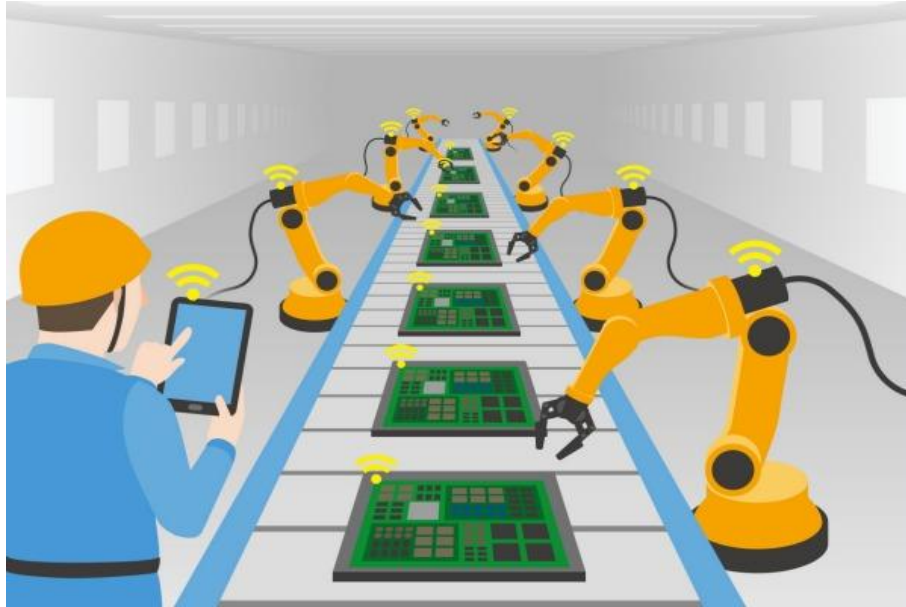




INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Departamento de Engenharia Mecânica

ISEL



Projeto de Sistema Electropneumático para o Ensino de Conceitos da Indústria 4.0

MIGUEL BRITO RIBEIRO MARTINS FRANCISCO
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Orientador:

Doutor Mário José Gonçalves Cavaco Mendes

Júri:

Presidente: Doutor Gonçalo Nuno de Oliveira Duarte

Vogais:

Doutor Pedro Jorge Borges Fontes Negrão Beirão

Doutor Mário José Gonçalves Cavaco Mendes

Dezembro de 2018



**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE
LISBOA**

Departamento de Engenharia Mecânica

ISEL

Projeto de Sistema Electropneumático para o Ensino de Conceitos da Indústria 4.0

MIGUEL BRITO RIBEIRO MARTINS FRANCISCO
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia
Mecânica

Orientador:

Doutor Mário José Gonçalves Cavaco Mendes

Júri:

Presidente: Doutor Gonçalo Nuno de Oliveira Duarte

Vogais:

Doutor Pedro Jorge Borges Fontes Negrão Beirão

Doutor Mário José Gonçalves Cavaco Mendes

Dezembro de 2018

Agradecimentos

Um projeto, seja ele de menores ou maiores dimensões, nunca é realizado sem o apoio e esforço de quem nos acompanha, como tal aproveito este pequeno espaço para agradecer a todas as pessoas e entidades envolvidas direta e indiretamente, com intuito de contribuir para o sucesso deste projeto.

Gostaria de agradecer ao meu orientador, Doutor Mário José Gonçalves Cavaco Mendes, por todo o apoio e empenho disponibilizado durante o período em que este projeto foi desenvolvido.

Gostaria de agradecer aos colegas e amigos que acompanharam esta nova etapa da minha vida e contribuíram com todo o seu conhecimento, apoio e esforço, em especial ao Hugo Santos, João Pereira, André Pereira e Ricardo Duarte, permitindo tornar esta jornada mais proveitosa.

Gostaria de agradecer à entidade *upK – Gestão de Facilities e Manutenção, SA* e a todos os constituintes da mesma por me terem acolhido e apoiado durante o início do desenvolvimento deste projeto, concedendo-me todo o tempo necessário para a sua execução com sucesso, enquanto realização de estágio profissional. Gostaria de deixar uma nota especial para o Gestor de Contracto Paulo Bento e orientador de estágio que me apoiou em todos os momentos profissionais e académicos permitindo alargar os meus conhecimentos e interesse na área de manutenção e engenharia mecânica, contribuindo assim para o sucesso deste projeto.

Gostaria de deixar um especial agradecimento ao meu irmão, Engenheiro Filipe Francisco, que disponibilizou todo o seu apoio, conhecimento e empenho com o intuito de garantir que este trabalho de projeto seguiria pelo melhor caminho e terminaria com o melhor sucesso.

Por último, deixou o meu agradecimento especial à minha família, pai, mãe, irmã, irmão e avô, por ao longo do percurso da minha vida académica terem concedido todo o seu suporte intelectual, físico e mental o qual devo tudo o que alcancei e pretendo alcançar no futuro.

Resumo

O aparecimento da 4ª revolução industrial (*indústria 4.0*) e da *internet das coisas* possibilitou encurtar a distância entre o consumidor e a indústria do produto com a introdução de novos processos. Desta forma, torna-se importante compreender os conceitos que envolvem o aparecimento e funcionamento da *indústria 4.0*, bem como a ligação de todos os equipamentos a uma rede onde é possível o acesso a qualquer pessoa autorizada.

No âmbito desta temática, este trabalho final de Mestrado propôs o projeto de um sistema laboratorial electropneumático para apoio ao ensino dos conceitos da *indústria 4.0*, nos cursos de Licenciatura e Mestrado em Engenharia Mecânica, do *Instituto Superior de Engenharia de Lisboa*. Desta forma, foram abordados alguns conceitos da 4ª revolução industrial e conteúdos associados, nomeadamente, a simulação e automação de processos, a *prototipagem rápida* e fabrico por *impressão 3D*, a *internet industrial das coisas*, *comunicação entre máquinas* e a *supervisão digital* dos processos.

Para a construção do sistema laboratorial foi idealizado um processo electropneumático industrial típico (à escala), para o qual se desenvolveram por modelação 3D (em *SOLIDWORKS*®) alguns dos constituintes de suporte do mesmo, bem como a seleção de equipamentos necessários ao desenvolvimento e correto funcionamento do processo. Na aplicação do processo de automação foi definida a plataforma de comando do controlador lógico programável, tipo de linguagem de programação e criação do código de controlo do processo. Para aplicação do sistema de controlo e supervisão digital foi definida uma página web, a sua linguagem de programação e o código de controlo.

Este projeto foi sujeito à simulação e teste de todos os parâmetros finais do sistema ao nível do controlo, supervisão e à luz dos objetivos traçados, no qual se verificou obtenção de um sistema electropneumático capaz, num âmbito académico, de dar a conhecer da *indústria 4.0*.

Palavras chave: Electropneumática; Controlador lógico programável; Sistema de supervisão web; Indústria 4.0; Tecnologia de impressão 3D; Internet industrial das coisas.

