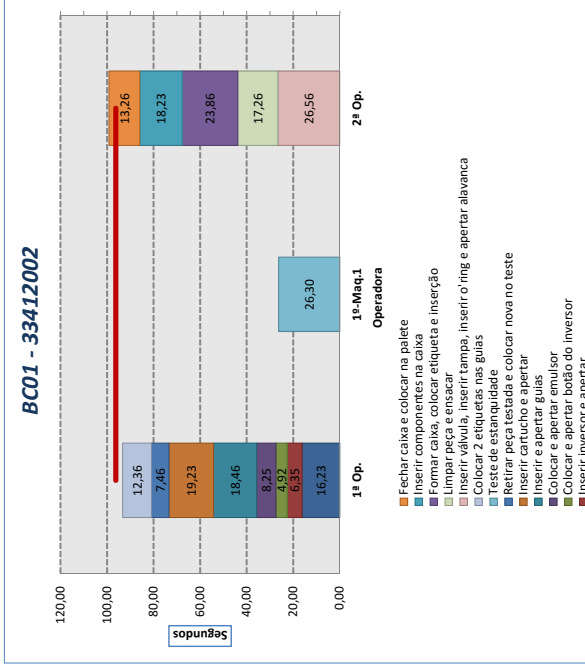
Produto: 33412002

Balaceamento da Linha



Tempos obtidos e Cálculo de Standard

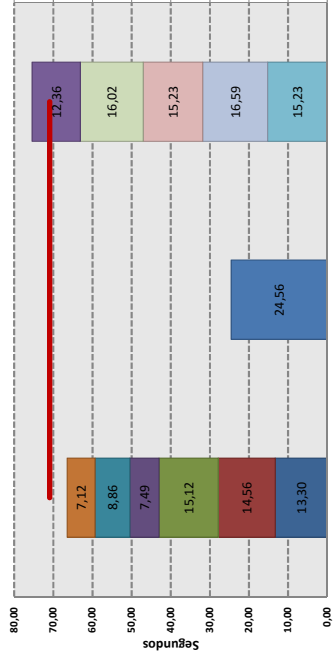
	1ª Op.	1ª-Maq.1	2ª Op.
01 Pegar corpo, fazer inspeção, inserir cavilha e apertar	16,23		
02 Inserir inversor e apertar	6,35		
03 Colocar e apertar botão do inversor	4,92		
04 Colocar e apertar emulsor	8,25		
05 Inserir e apertar guias	18,46		
06 Retirar peça testada e apertar	19,23		
07 Retirar peça testada e colocar nova no teste	7,46	26,30	
08 Teste de estanquidade			
09 Colocar 2 etiquetas nas guias	12,36		
10 Inserir válvula, inserir tampa, inserir o'ring e apertar alavanca			26,56
11 Limpar peça e ensacar			17,26
12 Formar caixa, colocar etiqueta e inserção			23,86
13 Inserir componentes na caixa			18,23
14 Fechar caixa e colocar na palete			13,26
15			
16			
17			
18			
19			
Tempo Total por Operadora			99,17



Tempos obtidos e Cálculo de Standard

	1ª Op.	1ª-Maq.1	2ª Op.
01	13,30		
02	14,56		
03	15,12		
04	7,49		
05	8,86		
06	7,12		
07		24,56	
08			15,23
09			16,59
10			15,23
11			16,02
12			12,36
13			
14			
15			
16			
17			
18			
Tempo Total por Operadora			75,83

BC02 - 32628001



- Fechar caixa e inserir na palete
- Pegar caixa, formar caixa e colar etiqueta
- Limpar peça e ensacar
- Colocar tampa com o'ring
- Retirar peça do teste e inserir nova a testar
- Inserir guias e apertar
- Colocar componentes na caixa
- Inserir alavanca e aparafusar
- Teste de Estanquidade
- Colar 2 etiquetas nas guias
- Colocar cartucho e apertar
- Pegra corpo, fazer inspeção, apontar cavilha e apertar

Produto: 33624001

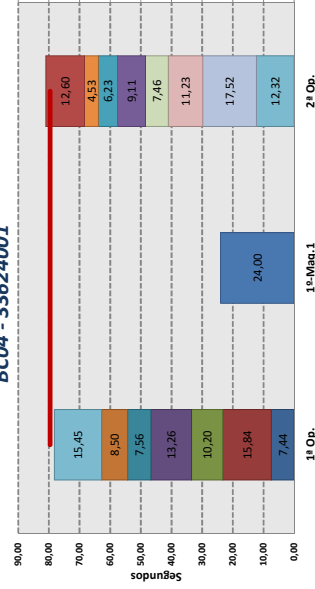
Balanceamento da Linha



Tempos obtidos e Cálculo de Standard

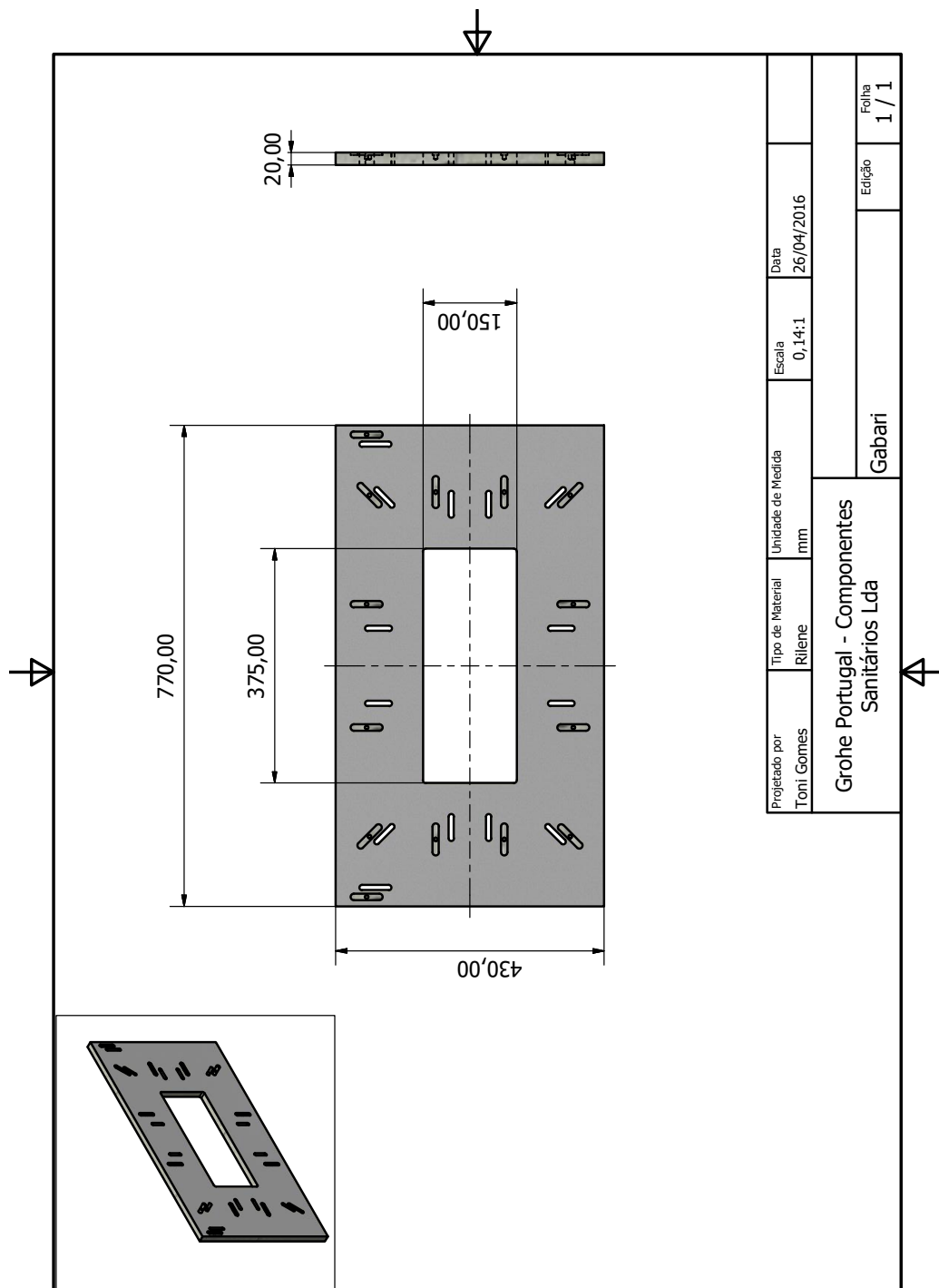
	BC04 - 33624001	1ª Op.	1ª-Maq.1	2ª Op.
01	Pegar no corpo, fazer inspeção e apertar cavilha	7,44		
02	Apertar porcas e sel's	15,84		
03	Colocar inversor e apertar	30,20		
04	Colocar cartucho, anilha e apertar	13,26		
05	Colocar tampa com o ring	7,56		
06	Retirar corpo testado e inserir nova peça no teste	8,50		
07	Teste de ar	24,00		
08	Inserir válvula, inserir tampa-origem, inserir alavanca-parafuso+ Tampa	15,45		12,32
09	Limpar torneira e ensacar	17,52		17,52
10	Formar caixa	7,46		11,23
11	Formar e colocar inserção	7,46		9,11
12	Colocar peça dentro da caixa	6,23		6,23
13	Colocar segunda inserção na caixa	4,53		4,53
14	Colocar ligação, chave e tpo's na embalagem	12,60		12,60
15	Fechar caixa, colar etiqueta, e colocar na paleta			
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
	Tempo Total por Operadora	280,25	24,00	81,00

BC04 - 33624001

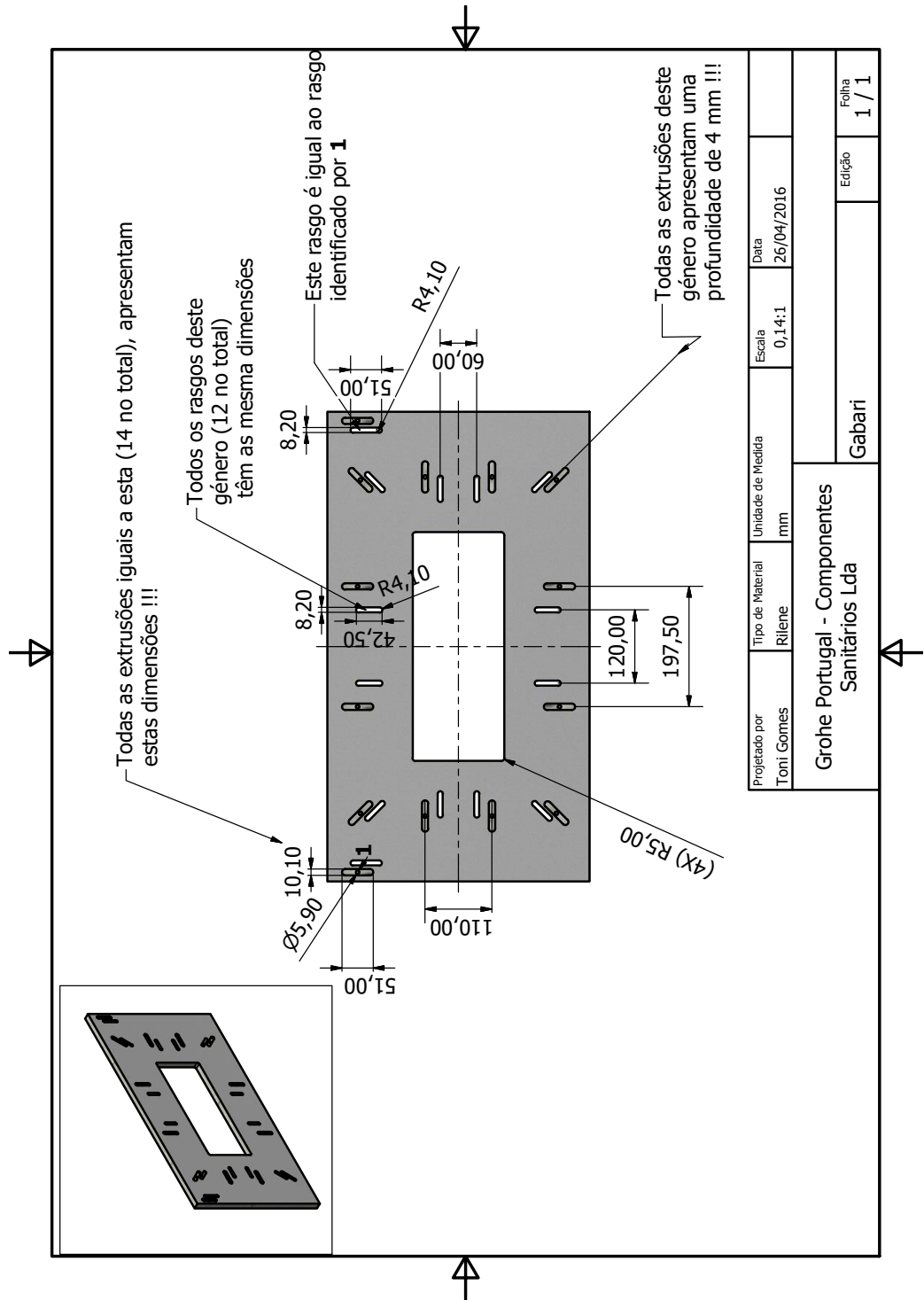


- Operadora**
- 1 Pegar no corpo, fazer inspeção e apertar cavilha
 - 2 Apertar porcas e sel's
 - 3 Colocar inversor e apertar
 - 4 Colocar cartucho, chave e tpo's na embalagem
 - 5 Colocar segunda inserção na caixa
 - 6 Colocar peça dentro da caixa
 - 7 Formar e colocar inserção
 - 8 Limpar torneira e ensacar
 - 9 Inserir válvula, inserir tampa-origem, inserir alavanca-parafuso+ Tampa
 - 10 Formar caixa
 - 11 Formar e colocar inserção
 - 12 Colocar peça dentro da caixa
 - 13 Colocar segunda inserção na caixa
 - 14 Colocar ligação, chave e tpo's na embalagem
 - 15 Fechar caixa, colar etiqueta, e colocar na paleta
 - 16
 - 17
 - 18
 - 19
 - 20
 - 21
 - 22