Abstract

The emergence of the 4th industrial revolution (*industry 4.0*) and the *internet of things* makes it possible to shorten the distance between the consumer and the product industry with the introduction of new processes. In this way, it is important to understand the concepts that involve the emergence and operation of the *industry 4.0*, as well as the connection of all the equipment to a network where it can be given access to any authorized person.

In the context of this theme, this final master's work proposed the project of an electro-pneumatic laboratory system for support to the teaching of the concepts of *industry 4.0*, in the degrees of Bachelor and Master's in Mechanical Engineering, of the *Instituto Superior de Engenharia de Lisboa*. In this way, some concepts of the 4th Industrial Revolution and associated content, namely the simulation and automation of processes, *rapid prototyping* and manufacturing by *3d printing*, the *industrial internet of things*, *machine to machine communication* and *digital supervision* of the processes were addressed in this work.

For the construction of the laboratory system was devised a typical industrial electro process (on the scale), for which some of the constituents of support were developed by 3d modeling (in *SOLIDWORKS*®), as well as the selection of equipment necessary for the development and correct operation of the process. In the application of the automation process the command platform of the programmable logic controller, type of programming language and creation of the process control code was defined. For the application of the digital control and supervision system a web page, the programming language and the control code were defined.

This project was subjected to the simulation and testing of all the final parameters of the system at the level of the control, supervision and in the light of the objectives mapped, in which it was found an electro-pneumatic system capable, in an academic context, to make known a little of the *4.0 industry*.

Keywords: Electro-pneumatic; Programmable logic controller; Web supervision system; Industry 4.0; 3D printing technology; Industrial internet of things.

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract.....	iv
Índice de Figuras	ix
Índice de Tabelas	xvi
Lista de Acrónimos.....	xviii
1. Introdução.....	1
1.1. Motivação	3
1.2. Objetivos do Projeto	3
1.3. Estrutura do documento	4
2. Estado da Arte	5
2.1. Indústria 4.0	5
2.2. Internet das coisas e a Internet Industrial das Coisas (IIoT).....	9
2.3. Comunicação Máquina – Máquina	12
2.4. Impressão 3D	13
2.5. Indústria 4.0 nos laboratórios.....	15
2.5.1. Exemplos de laboratórios aplicados	16
3. Projeto do Protótipo Laboratorial.....	18
3.1. Cilindros electropneumáticos e suportes	23
3.2. Embalagens	24
3.3. Guias de trajeto	25
3.4. Base de rolos	25
3.5. Separador do sistema	26
3.6. Suporte do PLC.....	27
3.7. Auxiliar de inserção da embalagem.....	28
3.8. Auxiliar de colocação do produto	28

3.9.	Auxiliar de bloqueio da embalagem	29
3.10.	Auxiliar de bloqueio do cilindro electropneumático.....	29
3.11.	Apoio do protótipo base laboratorial.....	30
3.12.	Controlador lógico programável e acessórios	32
3.12.1.	Configuração com recurso a conectores em “U”	34
3.12.2.	Unidade de processamento central (CPU)	34
3.12.3.	Módulos de entrada digitais	35
3.12.4.	Módulos de saída digitais	35
3.12.5.	Módulo de fonte de alimentação.....	36
3.12.6.	Calha de montagem do Controlador lógico programável.....	36
3.12.7.	Montagem e instalação do controlador lógico programável.....	37
3.13.	Electroválvulas	38
3.14.	Bobinas.....	38
3.15.	Conectores	39
3.16.	Sensores.....	40
3.17.	Válvulas de controlo de velocidade	40
3.18.	Projeto de impressão 3D	43
3.18.1.	Processos e tecnologias de impressão 3D.....	43
3.18.2.	Extrusão de material	43
3.18.3.	Projeto de impressão 3D	44
3.19.	Análise de esforços mecânicos.....	46
3.20.	Modelo base laboratorial	54
4.	Programação do controlador lógico	56
4.1.	Linguagens de Programação	57
4.1.1.	Texto estruturado (ST).....	57
4.1.2.	Diagrama de Blocos de Funcionais (FBD).....	58
4.1.3.	Diagrama de contactos (LD)	59
4.1.4.	Lista de Instruções (IL).....	61
4.1.5.	Gráfico de Função Sequencial (SFC)	62
4.2.	Estrutura do Programa	64
4.3.	TIA Portal V13	64
4.4.	Definição do projeto de comando	66

4.5.	Metodologia de controlo	72
4.6.	Seleção da linguagem de programação.....	73
4.7.	Criação do programa de controlo.....	74
4.7.1.	Definição das variáveis.....	74
4.7.2.	Definição do código de controlo	77
4.7.3.	Compilação e carregamento do programa	85
5.	Sistema de supervisão via internet	88
5.1.	Endereços de IP	88
5.2.	Interface homem máquina.....	90
5.3.	Projeto de uma página web	92
5.4.	HTML	94
5.4.1.	Estrutura de um documento HTML.....	95
5.4.2.	Estrutura de construção	96
5.5.	CSS	99
5.5.1.	Propriedades de Cascata	99
5.5.2.	Seletor.....	100
5.5.3.	Propriedades	100
5.5.4.	Valores.....	100
5.5.5.	Sintaxe geral CSS	101
5.6.	Seleção da linguagem de programação web	101
5.7.	Criação da página web	102
5.7.1.	Elemento <!DOCTYPE html>	102
5.7.2.	Elemento <HTML>	103
5.7.3.	Elemento <HEAD>	104
5.7.4.	Elemento <BODY>	105
5.8.	Ligação da plataforma web ao PLC.....	114
6.	Resultados e análise	118
6.1.	Resultados e análise do modelo laboratorial.....	118
6.1.1.	Colocação da embalagem no local de receção do produto.....	118
6.1.2.	Colocação do produto no interior da embalagem.....	118
6.1.3.	Fecho das abas laterais da embalagem	119

6.2.	Resultados e análise da página web	119
6.2.1.	Controlo de supervisão de variáveis	120
6.2.2.	Acessibilidade.....	120
6.2.3.	Interação com o utilizador	121
6.3.	Análise de resultados	121
6.3.1.	Modelo laboratorial	121
6.3.2.	Página web.....	122
7.	Conclusão e trabalhos futuros	123
	Referências	126
	Anexos.....	132
	Anexo A: Esquema do circuito elétrico do controlador lógico programável	133
	Anexo B: Código de programação LAD e tabelas de Tags	135
	Anexo C: Código HTML.....	153
	Anexo D: Código CSS	181
	Anexo E: Electroválvula.....	189
	Anexo F: Bobinas e Conectores.....	197
	Anexo G: Sensores.....	205
	Anexo H: Instalação do PLC S7-1500.....	208

Índice de Figuras

Figura 1.1 - Três revoluções industriais ocorridas até finais do século 20 [2].	1
Figura 1.2 - Velocidade de mudança e crescimento com a introdução de novas tecnologias [2].	2
Figura 2.1 - Características inerentes à entrada da 4ª Revolução industrial [2].	5
Figura 2.2 - Desenvolvimento do conceito de Sistemas de Produção Ciber-Físicos, CPPS [4].	6
Figura 2.3 - Quatro modelos que, no âmbito da indústria 4.0, permitem explorar novas oportunidades [5].	7
Figura 2.4 - Evolução dos custos da produção tradicional em comparação com a tecnologia de impressão 3D desde uma unidade até à produção em massa [2].	8
Figura 2.5 - Principais benefícios da IIoT de acordo com a investigação realizada por Morgan Stanley e a Automation World Magazine em 2015 [11].	10
Figura 2.6 - Tecnologia de Impressão 3D [15].	14
Figura 2.7 - Sistema de supervisão criado neste projeto, para atualização do laboratório remoto [18].	17
Figura 3.1 - Esboço idealizado para o protótipo do processo de empacotamento (nas condições iniciais).	19
Figura 3.2 – 1ª fase do processo de empacotamento enunciada anteriormente.	20
Figura 3.3 – 2ª fase do processo de empacotamento enunciada anteriormente.	20
Figura 3.4 – Primeira parte da 3ª fase do processo de empacotamento enunciada anteriormente.	21
Figura 3.5 - Segunda parte da 3ª fase do processo de empacotamento enunciada anteriormente.	22
Figura 3.6 - Terceira parte da 3ª fase do processo de empacotamento enunciada anteriormente.	22
Figura 3.7 – a) Cilindro electropneumático para uso no modelo base laboratorial na posição de maior curso; b) Posicionamento dos suportes dos cilindros electropneumáticos.	23

Figura 3.8 – a) Suporte dos cilindros electropneumáticos projetado em Solidworks®; b) Modelo 3D do suporte dos cilindros electropneumáticos após montagem e impressão.	24
Figura 3.9 - a) Guias das embalagens projetadas em Solidworks®; b) Modelo 3D das guias das embalagens após montagem e impressão.....	25
Figura 3.10 – a) "Base rolante 1" realizado com auxílio ao software Solidworks®; b) Modelo 3D da “Base rolante 2” após montagem e impressão.	26
Figura 3.11 – a) "Separador do sistema" realizado com auxílio ao software Solidworks®; b) Modelo 3D da “Separador do sistema” após montagem e impressão.....	27
Figura 3.12 – a) "Suporte do PLC" realizado com auxílio ao software Solidworks®; b) Modelo 3D da “Suporte do PLC” após montagem e impressão.....	27
Figura 3.13 - a) "Peça de inserção da embalagem" realizado com auxílio ao software Solidworks®; b) Modelo 3D da “Peça de inserção da embalagem” após montagem e impressão.....	28
Figura 3.14 - a) "Peça de inserção do produto" realizado com auxílio ao software Solidworks®; b) Modelo 3D da “Peça de inserção do produto” após montagem e impressão.....	28
Figura 3.15 - a) "Peça de bloqueio da embalagem" realizado com auxílio ao software Solidworks®; b) Modelo 3D da “Peça de bloqueio da embalagem” após montagem e impressão.....	29
Figura 3.16 - a) "Peça de bloqueio rotacional" realizado com auxílio ao software Solidworks®; b) Modelo 3D da “Peça de bloqueio rotacional” após montagem e impressão.....	30
Figura 3.17 - Estrutura molecular do polietileno de alta densidade [22].	31
Figura 3.18 - Controlador lógico programável (PLC) modelo S7-1500 [26].....	33
Figura 3.19 - Conector de comunicação entre módulos em "U" [29].	34
Figura 3.20 - CPU 1516-3 PN/PD fornecido pela entidade Siemens [31].	34
Figura 3.21 - Dimensões em milímetros da calha de montagem considerada (6ES7590-1AE80-0AA0) fornecida pela entidade Siemens [26].	37
Figura 3.22 - Electroválvula mono-estável de 5/2 disponibilizada pela entidade Metal Work.	38
Figura 3.23 - Bobina 22 Ø 8 BA 2W-24VDC disponibilizada pela entidade Metal Work.	39
Figura 3.24 - Conector disponibilizado pela entidade Metal Work.	39

Figura 3.25 - Sensor de fim de curso REED com inserção vertical de 300 mm M8, disponibilizado pela entidade Metal Work.....	40
Figura 3.26 - Válvulas de controlo de pressão utilizadas no modelo base laboratorial.	41
Figura 3.27 - Esquema do circuito electropneumático deste projeto de acordo com a norma DIN ISO 1219, PneuDraw®	42
Figura 3.28 - Esquema do método de impressão 3D de extrusão de material [38].	44
Figura 3.29 - Equipamento de impressão 3D desenvolvido pela entidade BeeVeryCreative, para impressão dos componentes 3D [41].	45
Figura 3.30 - Suporte dos cilindros electropneumáticos modelado por meio do programa Solidworks®	48
Figura 3.31 - Detalhe da aplicação da pressão exercida no suporte dos cilindros electropneumáticos por meio do software Solidworks®	49
Figura 3.32 - Detalhe da aplicação das condições fronteira no suporte dos cilindros electropneumáticos por meio do software Solidworks®	49
Figura 3.33 - Detalhe da malha criada para a simulação dos esforços estáticos aplicados no suporte dos cilindros electropneumáticos por meio do software Solidworks®	50
Figura 3.34 - Detalhe gráfico da tensão de Von Mises ao longo do componente em causa após simulação com Solidworks Simulation.	51
Figura 3.35 - Detalhe gráfico do deslocamento ao longo do componente em causa após simulação com Solidworks Simulation.	52
Figura 3.36 - Detalhe gráfico do fator de segurança ao longo do componente em causa após simulação com Solidworks Simulation.	53
Figura 3.37 - Modelação 3D do modelo base laboratorial criado em Solidworks®	54
Figura 3.38 – Modelo base laboratorial real após montagem de todos os constituintes.	55
Figura 4.1 - Exemplo da linguagem de programação, Texto Estruturado (ST), desenvolvido no programa TIA Portal, Siemens [46].	58
Figura 4.2 - Exemplo do código obtido na linguagem de programação de Diagrama de Blocos de Função [45].	59
Figura 4.3 - Exemplo do código obtido na linguagem de programação de Diagrama de Escadas através do programa TIA Portal, disponibilizado pela entidade Siemens [47].	60
Figura 4.4 - Exemplo do código obtido na linguagem de programação de Lista de Instruções através do programa TIA Portal, disponibilizado pela entidade Siemens [48].	62