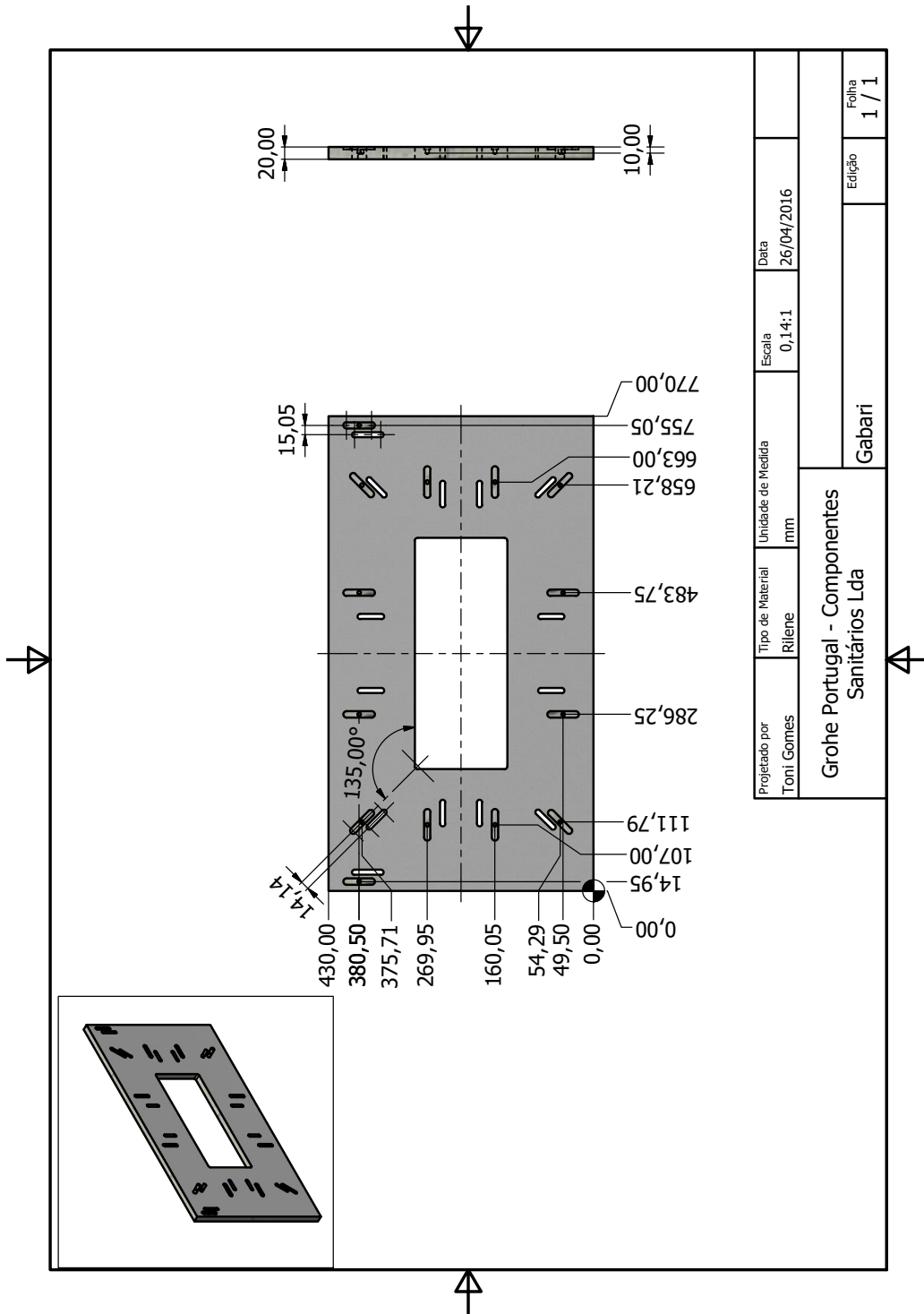
Anexo C. Desenhos Técnicos e Fotografias do Gabari



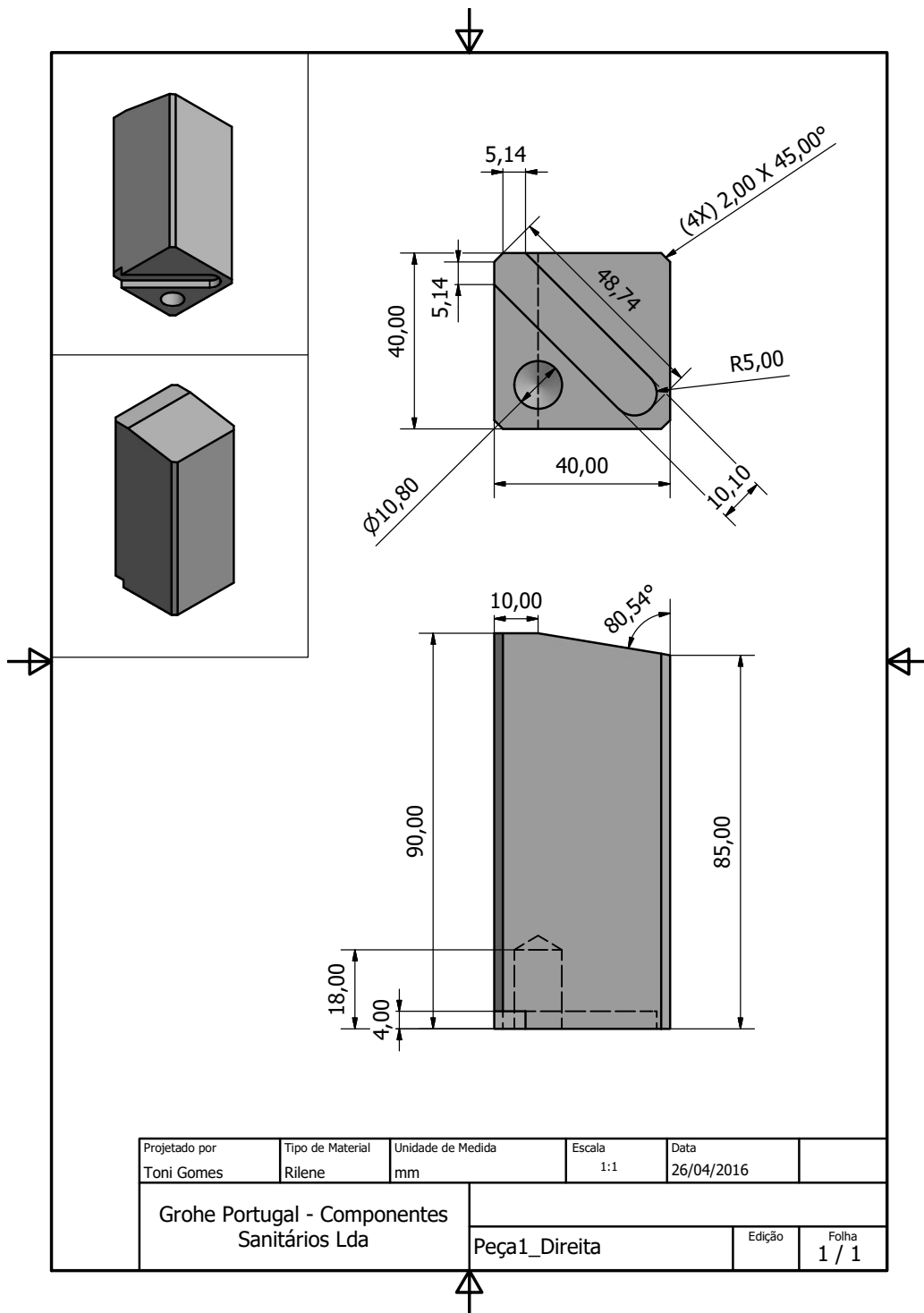
Projetado por Toni Gomes	Tipo de Material Rilene	Unidade de Medida mm	Escala 0,14:1	Data 25/04/2016	Folha 1 / 1
Grohe Portugal - Componentes Sanitários Lda				Gabari	

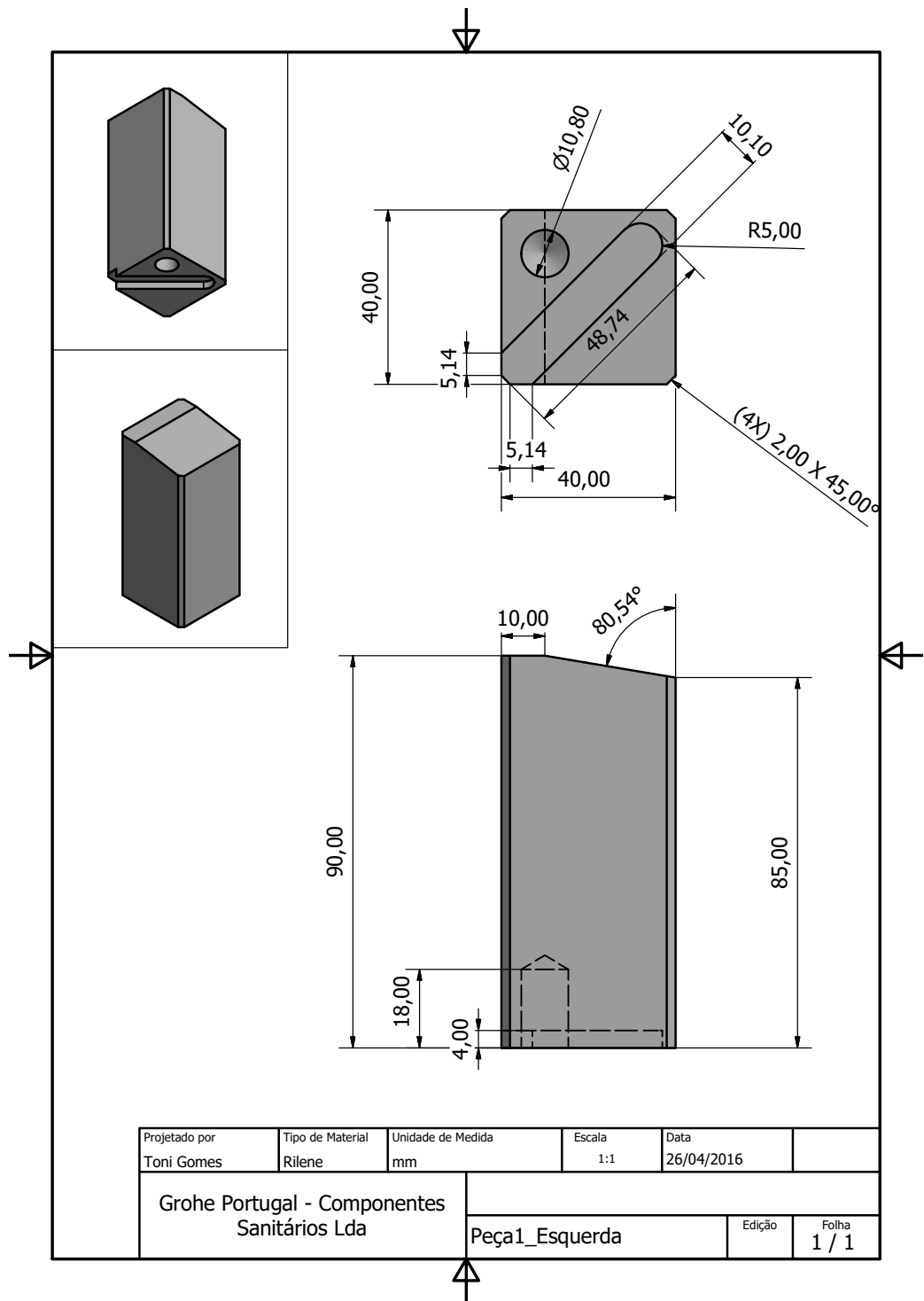


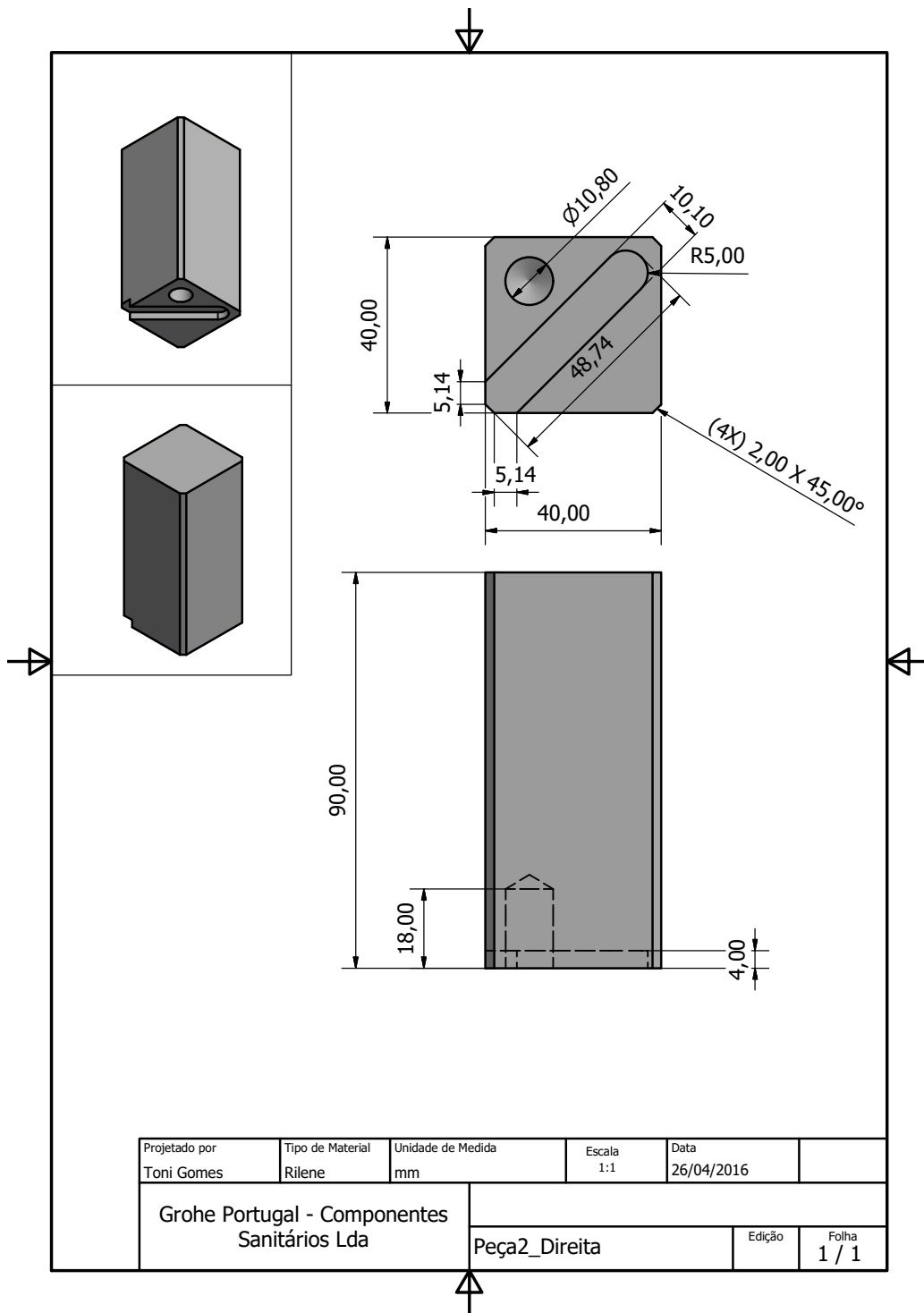
Projetado por Toni Gomes	Tipo de Material Rilene	Unidade de Medida mm	Escala 0,14:1	Data 26/04/2016
Grohe Portugal - Componentes Sanitários Lda			Gabari	Folha 1 / 1