Figura 4.5 - Representação do funcionamento da linguagem de programação SFC [45].	63
Figura 4.6 - Exemplo do código obtido na linguagem de programação de Gráfico de Função Sequencial através do programa TIA Portal, disponibilizado pela entidade Siemens [49]......	63
Figura 4.7 - Elementos de configuração e estrutura geral de programação de acordo com a norma IEC 61131-3 [45]......	64
Figura 4.8 - Escala do produto STEP 7 e WinCC no programa TIA Portal no âmbito do desempenho do mesmo [52]......	66
Figura 4.9 – Menu de criação do projeto de automação disponibilizado pelo programa TIA Portal.....	67
Figura 4.10 – Representação do menu de catálogo de dispositivos associados ao controlador disponibilizado pelo programa TIA Portal.....	68
Figura 4.11 - Seleção do endereço de IP a considerar para a comunicação entre o dispositivo de comando e o controlador lógico programável.....	69
Figura 4.12 - Seleção das propriedades da rede de Ethernet do dispositivo, sistema operativo Windows 10.....	70
Figura 4.13 - Definição do endereço de IPv4 a atribuir ao dispositivo, sistema operativo Windows 10.....	70
Figura 4.14 - Detecção da configuração dos dispositivos associados ao controlador lógico programável S7-1516-3 PN/DP.....	71
Figura 4.15 – Detecção do controlador lógico programável por meio de interface PROFINET.....	72
Figura 4.16 - Tabela de imagens e Símbolos/tags no programa TIA Portal [Anexo B].	77
Figura 4.17 - Representação da função de um bloco organizacional na estrutura de funcionamento do programa de controlo de automação, TIA Portal [50]......	77
Figura 4.18 - Rede de trabalho 2 de seleção do modo automático do sistema [Anexo B].	78
Figura 4.19 - Rede de trabalho 3 de seleção do modo manual do sistema [Anexo B]...	79
Figura 4.20 - Código de controlo do avanço e recuo do cilindro electropneumático "A", por meio do programa TIA Portal [Anexo B].	80
Figura 4.21 - Código de controlo do avanço e recuo do cilindro electropneumático "B", por meio do programa TIA Portal [Anexo B].	81

Figura 4.22 - Código de controlo do avanço e recuo do cilindro electropneumático "C", por meio do programa TIA Portal [Anexo B].	82
Figura 4.23 - Código de contagem do número de embalagens que passam pelo sistema, por meio do programa TIA Portal [Anexo B].	83
Figura 4.24 - Código de controlo do avanço e recuo do cilindro electropneumático "A" de forma manual, por meio do programa TIA Portal [Anexo B].	84
Figura 4.25 - Código de controlo do avanço e recuo do cilindro electropneumático "B" de forma manual, por meio do programa TIA Portal [Anexo B].	84
Figura 4.26 - Código de controlo do avanço e recuo do cilindro electropneumático "C" de forma manual, por meio do programa TIA Portal [Anexo B].	85
Figura 4.27 - Compilação dos dados desenvolvidos na plataforma TIA Portal.	86
Figura 4.28 – Carregamento dos dados desenvolvidos na plataforma TIA Portal, para o controlador lógico programável.....	87
Figura 5.1 - Camadas definidas pelo modelo OSI [54].	89
Figura 5.2 – Pacotes representativo das versões de endereços de Protocolo da Internet 4 e 6, IPv4 e IPv6 [55].	90
Figura 5.3 - Esquema da arquitetura de redes de comunicação para a supervisão do sistema de empacotamento	91
Figura 5.4 - Representação da estrutura de código essencial da linguagem de programação HTML [59].	96
Figura 5.5 - Resultado do programa [59].	96
Figura 5.6 - Representação da forma estrutural de construção de uma página web na linguagem de programação de HTML [61].	97
Figura 5.7 - Representação das propriedades de cascata através de linguagem de programação CSS [62].	100
Figura 5.8 - Representação dos valores no seletor para um parágrafo através de linguagem de programação CSS [59].	101
Figura 5.9 - Representação da sintaxe geral da linguagem de programação CSS [59].	101
Figura 5.10 - Secção <!Doctype html> utilizada no código de programação da página web de projeto [Anexo C].	103
Figura 5.11 - Comandos considerados consoante as variáveis necessárias na secção <html> [Anexo C].	104

Figura 5.12 - Informações referentes ao funcionamento da página web representadas na secção de comando <head> [Anexo C].	105
Figura 5.13 - Código de programação do cabeçalho da página [Anexo C].	105
Figura 5.14 - Resultado do código de programação do cabeçalho da página web [Anexo C].	106
Figura 5.15 - Código do elemento de navegação entre páginas [Anexo C].	107
Figura 5.16 - Resultado do código de programação da barra de navegação da página web [Anexo C].	107
Figura 5.17 - Secção inicial vertical informativa dos componentes de controlo do sistema da página de modo automático [Anexo C].	108
Figura 5.18 - Código de programação da seleção do modo automático do sistema [Anexo C].	109
Figura 5.19 - Código de programação da seleção do modo manual do sistema [Anexo C].	109
Figura 5.20 - Código de programação da seleção do modo manual do sistema [Anexo C].	110
Figura 5.21 - Código de programação da tabela de monitorização do estado das variáveis na página web [Anexo C].	110
Figura 5.22 - Tabela de monitorização do estado das variáveis [Anexo C].	111
Figura 5.23 - Código de programação dos botões de comando manual do cilindro electropneumático A na página web [Anexo C].	111
Figura 5.24 - Comando manual dos cilindros electropneumáticos na página web [Anexo C].	112
Figura 5.25 - Código de programação do rodapé considerado para a página web [Anexo C].	113
Figura 5.26 - Rodapé desenvolvido para a página web do projeto [Anexo C].	113
Figura 5.27 - Interface de supervisão por meio da página web implementada.	114
Figura 5.28 - Ativação do servidor web através do programa TIA Portal.	115
Figura 5.29 - Gestor de utilizador e da proteção considerada.	115
Figura 5.30 - Comando de ligação do programa de automação ao servidor web criado.	116
Figura 5.31 - Painel de geração dos blocos de comunicação da página web com o servidor do PLC.	116

Figura 5.32 - Blocos do servidor web criados na extração dos ficheiros da página web.
..... 117

Figura 5.33 - Bloco de dados que contém as variáveis a comunicar com a página web.
..... 117

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Algumas barreiras introduzidas pela entrada da IoT [9].	11
Tabela 3.1 - Dimensões das embalagens selecionadas para o modelo laboratorial.	24
Tabela 3.2 - Propriedades mecânicas do material Polietileno de alta densidade (HDPE) [24].	31
Tabela 3.3 - Dimensões da base do modelo laboratorial em polietileno de alta densidade.	32
Tabela 3.4 - Unidade de processamento central 1516-3 PN/DP da Siemens [26].	35
Tabela 3.5 - Propriedades essenciais do módulo de entradas digitais DI 32x24VDC HF fornecido pela entidade Siemens [26],[32].	35
Tabela 3.6 - Propriedades essenciais do módulo de saídas digitais DQ 32x24VDC/0.5A HF fornecido pela entidade Siemens [33].	36
Tabela 3.7 - Propriedades essenciais do módulo de fonte de alimentação PM 190W 120/230 VAC fornecido pela entidade Siemens [26].	36
Tabela 3.8 - Dimensões da calha de montagem do controlador lógico programável S7-1516-3 PN/DP implementado.	37
Tabela 3.9 - Especificações do equipamento de impressão 3D disponibilizado para a impressão dos componentes necessários, BeeTheFirst [42].	45
Tabela 3.10 - Detalhes da malha criada para simulação dos esforços estáticos, por meio do Solidworks Simulation.	50
Tabela 3.11 - Comparação entre a Tensão de Von Mises obtida em simulação com a Tensão de cedência do material.	51
Tabela 3.12 - Comparação entre o deslocamento obtido na simulação e o deslocamento máximo definido.	52
Tabela 3.13 - Comparação entre o fator de segurança obtido na simulação e o fator de segurança mínimo definido.	53
Tabela 4.1 - Códigos mnemónicos da linguagem de programação Lista de Instruções [44].	61
Tabela 4.2 - Dispositivos usados como variáveis de entrada para o PLC.	74
Tabela 4.3 - Dispositivos usados como variáveis de saída para o PLC.	75

Tabela 4.4 - Imagens e símbolos (TAG's) das variáveis de entrada usadas na programação [Anexo B].	75
Tabela 4.5 - Imagens e símbolos (TAG's) das variáveis de saída usadas na programação [Anexo B].	76
Tabela 4.6 - Imagens e símbolos (TAG's) das variáveis auxiliares usadas na programação [Anexo B].	76

Lista de Acrónimos

IoT	Internet of things (Internet das coisas)
IIoT	Industrial Internet of things (Internet industrial das coisas)
PLC	Programmable logic controller (Controlador lógico programável)
CPPS	Cyber-Physical Production Systems (Sistemas de produção ciber físicos)
M2M	Machine to machine communication (Comunicação máquina-máquina)
ELLI	Excellent Teaching and Learning in Engineering Science (Ensino excelente e aprendizagem na ciência da engenharia)
PLA	Polilactic acid (Ácido polilático)
MDF	Medium density fibers (Fibras de média densidade)
HDPE	Hight density polyethyelene (Polietileno de alta densidade)
CPU	Central processing unit (Unidade de processamento central)
PID	Proportional-integral-derivative (Proporcional, integral, derivativo)
DI	Digital input (Entrada digital)
DO	Digital output (Saída digital)
PM	Power module (Módulo de potência)
SLA	Stereolithography (Estereolitografia)
SLS	Selective laser sintering (Sinterização seletiva a laser)
FDM	Fused deposition modeling (Modelagem por deposição fundida)
BPM	Ballistic Particle Manufacturing (Fabrico de partículas balísticas)
LOM	Laminated object manufacturing (Fabrico de objetos laminados)
SGC	Solid ground curing (Cura de solo maciço)

3DP	Dimension printing (Impressão em 3 dimensões)
ASTM	American society for testing and material (Sociedade Americana para testes e materiais)
IEC	Internacional Electrotechnical Commission (Comissão internacional de electrotécnia)
ST	Structured text (Texto estruturado)
FBD	Function block diagram (Diagrama de função de blocos)
LAD	Ladder diagram (Diagrama de contactos)
IL	Instruction list (Lista de instruções)
SFC	Sequential function chart (Gráfico de função sequencial)
TIA Portal	Totally Integrated Automation Portal (Portal de automação totalmente integrado)
OB	Organizational block (Bloco organizacional)
OSI	Open systems interconnection (Interconexão de sistemas abertos)
IP	Internet protocol (Protocolo de internet)
HTML	HyperText markup language (Linguagem de marcação de hipertexto)
CSS	Cascading style sheets (Folhas de estilo cascata)
HMI	Human-machine interface (Interface Homem-Máquina)

1. Introdução

Ao longo dos últimos anos temos vindo a observar e a verificar um aumento exponencial das tecnologias à nossa volta. Desde os aparelhos de comunicação que se tornaram cada dia mais pequenos, com maior capacidade de processamento e armazenamento até às impressoras que deixaram de simplesmente imprimir objetos em 2D para algo tangível e com volume, como um objeto em três dimensões.

Agregado a um grande crescimento de uma sociedade, tanto a nível económico como a nível tecnológico existe sempre uma mudança acelerada a nível da produção, do capital ou da quantidade de mão de obra disponível nessa mesma sociedade. Mais recentemente, o desenvolvimento ao nível da produção tem vindo a alcançar a liderança no que diz respeito ao desenvolvimento das sociedades, principalmente as mais desenvolvidas. Podemos verificar este fenómeno simplesmente se considerarmos as três grandes revoluções existentes até ao momento [1].

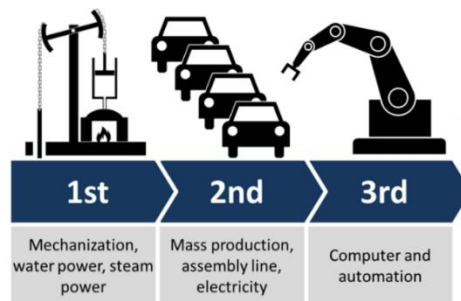


Figura 1.1 - Três revoluções industriais ocorridas até finais do século 20 [2].

Na primeira revolução industrial, no final do século 18 (1784), foram introduzidas as primeiras instalações de produção mecânicas alimentadas pela força da água e por motores a vapor. Na segunda revolução, no final do século 19 (1870), foi apresentada a primeira linha de produção em massa por *Henry Ford* com ajuda de energia elétrica. Na terceira revolução industrial, no final do século 20, foi introduzido o primeiro sistema de controlo lógico programável que permitiu, através da aplicação de sistemas eletrónicos, tornar a automação uma parte essencial dos métodos de produção [2].

No desenvolvimento da nossa sociedade, com o abrandar dos efeitos das últimas três revoluções, foi possível observar o aparecimento e desenvolvimento de novas tecnologias. A introdução das impressoras 3D, utilizando um conjunto diversificado de materiais nas mais variadas áreas, de robots inteligentes, drones autónomos, a utilização da inteligência artificial. Todas estas tecnologias têm vindo a ser gradualmente introduzidas, no entanto, serviram apenas com base de crescimento ao nível dos media, da prestação de serviços e ao nível do entretenimento [1].

Devido à necessidade de crescimento económico e tecnológico, de forma sustentável e eficiente, a sociedade deparou-se novamente com um período de grande mudança. A necessidade juntar os conhecimentos obtidos na área de automação com novas tecnologias inteligentes disponíveis no mercado. Esta nova mudança foi denominada de *4ª Revolução Industrial* ou *Indústria 4.0* [2].

Através da *indústria 4.0* e introdução da *internet das coisas* ou *internet das coisas a nível industrial* (IIoT), perspectiva-se a criação uma rede de serviços, informação e de pessoas que permitirá transformar o futuro da indústria de produção. Para isso aplicam-se sistemas de produção inteligentes, que criam redes de valor global entre parceiros de negócio e clientes, acompanhando o produto ao longo de toda a sua vida útil e acelerando todo este processo com a utilização de novas tecnologias [2].