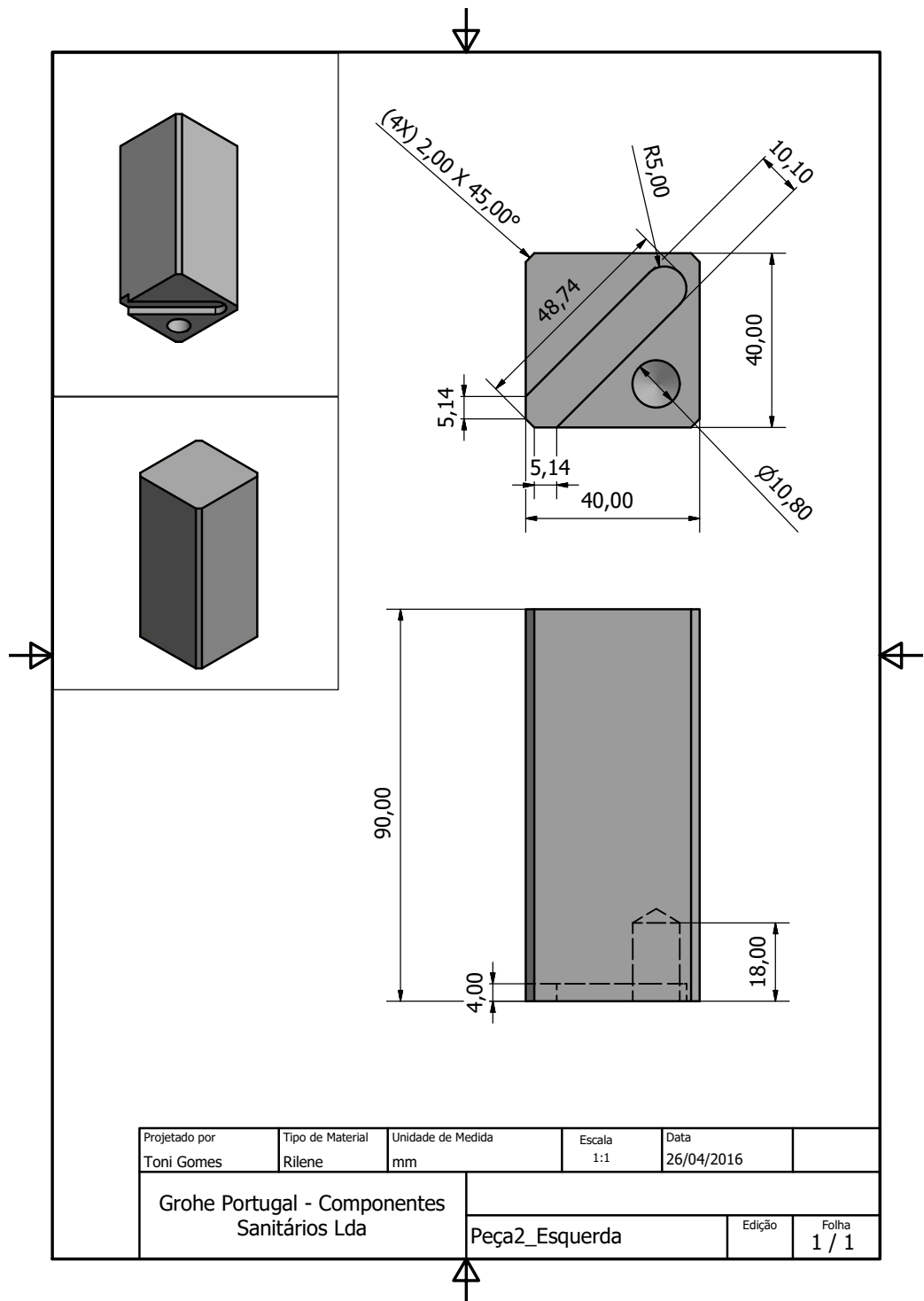


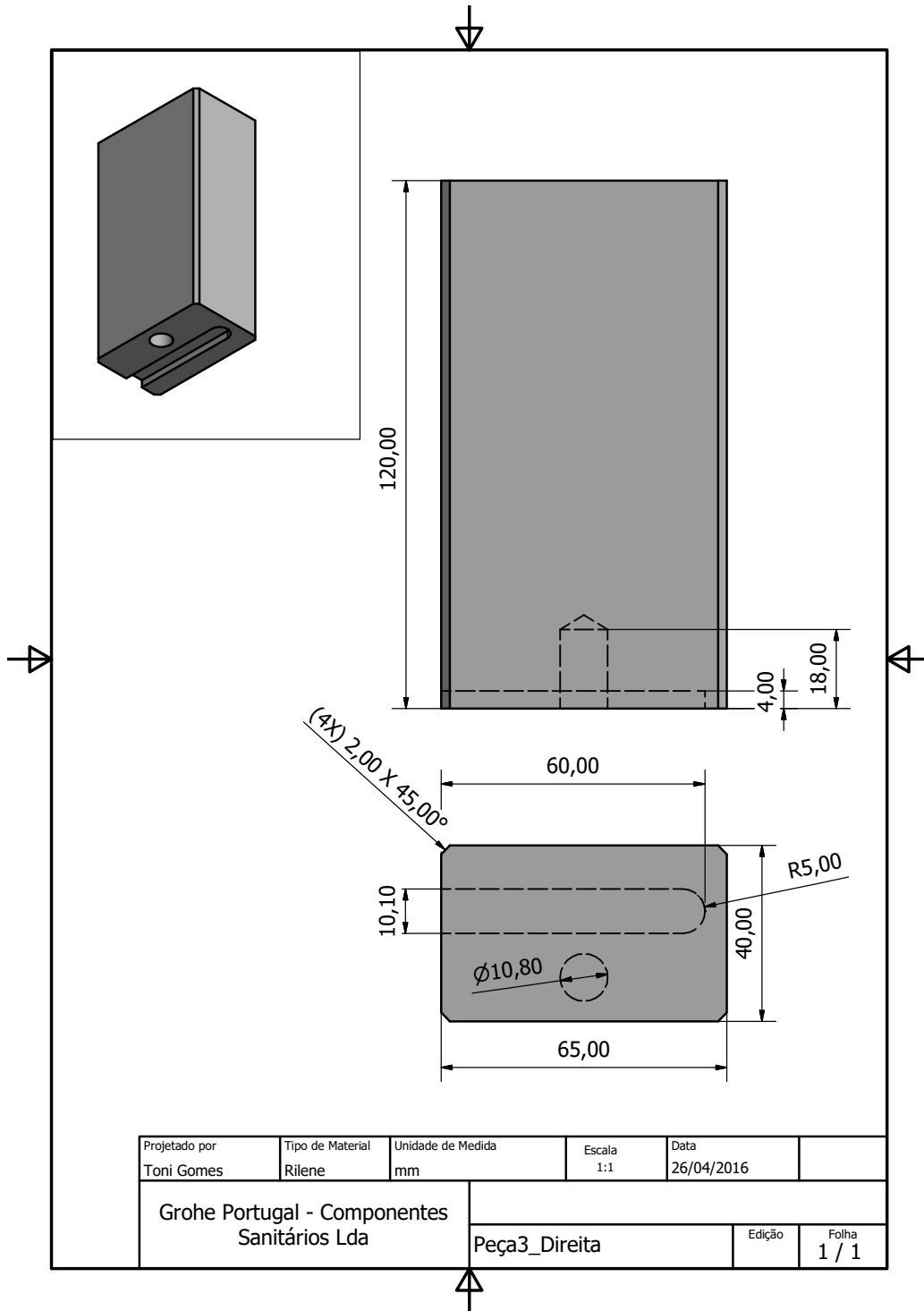
Projetado por Toni Gomes	Tipo de Material Rilene	Unidade de Medida mm	Escala 0,14:1	Data 26/04/2016
Grohe Portugal - Componentes Sanitários Lda			Gabari	Folha 1 / 1