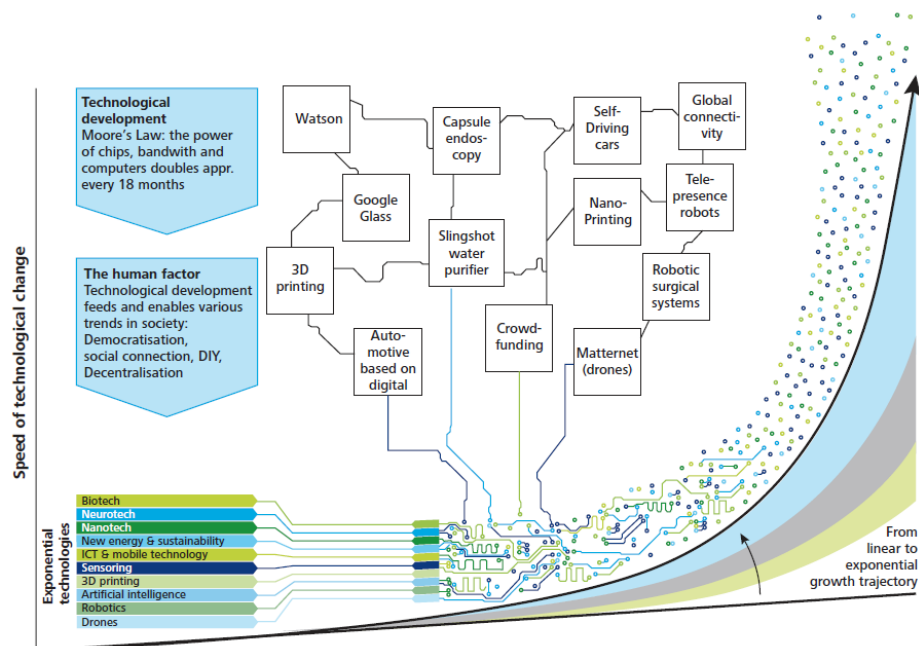


Figura 1.2 - Velocidade de mudança e crescimento com a introdução de novas tecnologias [2].

1.1. Motivação

Nos dias de hoje, encontramos-nos no decorrer da *4.0ª revolução industrial*, a revolução que pretende juntar o mundo da produção, a rede de comunicação e de interligação das pessoas num ponto só, como a *internet das coisas*. Uma produção inteligente, com inteligência artificial, sistemas capazes de tomarem decisões e comunicarem entre si de forma independente ou com relativa liberdade, por forma a tornar todos os processos, dos mais simples aos mais complexos, mais eficientes, mais baratos e uma parte integrante de qualquer sistema.

Ao longo da indústria e dos processos que a constituem, existe uma grande necessidade de equipamentos e dispositivos electropneumáticos que, com a terceira revolução industrial, nos permitiram alcançar, para além de outros aspetos, a automação. A influência que a *indústria 4.0* pode ter sobre sistemas automáticos desde os mais simples aos mais complexos, levam a crer que existe uma importância considerável na análise da resposta desses mesmos sistemas à introdução dos pareceres da *indústria 4.0*.

A transformação de um sistema de automação comum, criado à volta da terceira revolução industrial, na base dos conceitos e pareceres da nova revolução 4.0, poderão transpor a importância deste marco com maior clareza, de uma forma prática e didática.

1.2. Objetivos do Projeto

Com este projeto pretende-se desenvolver um sistema laboratorial de automação electropneumático comandado por um controlador lógico programável de última geração, com comunicação *Profinet*. No desenvolvimento deste sistema propõe-se recorrer a conceitos e métodos associados à 4ª revolução industrial, nomeadamente:

- Automação de processos;
- Prototipagem rápida;
- Fabrico de componentes por impressão 3D;

- Comunicação entre máquinas;
- Supervisão digital do processo através da rede de comunicação ou internet.

Estes pontos permitirão alcançar a ideia da *internet das coisas* e a *internet das coisas industrial*. Todo o desenvolvimento deste projeto ambiciona adquirir, no final, a capacidade de apoiar no ensino dos conceitos enunciados anteriormente e demonstrar parte da transformação que a *indústria 4.0* trouxe para a nossa sociedade e indústria. Pretende-se ainda que estes conceitos possam ser explorados, nas diferentes unidades curriculares que trabalham estas temáticas, de uma forma académica, criando a vontade de aprofundar e buscar novas formas de otimizar a indústria através deste novo modelo.

1.3. Estrutura do documento

O desenvolvimento deste projeto encontra-se apoiado nos tópicos a seguir enunciados.

Assim no capítulo 2, será realizado um enquadramento teórico com o presente estado da *indústria 4.0* e conceitos bases inerentes, assim como a sua evolução no tempo.

No capítulo 3, Projeto do Protótipo Laboratorial, apresenta-se o modelo laboratorial base onde será definido o sistema e todos os seus componentes e no qual serão aplicados alguns conceitos da *indústria 4.0*.

No capítulo 4, Programação do controlador lógico, introduz-se brevemente os métodos e sistemas de controlo de automatismos e seleção da linguagem de comando e criação do programa de controlo e supervisão.

No capítulo 5, Sistema de supervisão via internet, realiza-se uma breve introdução aos métodos de programação e supervisionamento por meio de uma página da internet, seleção da linguagem de programação e criação da página de supervisão.

No capítulo 6, Resultados e análise, proceder-se-á à apresentação dos resultados das simulações de funcionamento do sistema das plataformas de controlo, análise e validação desses resultados com vista os objetivos traçados inicialmente.

2. Estado da Arte

2.1. Indústria 4.0

O termo *Indústria 4.0* foi inicialmente introduzido pelo governo alemão, sendo que este a descrevia como um conjunto de mudanças tecnológicas, a nível da produção e fabrico industrial, e um conjunto de prioridades num quadro político coerente com o intuito de manter uma competitividade global da indústria Alemã [3].

Atualmente, a *indústria 4.0* entende-se como uma organização dos processos de produção com base na tecnologia e nos dispositivos autónomos capazes de comunicar entre si ao longo de uma cadeia de valores. Por outras palavras, consiste num modelo de uma instalação inteligente futura onde sistemas controlados por computadores monitorizam ou supervisionam processos físicos criando uma imagem virtual da realidade e tomando decisões baseando-se em mecanismos autónomos e organizados [3].

Este modelo tem em conta o aumento da digitalização das instalações industriais onde objetos físicos passam a fazer parte integrante, de uma forma fluida e eficiente, da rede de informação. O resultado desta integração cria a necessidade de se introduzirem quatro características principais associadas à *4ª revolução industrial*.

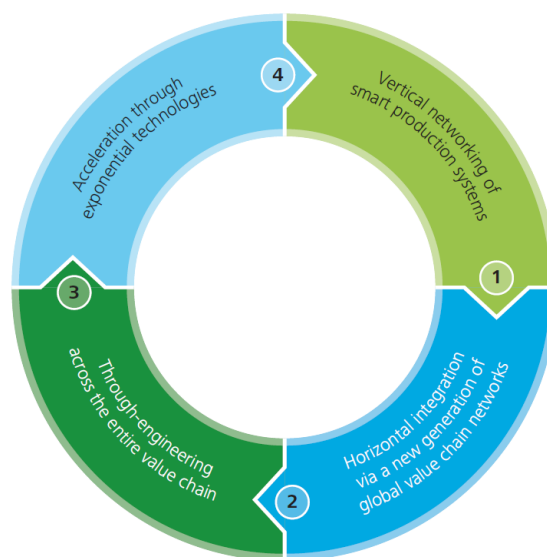


Figura 2.1 - Características inerentes à entrada da 4ª Revolução industrial [2].

Rede vertical de sistemas de produção inteligentes:

Esta **rede vertical** é constituída por sistemas de produção inteligentes com uma forte direção para as necessidades globais e individuais do cliente, como instalações e produtos inteligentes, serviços de produção e vendas inteligentes [2].