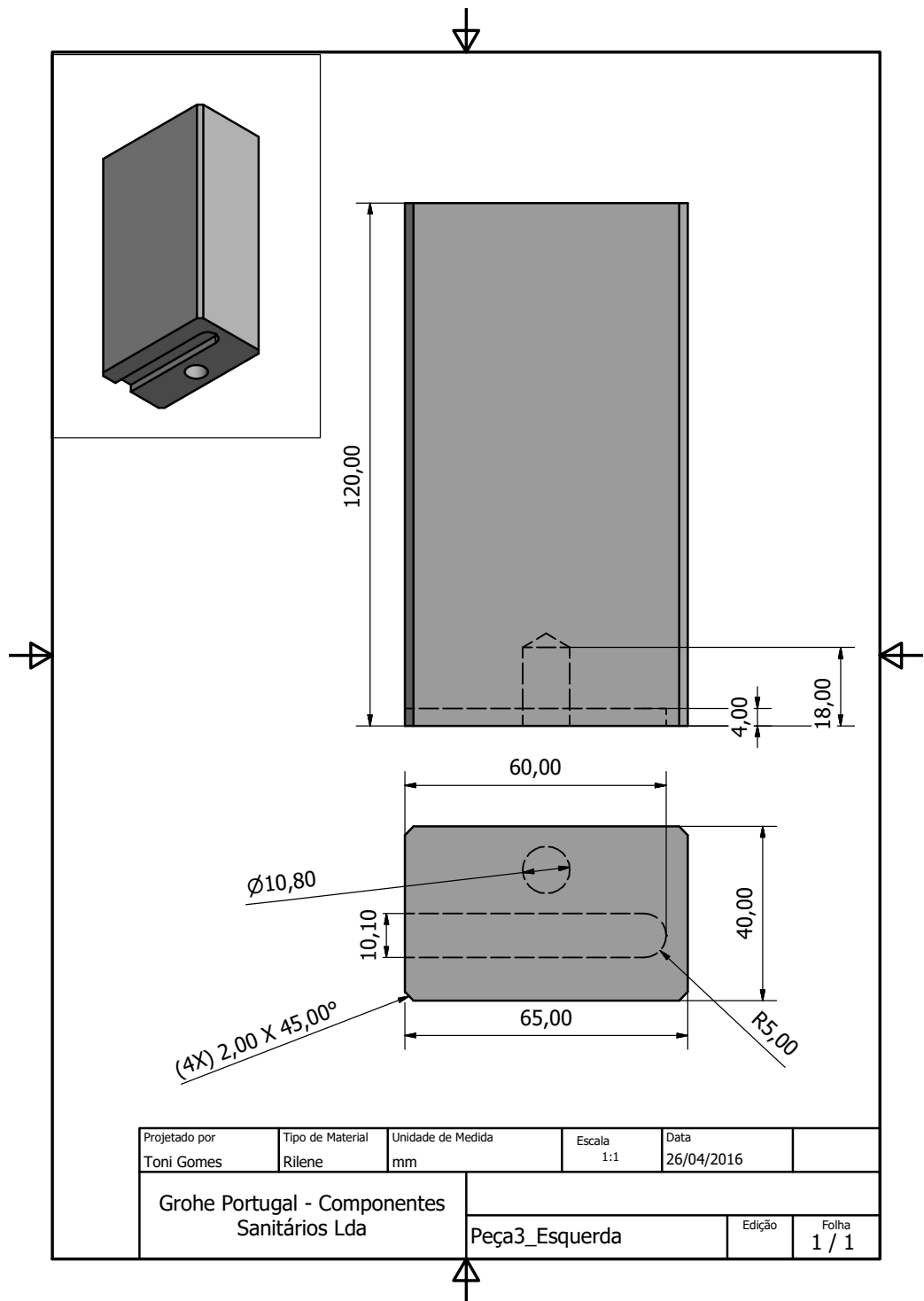


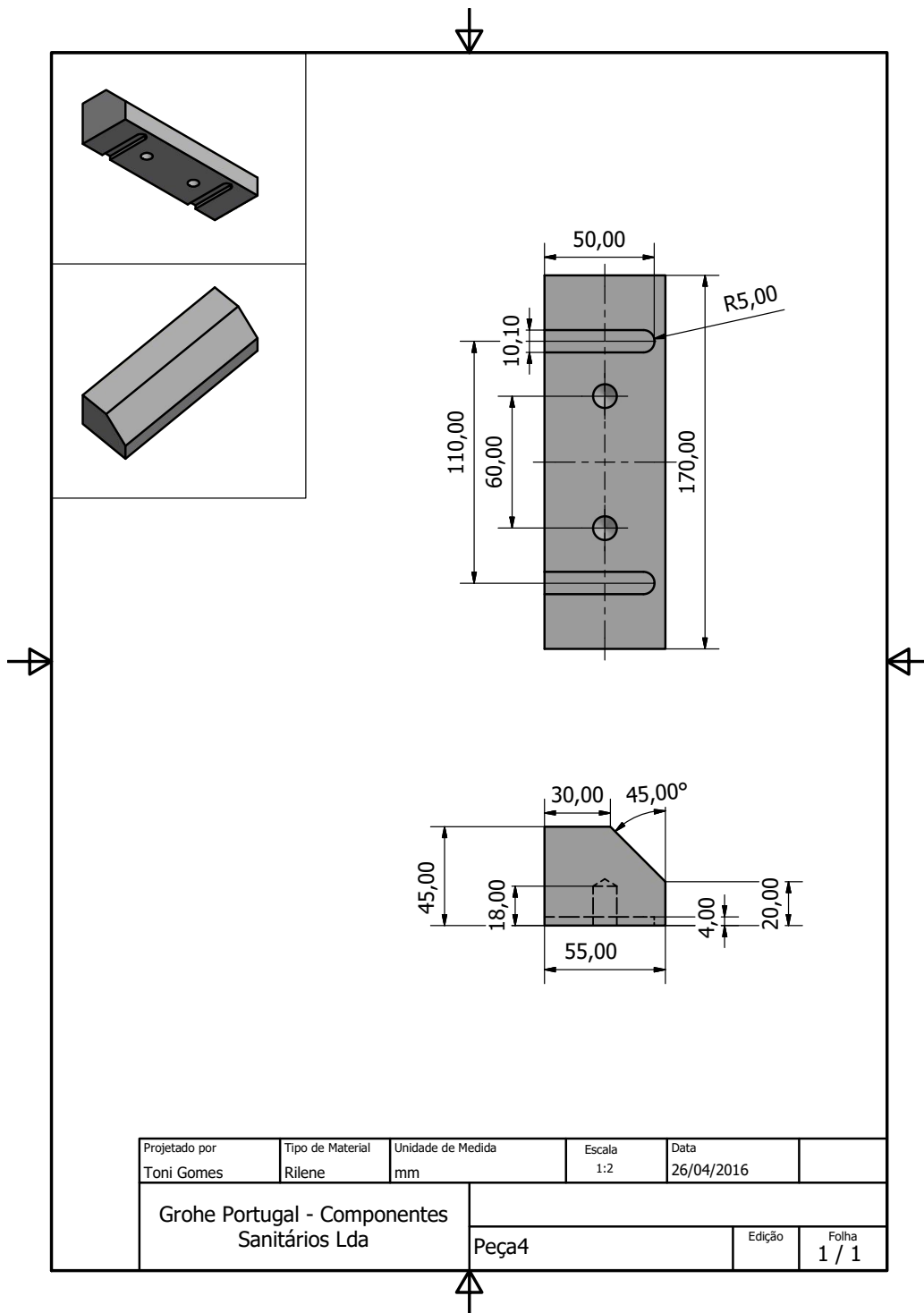


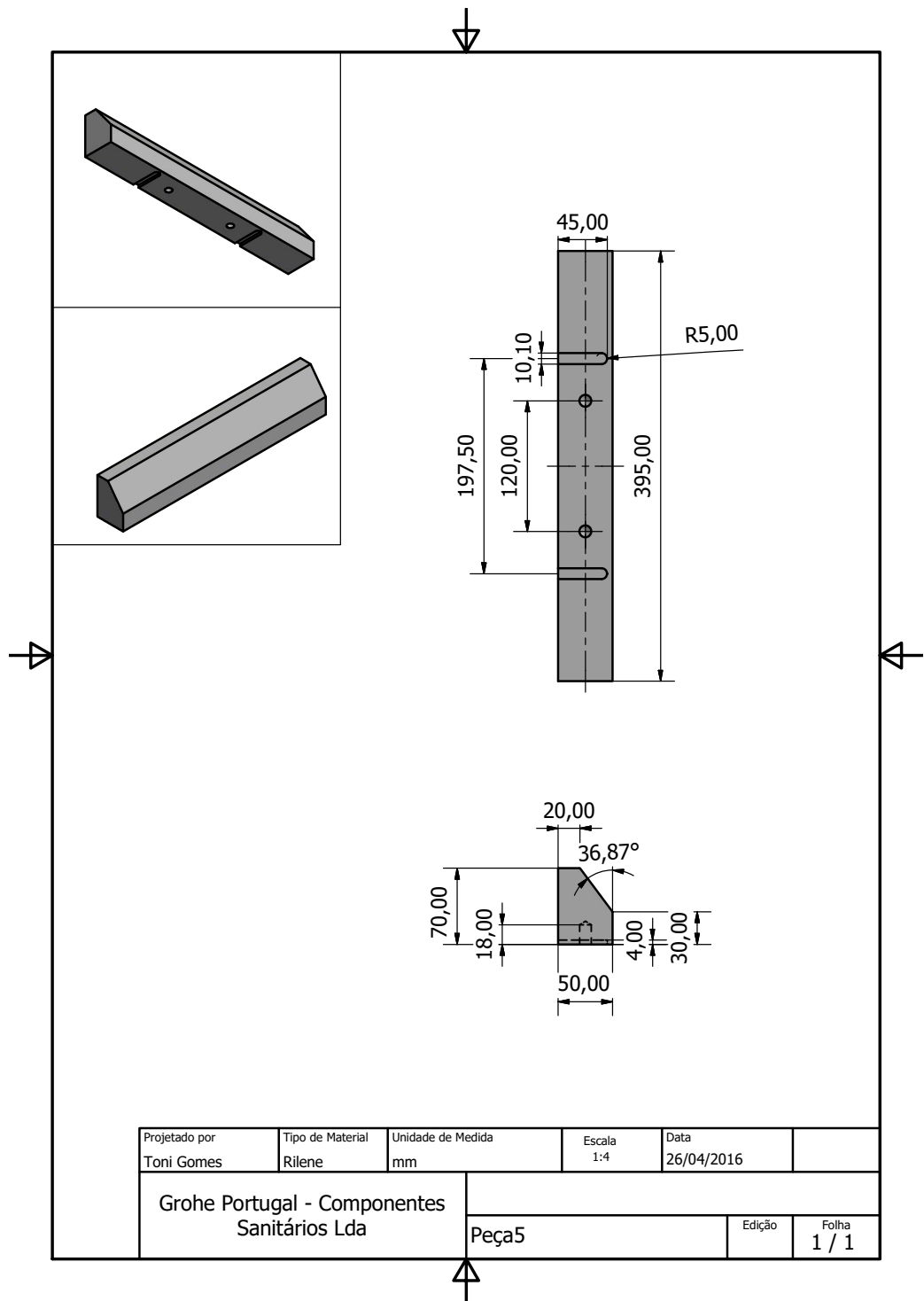


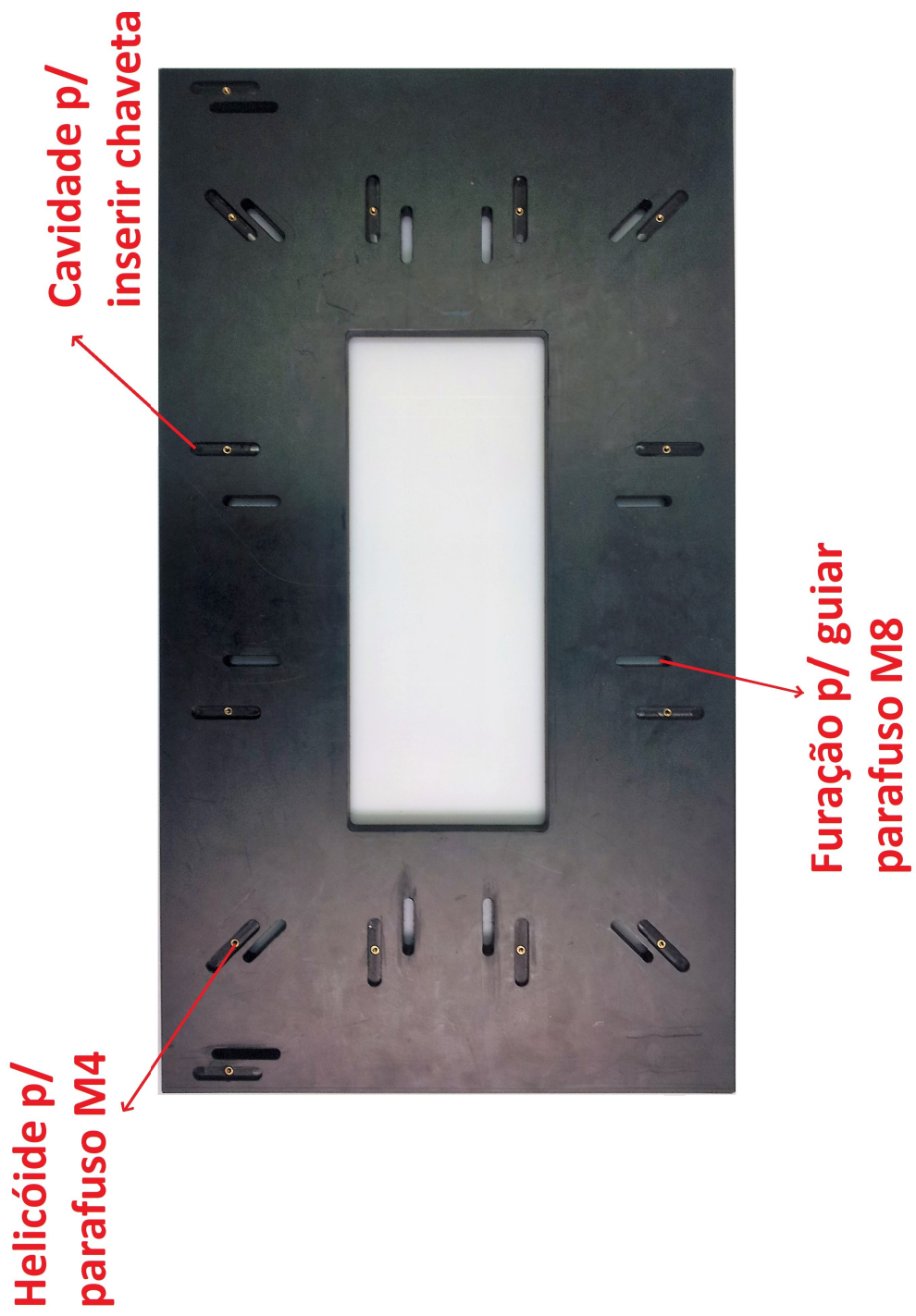




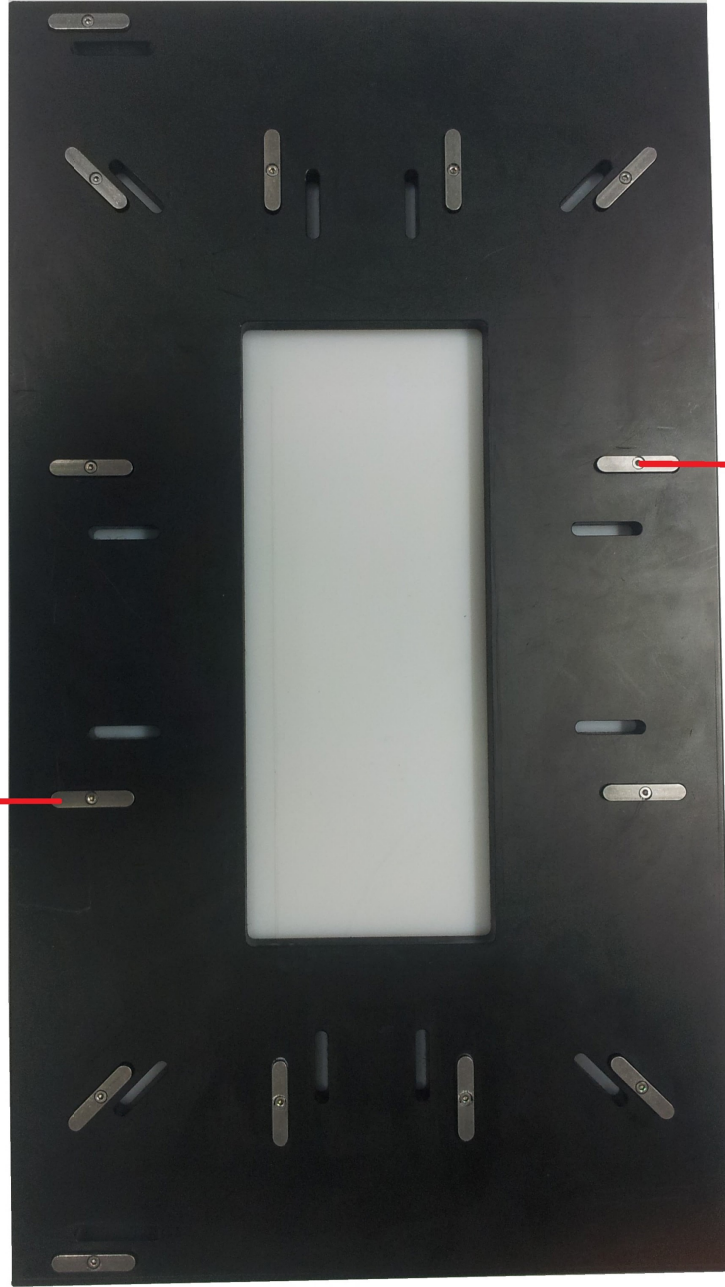








Chaveta 10X50X8 mm

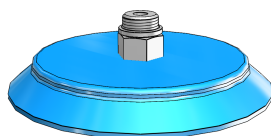


Parafuso M4

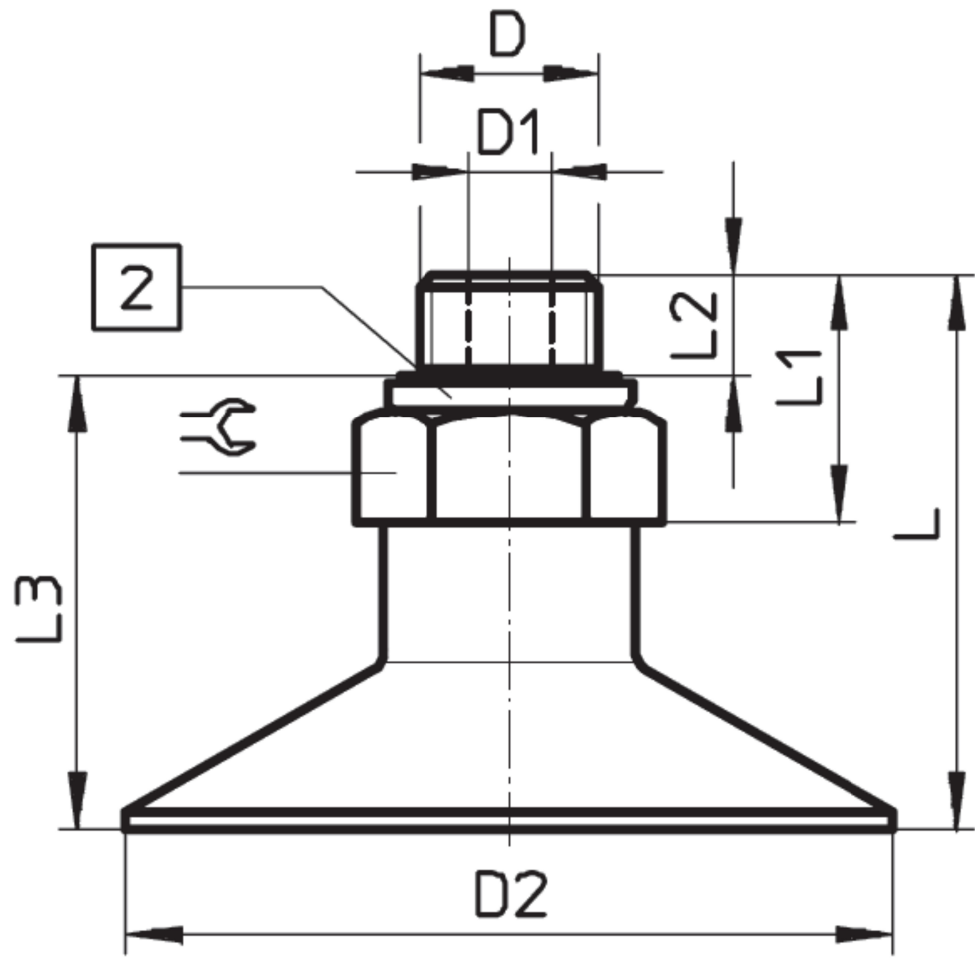
Anexo D. Características Técnicas da Ventosa FESTO

FESTO

1396108 VAS-125-3/8-PUR-B



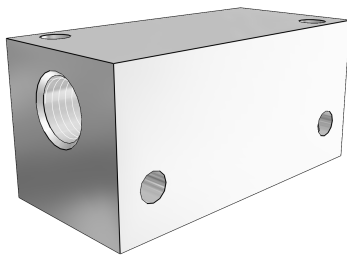
Property	Value
TNR (Número código)	1396108
TYP (Tipo)	VAS-125-3/8-PUR-B
D (Rosca)	G3/8
D1 (Diâmetro / mm)	7
D2 (Diâmetro / mm)	125
L (Comprimento / mm)	36
L1 (Comprimento / mm)	20
L2 (Comprimento / mm)	6
L3 (Comprimento / mm)	30
SW (Abertura da chave / mm)	19
CNSECLASS50 (EClass 5.0)	27-29-38-02
CNSMASSEXACT (mass / kg)	0.014



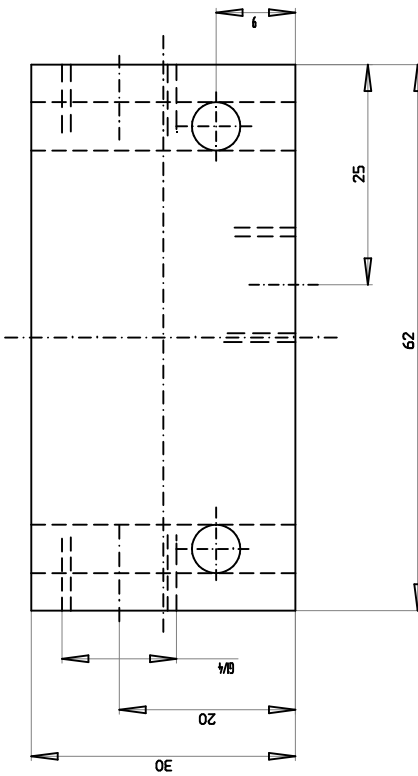
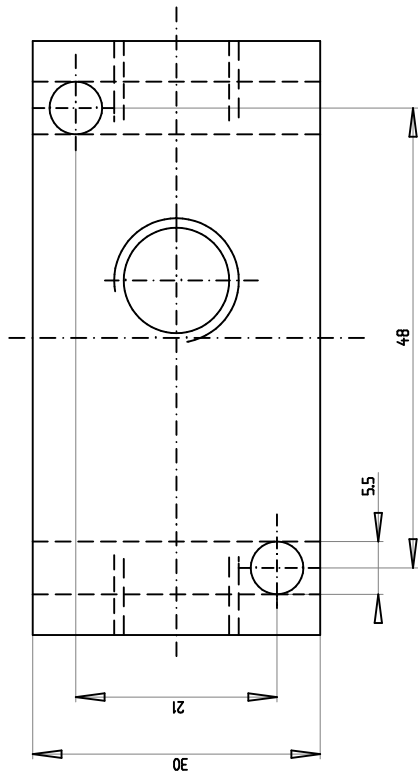
Anexo E. Características Técnicas e Dimensões do Gerador de Vácuo FESTO

FESTO

9394 VAD-1/4



Property	Value
TNR (Número código)	9394
TYP ()	VAD-1/4
CNSMASSEXACT (mass / kg)	0.09
CNSECLASS50 (EClass 5.0)	27-29-38-01



Anexo F. Características Técnicas e Dimensões da Válvula Temporizadora FESTO

Time delay valves VZ/VZO, for mounting frame 2N

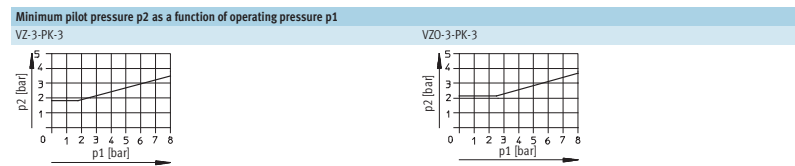
FESTO

Technical data

General technical data		With switch-on delay VZ-3-PK-3	With switch-off delay VZO-3-PK-3
Pneumatic connection		PK-3	
Design		Poppet valve with spring return	
Actuation type		Pneumatic	
Type of mounting		Front panel mounting	
		On mounting frame	
Nominal size	[mm]	2	
Standard nominal flow rate $1 > 2$	[l/min]	90	60
Adjustable delay time ¹⁾	[s]	0.25 ... 5	
Pause period for reset	[ms]	≥ 55	≥ 50
Repetition accuracy of time setting	[s]	±0.5	
Housing material		Die-cast zinc	
Weight	[g]	150	

1) To achieve delay times longer than 5 s, remove the end cap from connection fitting 6 and connect an additional reservoir to this. An increase in reservoir size of 10 cm³ will increase the delay time by approx. 5 s.
Air reservoir VZS → [internet:vzs](http://internet.vzs)

Operating and environmental conditions	
Operating pressure	[bar] 2.5 ... 8
Operating medium	Compressed air in accordance with ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Note on operating/pilot medium	Operation with lubricated medium not possible
Ambient temperature	[°C] -10 ... +60



Time delay valves VZ/VZO, for mounting frame 2N

Technical data

FESTO

Dimensions Download CAD data → www.festo.com

1 Barbed connector for plastic tubing PK-3
2 Port 6 with end cap for additional reservoir
3 Tamper-proof cap

B1	B2	B3	B4	D1	D2	D3	H1	H2	H3	H4	H5
27	16	14	26	∅ 4,4	M4	M10x1	10	7.7	5	26	18.5

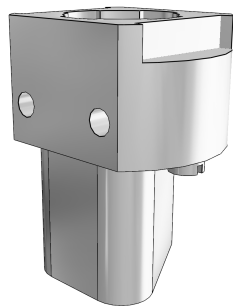
H6 min.	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	∞
27	88.5	80.8	74	75	81	48	8	2.3	26	68	8

Ordering data		Part No.	Type
Switch-on delay		5755	VZ-3-PK-3
Switch-off delay		5754	VZO-3-PK-3
Accessories			
Tamper-proof cap		6436	GRK-M5

Anexo G. Características Técnicas e Dimensões do Botão de Acionamento FESTO

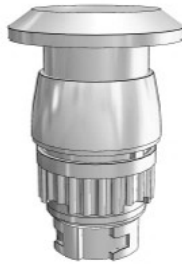
FESTO

6817 SV-3-M5

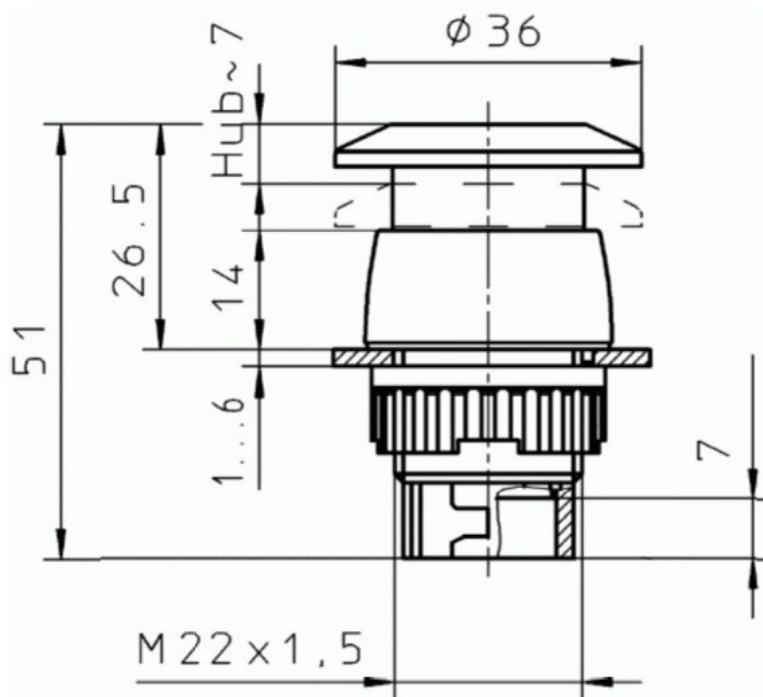


Property	Value
TNR (Número código)	6817
TYP (Tipo)	SV-3-M5
INFO (End date mm/dd/yyyy)	
ROT (Rotação / °)	0
HUB (/ mm)	0
CNSECLASS50 (Eclass 5.0)	27-29-18-01

9293 P-22-SW



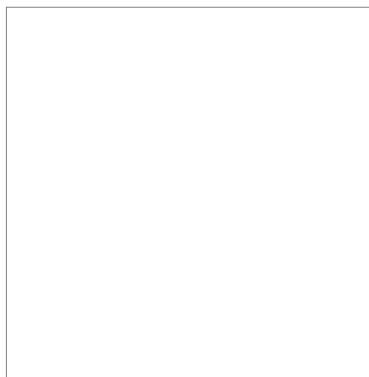
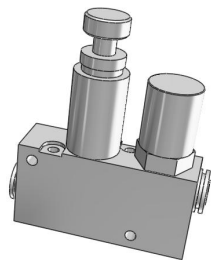
Property	Value
TNR (Número código)	9293
TYP (Tipo)	P-22-SW
HUB (Curso / mm)	0
CNSECLASS50 (EClass 5.0)	27-29-92-18



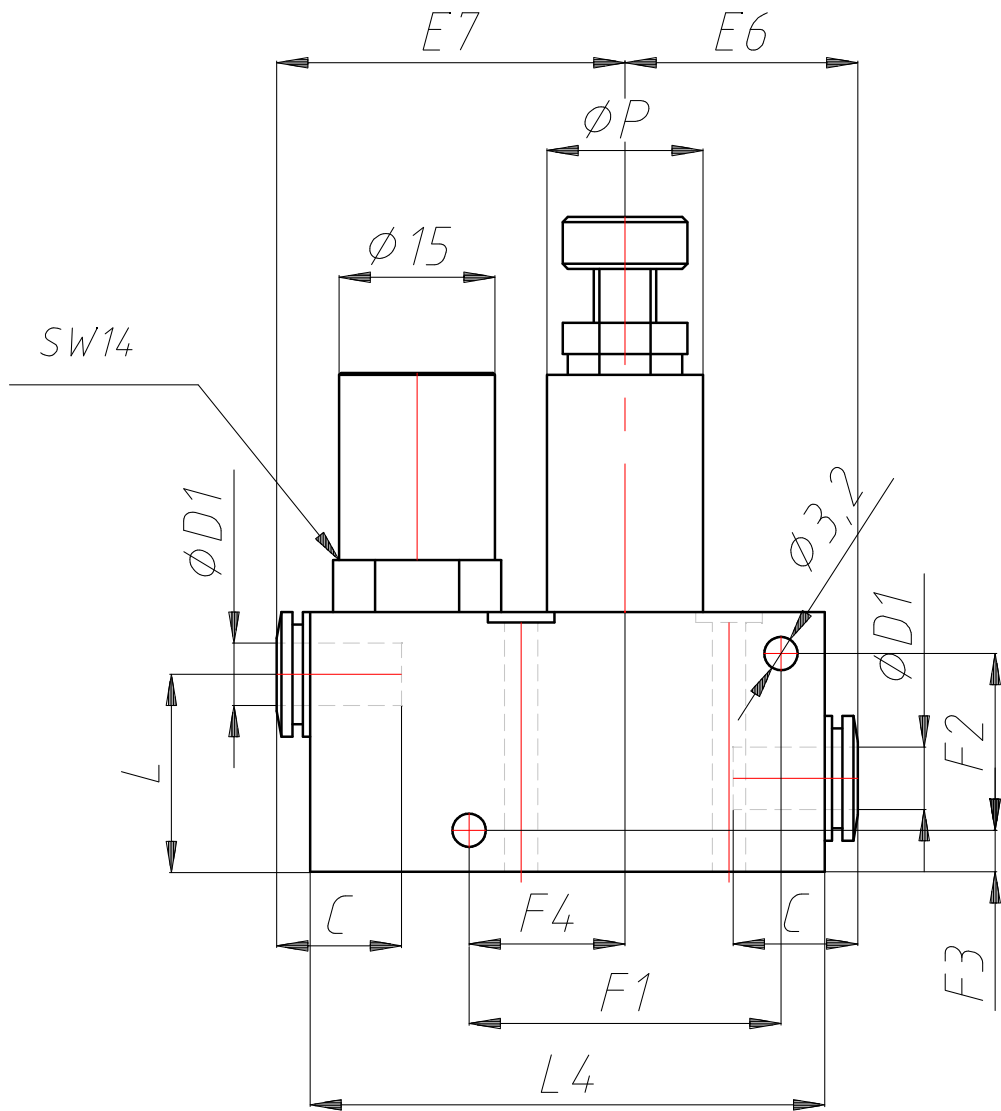
Anexo H. Características Técnicas e Dimensões do Regulador de Pressão FESTO

153496 LRMA-QS-6

FESTO



Property	Value
TNR (Part No.)	153496
TYP (Type)	LRMA-QS-6
HHUB (Stroke / mm)	0
D (Thread)	6
B (Width / mm)	63
B1 (Width / mm)	9
D1 (Diameter / mm)	6
D2 (Diameter / mm)	12
D3 (Diameter / mm)	15
HMIN (Height / mm)	59
HMAX (Height / mm)	63
H1 (Height / mm)	17
H2 (Height / mm)	19
H3 (Height / mm)	0
L (Length / mm)	19
L1 (Length / mm)	22.5
SW (Width across flats / mm)	14
L2 (Length / mm)	12.5
L3 (Length / mm)	10
L4 (Length / mm)	49.5
L5 (Length / mm)	10
P (Diameter / mm)	15
C (Length / mm)	12
E2 (Length / mm)	12



Anexo I. Características Técnicas e Dimensões do Sensor Magnético

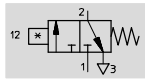
Proximity sensors SMPO-8E, for T-slot, pneumatic

FESTO

Technical data

Function
3/2-way valve,
normally closed

- Pneumatic proximity sensor
- Magnetic measuring principle



Design	
Constructional design	For T-slot
Type of mounting	Insertable in the slot from above
	Via through-holes
	Via accessories
Connection direction	Lateral
Reproducibility of switching point ¹⁾	[mm] ±0.2
Switching status display	Optical

1) Only applicable to drives secured against rotation

Technical data	
Switching element function	3/2-way valve, normally closed
Operating medium	Compressed air in accordance with ISO 8573-1:2010 [6:4:4]
Note on operating/pilot medium	Operation with lubricated medium not possible
Operating pressure	[bar] 2 ... 8
Switch-on time	[ms] 22
Switch-off time	[ms] 52
Pneumatic connection	Female thread M5
Protection class	IP65

Operating and environmental conditions	
Ambient temperature	[°C] -15 ... +60
Corrosion resistance class CRC ¹⁾	2

1) Corrosion resistance class CRC 2 to Festo standard FN 940070
Moderate corrosion stress. Indoor applications in which condensation may occur. External visible parts with primarily decorative requirements for the surface and which are in direct contact with the ambient atmosphere typical for industrial applications.