Esta rede utiliza um conceito denominado de *Sistemas de Produção Ciber-Físicos* (CPPS), que permite às instalações reagirem rapidamente a mudanças introduzidas pela exigência por parte do consumidor e do mercado, tanto ao nível de stock como das falhas e/ou defeitos que possam aparecer em determinadas linhas de produção [3, 5].

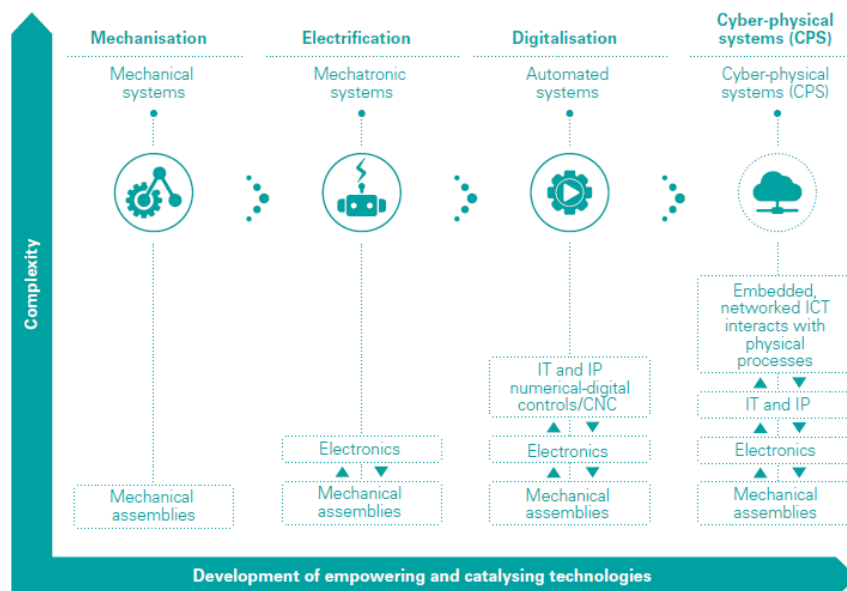


Figura 2.2 - Desenvolvimento do conceito de Sistemas de Produção Ciber-Físicos, CPPS [4].

Na Figura 2.2 verifica-se que o desenvolvimento das tecnologias e complexidade das mesmas em cada revolução industrial existente e as principais diferenças, no que diz respeito à rede vertical introduzida com a *indústria 4.0*.

Integração horizontal entre novas redes globais de valor

Consiste na integração através da criação de novas redes de valores entre de clientes e parceiros de mercado, que gera novos modelos de cooperação e negócio. Estas redes de valores otimizam-se em tempo real, permitindo uma transparência e elevado nível de

flexibilidade por forma a responder rápida e eficientemente às falhas, facilitando uma otimização global das indústrias e mercados inerentes [2].

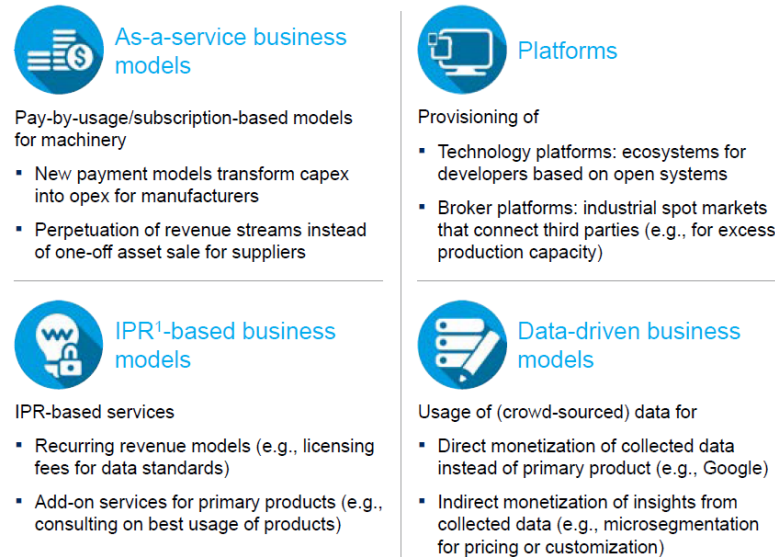


Figura 2.3 - Quatro modelos que, no âmbito da indústria 4.0, permitem explorar novas oportunidades [5].

Gestão em tempo real

Esta característica consiste numa gestão através de toda a cadeia de valor do produto, ou seja, tendo em conta todo o tempo de vida útil do produto. Não tem só em conta todo o processo de produção, como ainda o fim de vida útil do produto [2].

Cruzando diferentes níveis de conhecimento e disciplinas através da engenharia é cria-se uma nova sinergia entre a fase de desenvolvimento de um determinado produto e os sistemas de produção do mesmo [2].

Aceleração dos processos através da utilização de novas tecnologias

O impacto da evolução exponencial das tecnologias acaba por se tornar um catalisador, que permite individualizar soluções e produtos, flexibilizar os processos de produção e diminuir os custos inerentes [2].

Nos últimos anos estes têm sido importantes no apoio em termos de aplicação no mercado de produção em massa e ao mesmo tempo têm conseguido obter um aumento elevado na sua capacidade de processamento [2].

Exemplo disto consiste na tecnologia de *impressão 3D*, um avanço que tem vindo a permitir:

- Acelerar, tornando mais eficientes e flexíveis, os processos de produção;
- Conceber um produto com uma forma complexa mais rapidamente;
- Utilização de vários tipos de materiais sem a implementação de custos adicionais.

Através de um fabrico tradicional, o custo de cada unidade produzida é inicialmente bastante elevado, decrescendo com a produção de maiores quantidades da mesma unidade, ou seja, o método convencional terá a desvantagem de necessitar de um grande capital inicial, sendo este posteriormente recuperado pela produção e venda em massa [3].

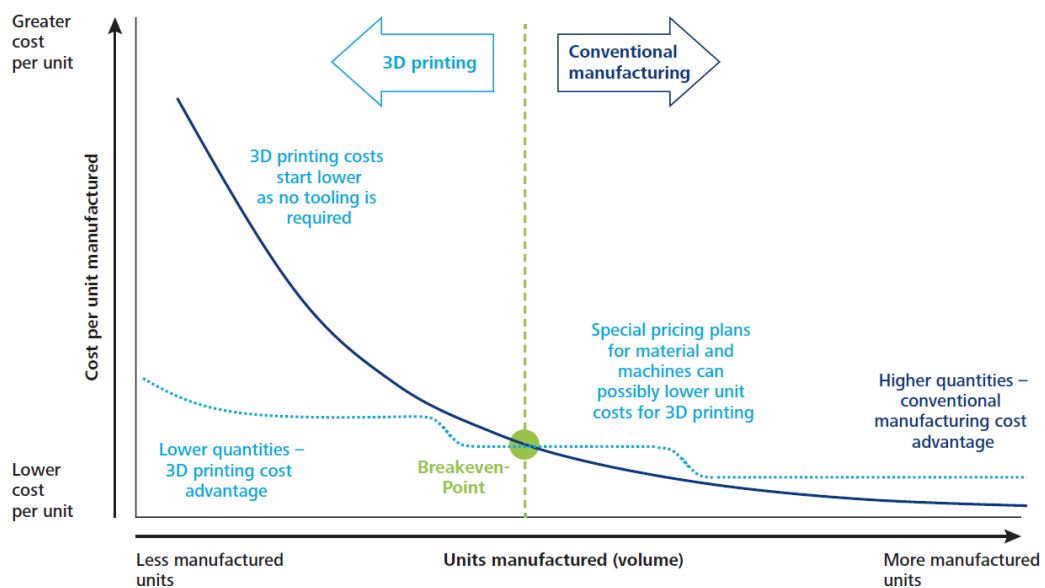


Figura 2.4 - Evolução dos custos da produção tradicional em comparação com a tecnologia de impressão 3D deste uma unidade até à produção em massa [2].