Materials	
Housing	Anodised aluminium
	High-alloy steel
	PA
Note on materials	Free of copper and PTFE
	RoHS-compliant

Product weights [g]	
Pneumatic proximity sensor	11

Proximity sensors SMPO-8E, for T-slot, pneumatic

Technical data

FESTO

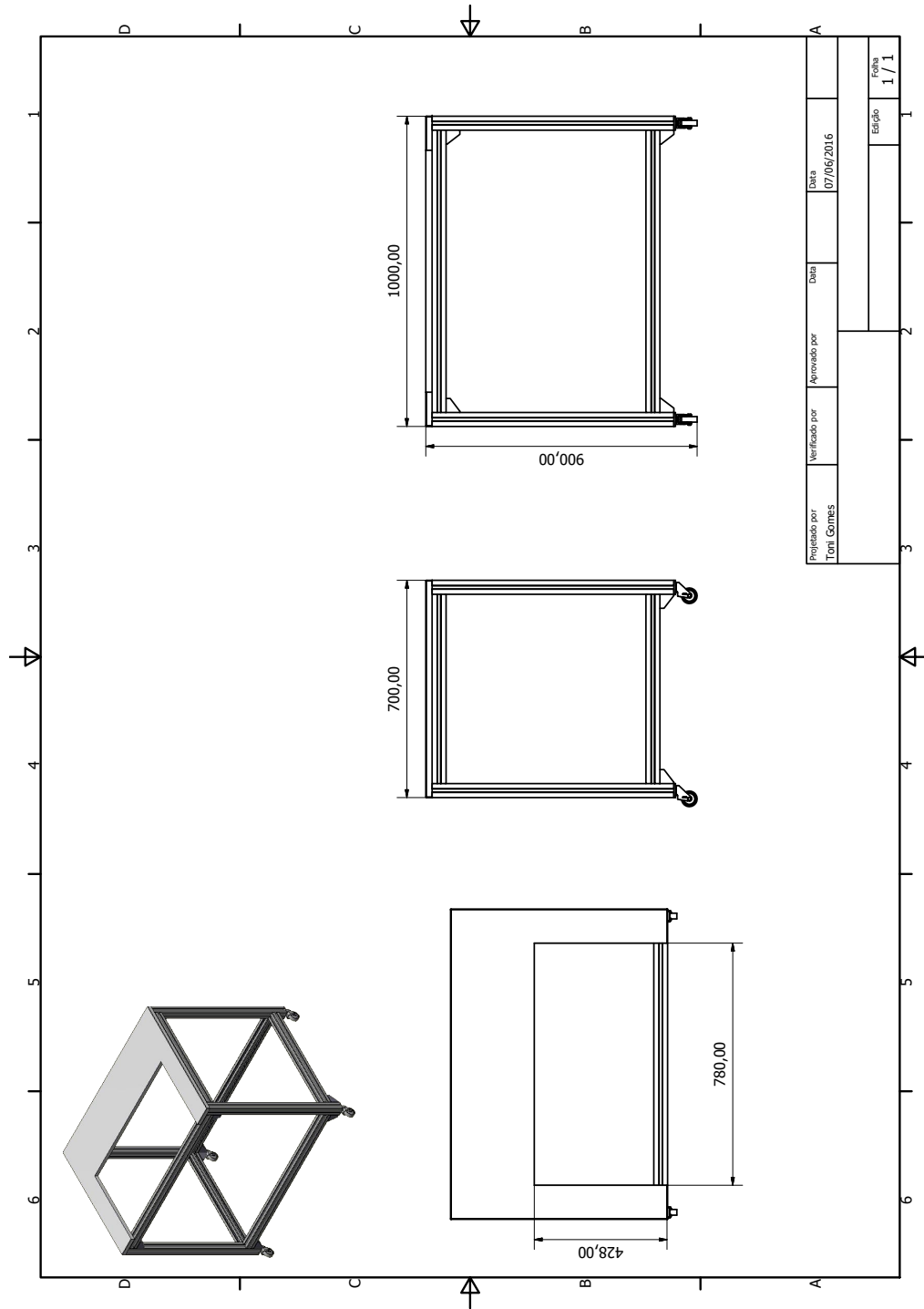
Dimensions Download CAD data → www.festo.com

1 M5 for barbed fitting
2 Yellow LED
3 Max. tightening torque 0.6 Nm (NW 2.5)
4 Mounting kit SMB-8E

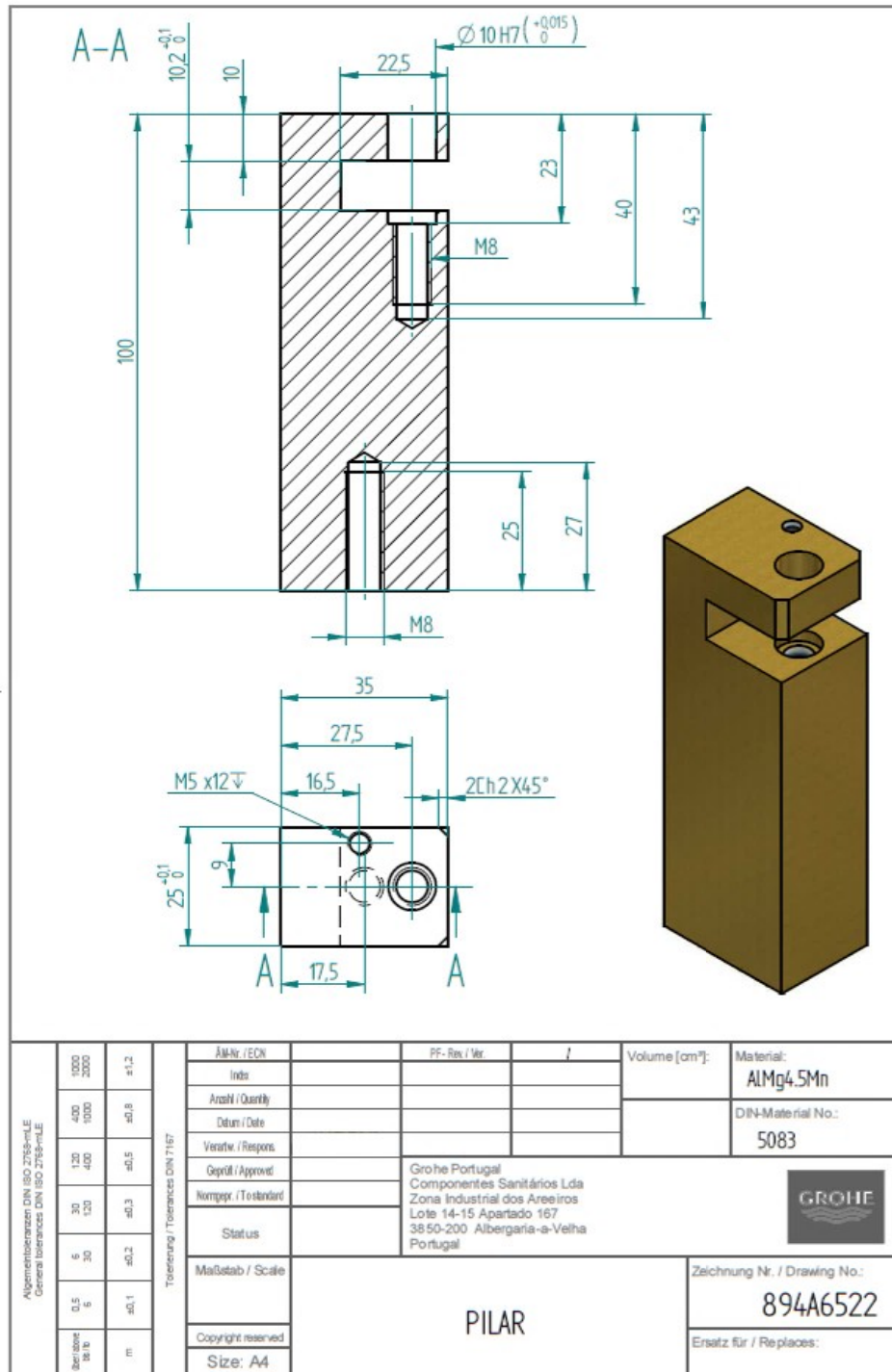
Dimensions	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	H1	H2	H3	L1	L2	L3	L4
SMPO-8E	25	20.5	12.5	4.5	10.5 ±0.3	5.1 ±0.05	4.5 ±0.2	18	7.5	4.5	21	16	10.5	5

Ordering data		Part No.	Type
	Pneumatic connection		
	3/2-way valve, normally closed		
	Female thread M5	178563	SMPO-8E

Anexo J. Desenho Técnico da Bancada de Embalagem




Esta página foi intencionalmente deixada em branco.

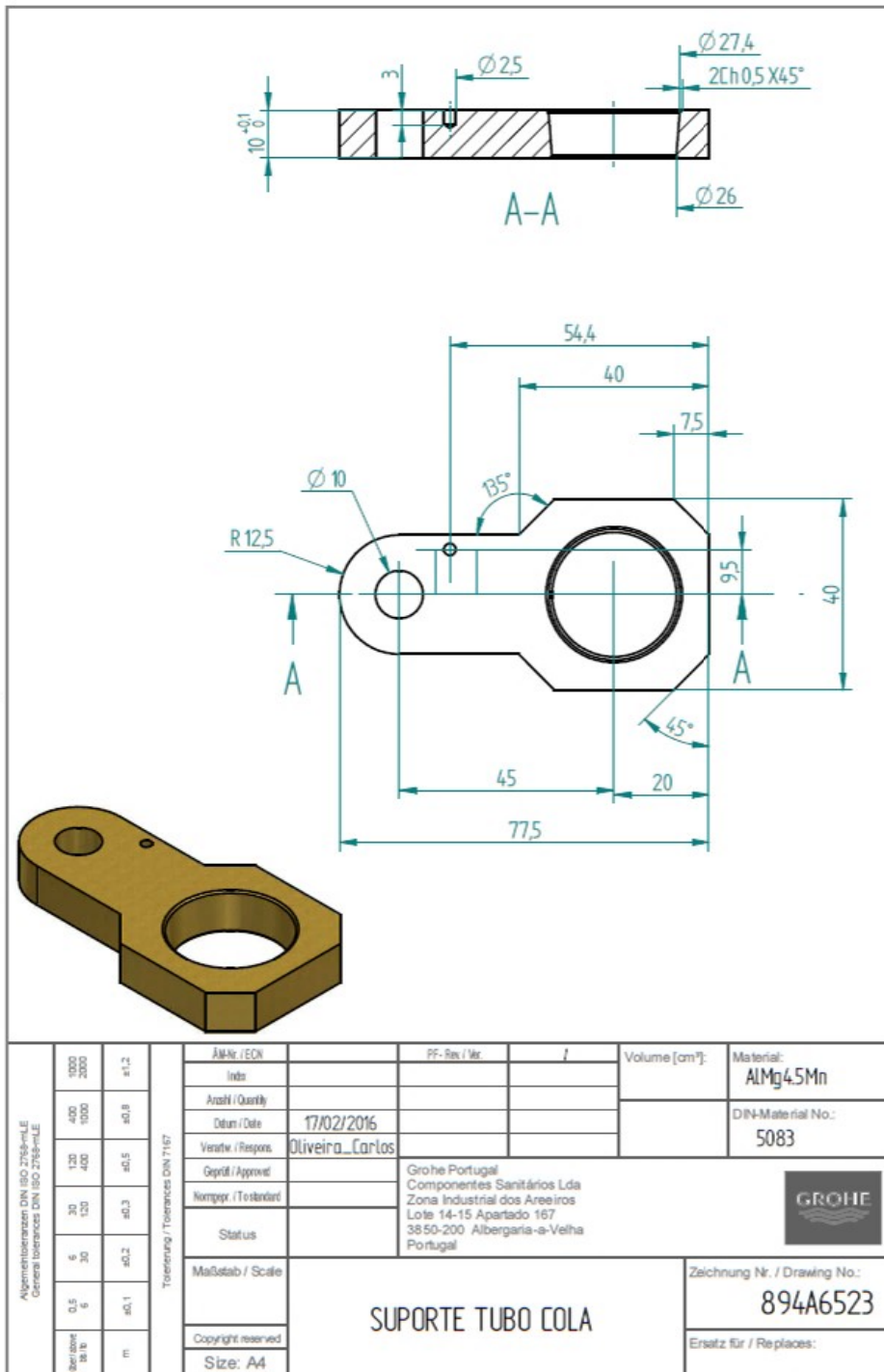


Abmessungen / Dimensions
 General tolerances DIN ISO 2768-mS

Bohrungen Holes	0,5	0,3	0,2	0,1	±1,2
	6	30	120	400	
m	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8
	6	30	120	400	1000

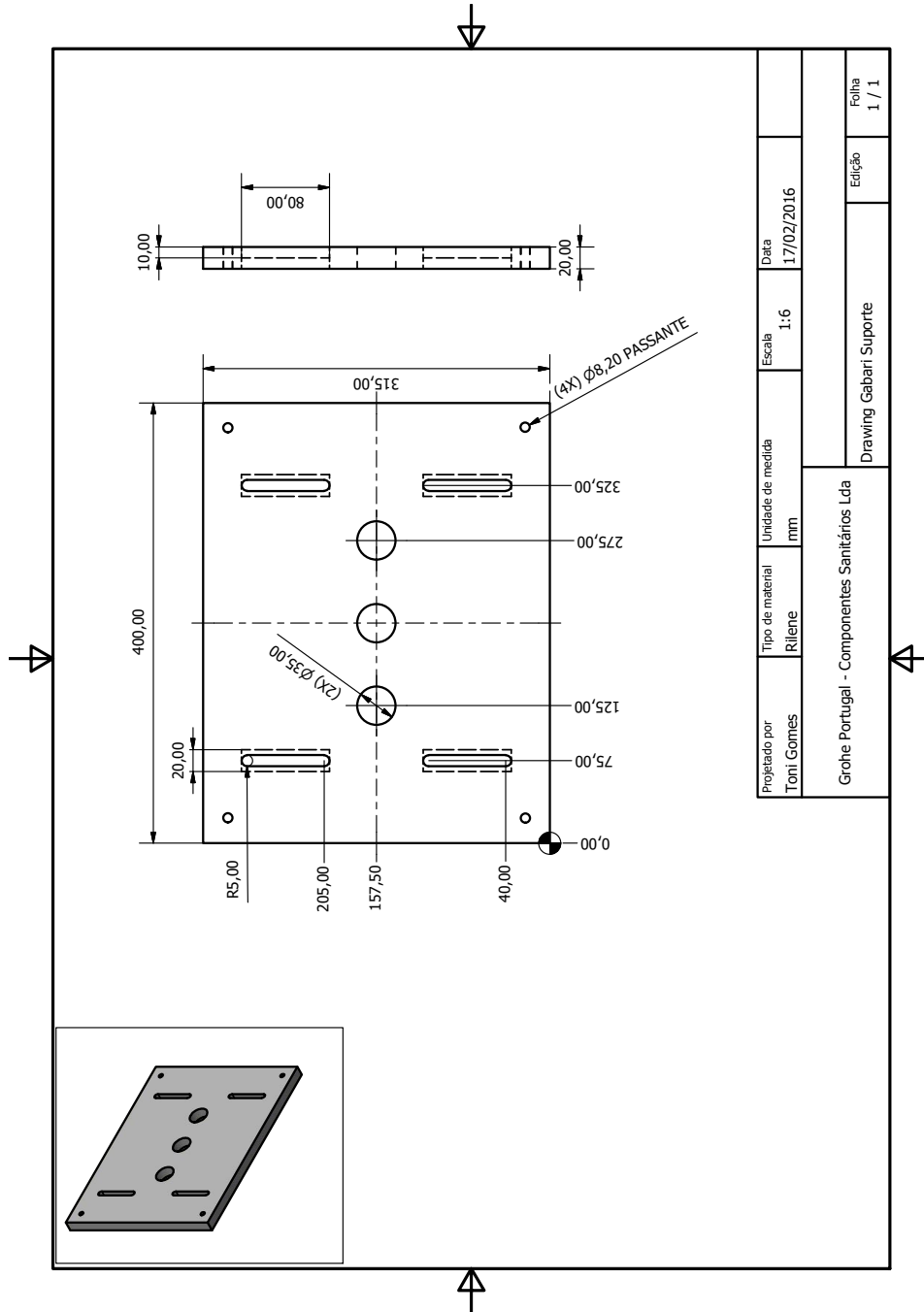
Tolerierung / Tolerances DIN 7167

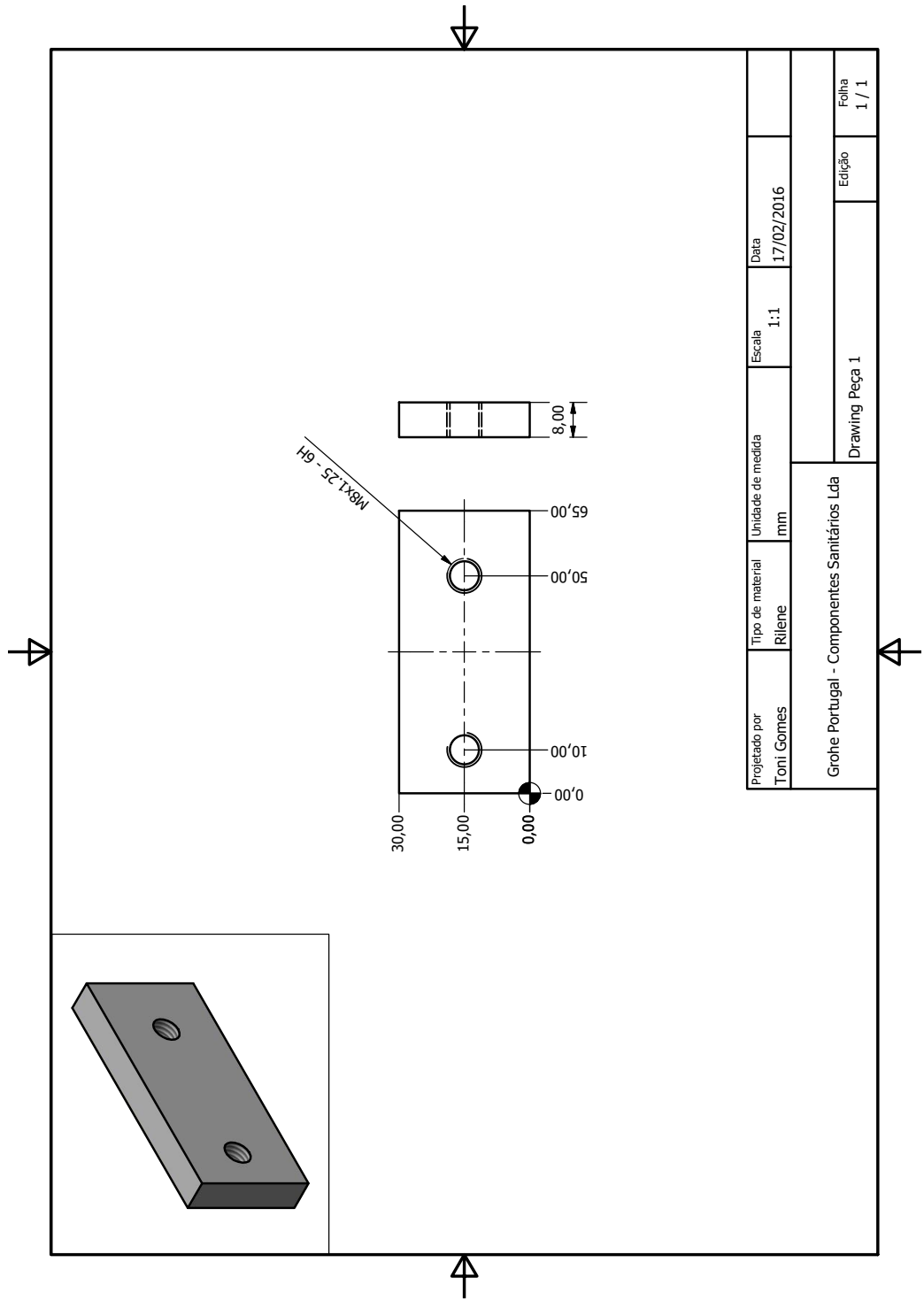
ÄM-Nr. / ECN		PF-Rev / Ver	/	Volume [cm ³]	Material: AlMg4.5Mn			
Index					DIN-Material No.:			
Anzahl / Quantity					5083			
Datum / Date								
Verstf. / Respons.								
Geprf. / Approval								
Normgr. / To standard								
Status		Grohe Portugal Componentes Sanitrios Lda Zona Industrial dos Azeiros Lote 14-15 Apartado 167 3850-200 Albergaria-e-Velha Portugal						
Maßstab / Scale	PILAR				Zeichnung Nr. / Drawing No.:			
Copyright reserved					894A6522			
Size: A4					Ersatz für / Replaces:			

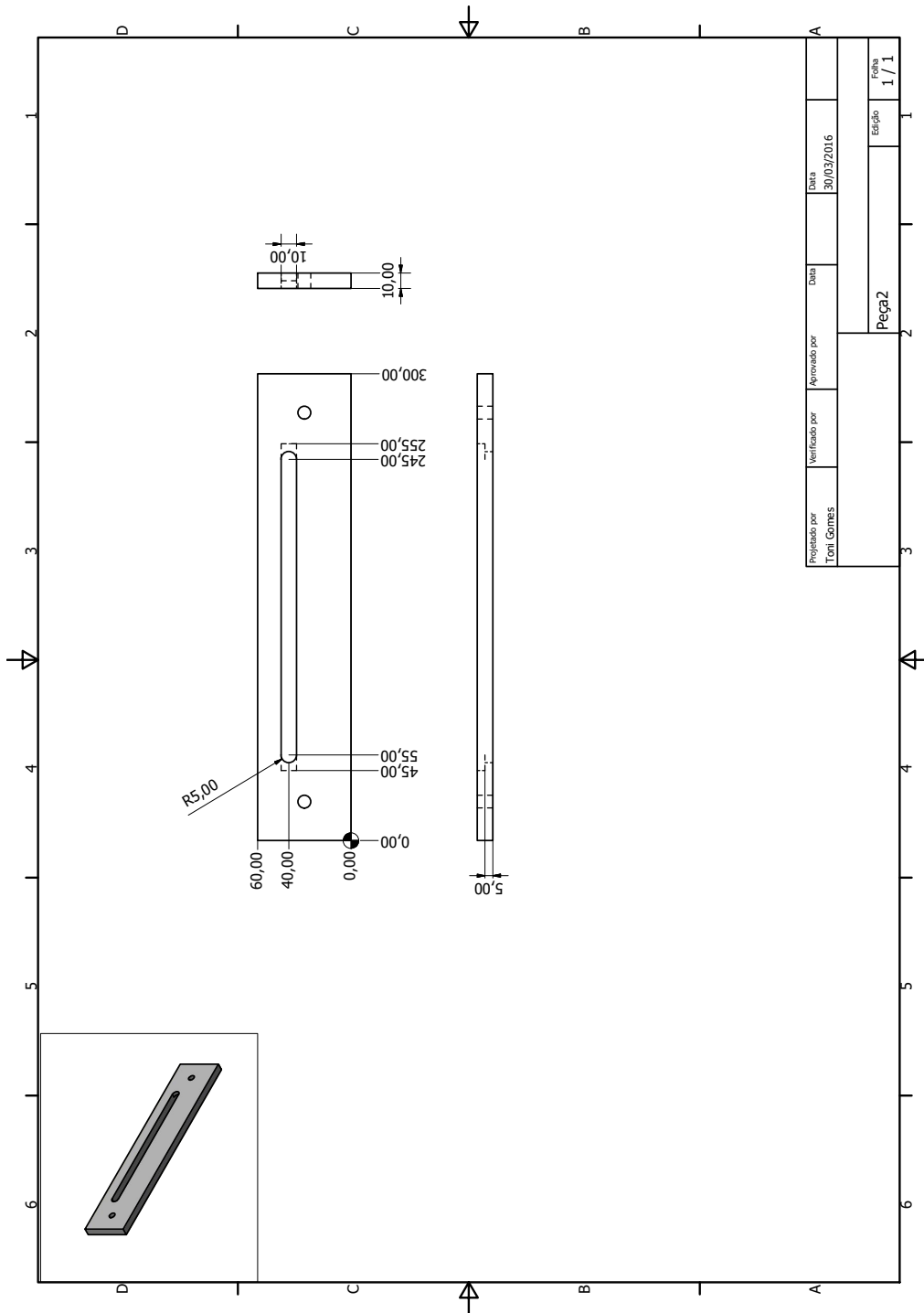


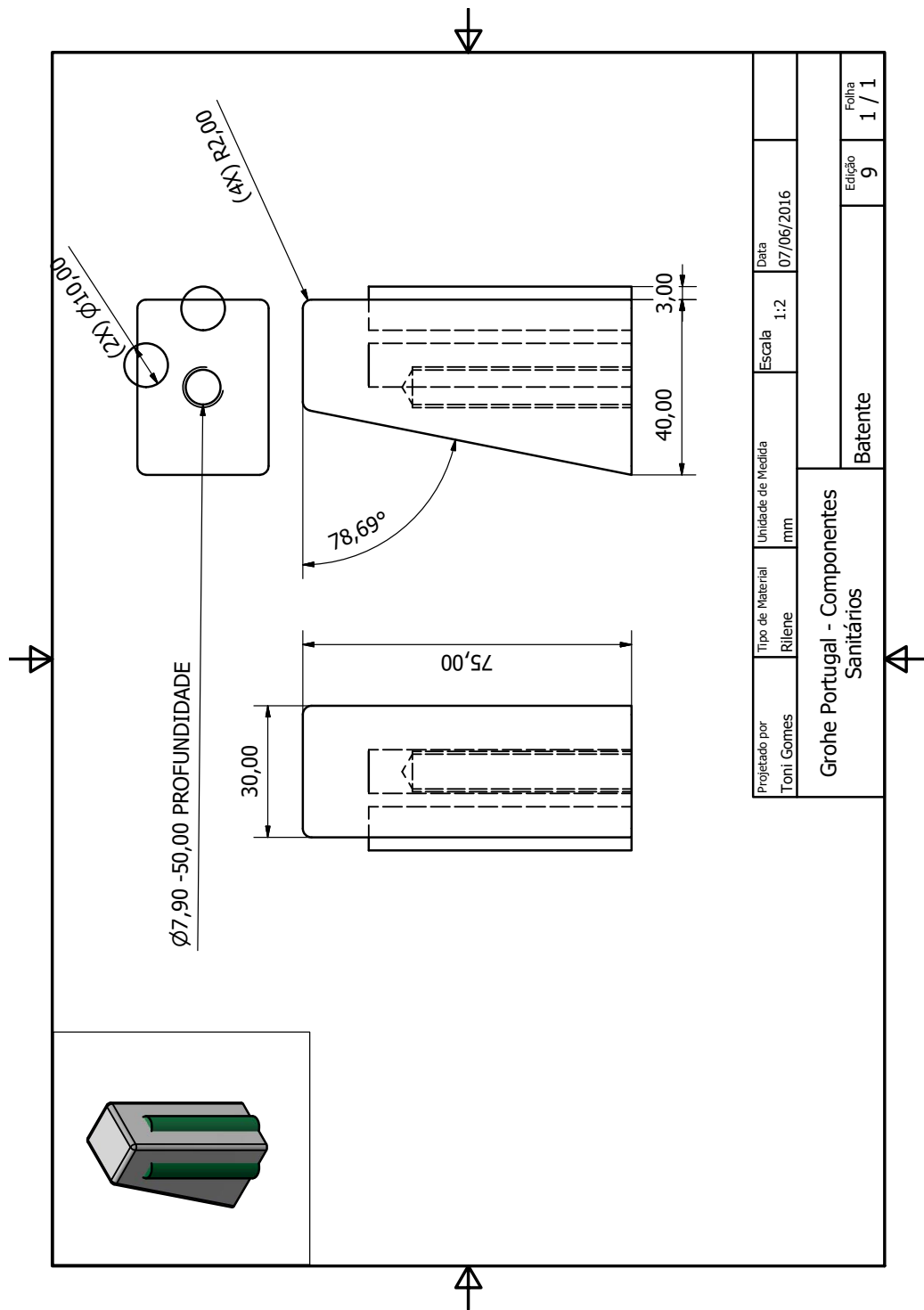
Esta página foi intencionalmente deixada em branco.

Anexo M. Desenho Técnico do Suporte de O-rings e Inserção do Inversor.

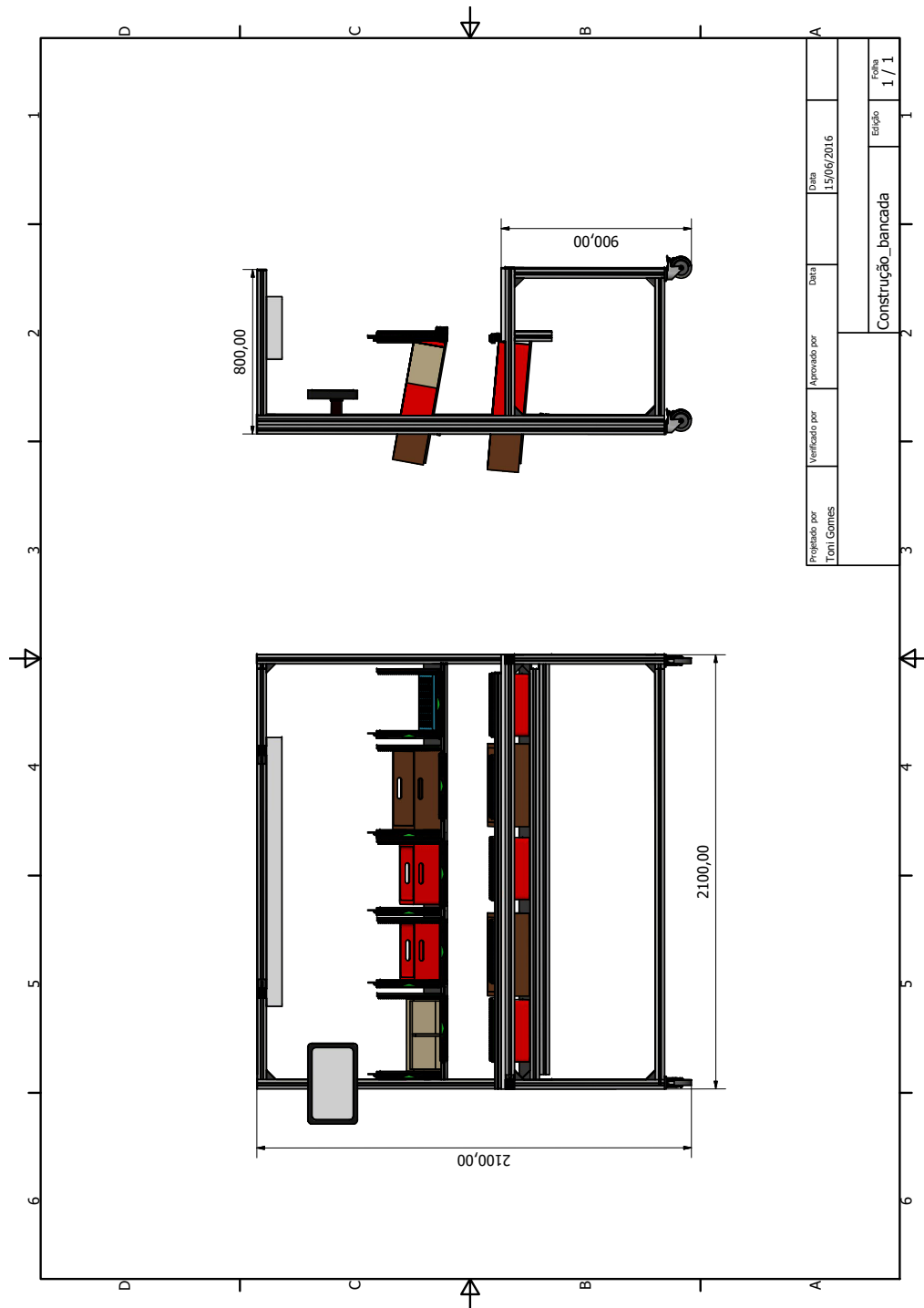






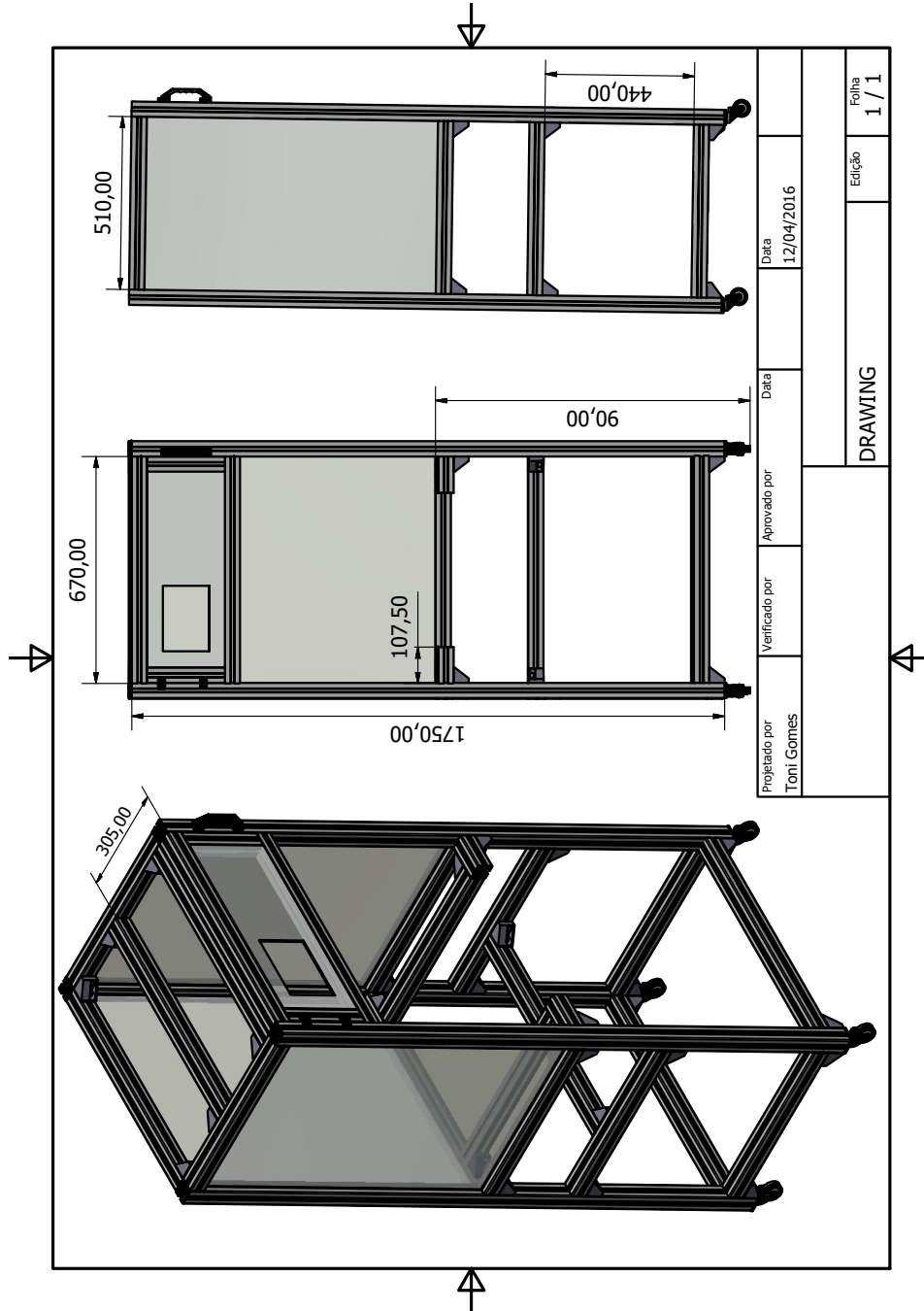


Anexo N. Dimensões da Bancada *Pick-on-Light*



Esta página foi intencionalmente deixada em branco.

Anexo O. Desenho Técnico da Bancada de Teste de Estanquidade



Esta página foi intencionalmente deixada em branco.

Anexo P. Lista de Material e Orçamento para a Bancada de Teste de Estanquidade

Nome	Marca	Referência	Qtd.	Preço
CPU 1214C	Siemens	6ES7214-1HG40-0XB0	1	368,48 €
SM1222 Digital OUT	Siemens	6ES7222-1HF32-0XB0	1	169,34 €
SM1222 Digital OUT	Siemens	6ES7222-1BF32-0XB0	1	106,40 €
PM1207 Power Supply	Siemens	6AG1332-1SH71	1	88,32 €
Switch CSM1277	Siemens	6GK7277-1AA10-0AA0	1	138,00 €
KTP 700 HMI	Siemens	6AV2123-2GB03-0AX0	1	440,00 €
Interruptor corte diferencial	Siemens	5SM3 612-0	1	68,90 €
Dijuntor 10A	Siemens	5SM3010-7	1	22,70 €
Dijuntor 16A	Siemens	5SY3016-7	1	22,70 €
Contactor	Siemens	3RT2015-1BB41	1	33,16 €
Relé de segurança	Siemens	3SK1122-1AB40	2	190,80 €
H-BE6 Tomada de entrada	EPIC	H-BE 6 BS AG	1	10,79 €
H-BE6 Conector de entrada	EPIC	H-BE 6 SS TG M20	1	10,81 €
H-BE16 Tomada de entrada	EPIC	H-BE 16 BS AG	1	13,79 €
H-BE16 Conector de entrada	EPIC	H-BE 16 SS TG M25	1	13,50 €
H-BE24 Tomada de entrada	EPIC	H-BE 24 BS AG	1	15,69 €
H-BE24 Conector de entrada	EPIC	H-BE 24 SS TG M25	1	15,61 €
H-A16 Tomada de entrada	EPIC	H-A 16 BS AG	1	12,53 €
H-A16 Conector de entrada	EPIC	H-A 16 BS AG M20	1	12,70 €
Conector Staubli M	Staubli	67544	1	244,19 €
Conector Staubli F	Staubli	67381	1	219,06 €
Cabeça botão de impulso	Schneider	ZB4BA3	3	6,00 €
Cabeça botão de impulso	Schneider	ZB4BA6	2	6,00 €
Botoneira vazia	Schneider	XALDO2	1	14,90 €
Botoneira vazia	Schneider	XALDO1	1	12,90 €
Botoneira de Emergência	Schneider	XALK178	1	34,00 €
Bloco de contacto	Schneider	ZEN-L1111	5	4,45 €
Quadro eléctrico				200,00 €
Calha PVC com rasgos	4Energy		4 m	10,00 €
Calha DIN	4Energy			50,00 €
Cabo eléctrico 0,75	4Energy			25,00 €
Cabo eléctrico 2,5	4Energy			25,00 €
Barreira de Segurança	DATALOGIC			886,99 €
Conector M12 (barreira)				30,80 €

Nome	Marca	Referência	Qtd.	Preço	
Relé de segurança (barreira)	PILZ			133,12 €	
Luminária (LED)				224,25 €	
Electroválvula (Teste)	Burkert	6013 125293	4	285,20 €	
Válvulas de controlo direcional	SMC			812,00 €	
Filtro/Regulador de pressão	SMC	LFR-3/8-D-MIDI	1	32,55 €	
Tubo pneumático	Festo	Tubo PUN-10-BL-50	50	86,50 €	
Perfil Alumínio 45x45	Makprofile		14855 mm	105,00 €	
Perfil Alumínio 45x90	Makprofile		4000 mm	61,39 €	
Esquadros 45x45	Makprofile		40	50,40 €	
Parafusos M8	Makprofile		80	24,00 €	
Porcas M8	Makprofile		80	7,20 €	
Roletes	Makprofile		4	50,84 €	
Pega da Porta	Makprofile		1	1,46 €	
Tampas 45x45	Makprofile		20	6,80 €	
Tampas 45x90	Makprofile		20	12,00 €	
Tampas de perfil	Makprofile		10 m	6,80 €	
PE-HD/E PLATE 10 MM 2050X1000 NATURAL	Poly Lanema, Lda		1	65,26 €	
Bloco tomada triplo	SCHUKO	48131	1	40,00 €	
Acrílico p/ lateral	Poly Lanema, Lda		2	44,76 €	
Acrílico p/ trás	Poly Lanema, Lda		1	96,78 €	
Acrílico p/ porta	Poly Lanema, Lda		1	11,50 €	
Acrílico p/ superior	Poly Lanema, Lda		1	25,19 €	
Fim de curso Porta				150,00 €	
Dobradiças	Makprofile			50,00 €	
Puxador Porta	Makprofile			25,00 €	
				5 931,51 €	Total
				7 431,51 €	Total estimado