Com a observação do gráfico da Figura 2.4 verifica-se que existe um ponto, a partir do qual é vantajoso a utilização da tecnologia de *impressão 3D* relativamente a de um processo tradicional. Na produção de baixas quantidades de um determinado produto, a *impressão 3D* torna-se bastante vantajosa, uma vez que o seu custo inicial é bastante inferior. A partir de uma determinada quantidade essa vantagem anula-se, até uma altura em os métodos tradicionais se tornam mais desejados.

Do ponto de vista de um grupo de consultoria de *Boston*, a *indústria 4.0* converge e aplica determinadas tecnologias industriais entre os diferentes equipamentos e máquinas, nomeadamente [6]:

- Robots de nível avançado;
- Realidade virtual;
- Simulação;
- Segurança cibernética;
- Análise de grandes quantidades de dados;
- Internet das coisas.

Para este projeto, os dois últimos pontos enunciados são especialmente relevantes e, num determinado ponto de vista, parte integrante da indústria 4.0

2.2. Internet das coisas e a Internet Industrial das Coisas (IIoT)

Com o passar dos anos, a internet de banda larga tornou-se cada vez mais disponível, com a diminuição de custos e maior quantidade de dispositivos criados com a sua utilização em mente, ou seja, com capacidade de ligação à internet sem fios e utilização de sensores mais precisos. Todas as características da evolução da internet e a sua envolvimento criaram a oportunidade para o desenvolvimento da *internet das coisas* [7].

No entanto, do que se trata a internet das coisas e suas variantes?

O termo *Internet das Coisas* foi utilizado primeiramente em 1999 por um dos pioneiros da tecnologia britânica, *Kevin Ashton*, para descrever um sistema onde os objetos físicos no mundo seriam interligados à internet através de sensores. Este criou o termo por forma a ilustrar a capacidade de ligar as etiquetas de identificação de radiofrequência (RFID), usadas em redes de fornecimento industriais, à internet. Atualmente a *internet das coisas* consiste na interligação de diversos dispositivos com a capacidade de se conectarem ou desconectarem da internet ou entre eles mesmos [8, 9].

Até aos dias de hoje, a utilização da *internet das coisas* tornou-se mais alargada a outras aplicações como a criação de casas, transportes, instalações inteligentes. Na

indústria 4.0, a *Internet das Coisas* tem um peso bastante considerável e a sua aplicação ao nível fabril e da produção industrial corresponde à *internet industrial das coisas* [9].

À semelhança da *internet das coisas*, a *internet industrial das coisas* utiliza sistemas de monitorização ligados à rede sem fios e a aplicação de uma manutenção preventiva para atingir um nível de eficiência na produção e no consumo de energia, permitindo por consequência melhorar a produtividade, promover a segurança e prever determinados acontecimentos aplicados à manutenção [10].

Os benefícios ao nível da eficiência operacional e da produtividade são os mais críticos entre as empresas que adotaram a *IIoT*, de acordo com uma investigação com a participação de cerca de 200 executivos de automação realizada em 2015.. Os resultados relativos a esta investigação podem ser observados na seguinte Figura 2.5 [11].

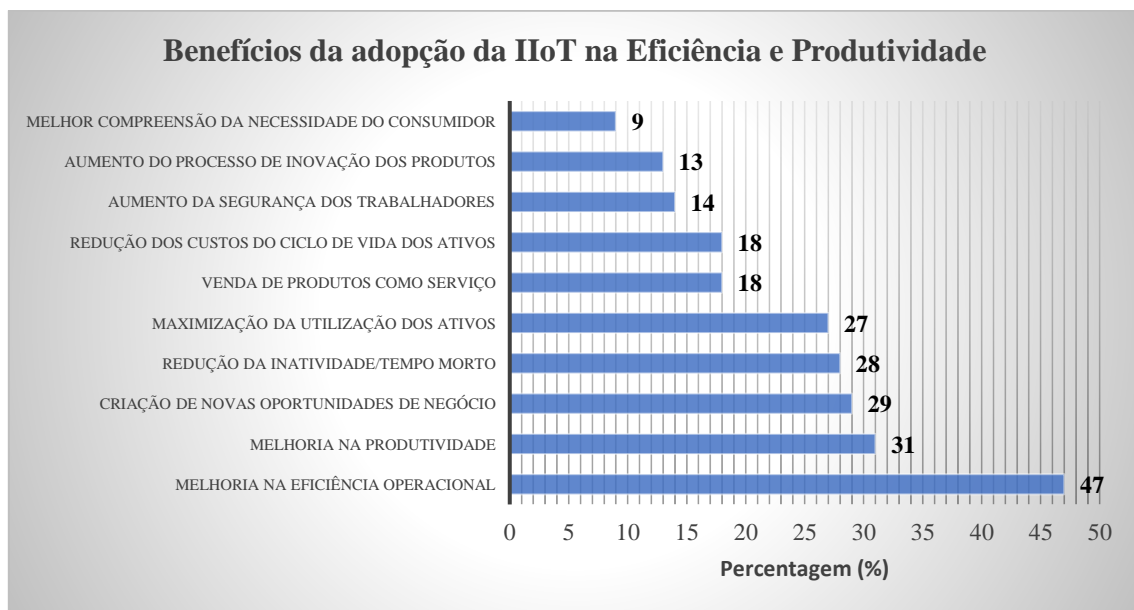


Figura 2.5 - Principais benefícios da IIoT de acordo com a investigação realizada por Morgan Stanley e a Automation World Magazine em 2015 [11].

Apesar dos benefícios desta tecnologia, existem barreiras inerentes à colocação em prática dos sistemas e soluções trazidos pela *internet das coisas* e a *internet industrial das coisas*. Na Tabela 2.1, a seguir apresentada, verificam-se algumas dessas obstruções.

Tabela 2.1 - Algumas barreiras introduzidas pela entrada da IoT [9].

Alguns obstáculos à IoT e IIoT

<i>Críticas mistas</i>	A alteração de um único núcleo para vários terá de ocorrer de forma mais flexível e adaptável para um melhor desempenho.
<i>Latência</i>	Será necessário atingir um desempenho ótimo, nomeadamente em condições de funcionamento em tempo real, sem que por consequente seja comprometido a fiabilidade e a atualização do sistema.
<i>Tolerância à falha</i>	Ter conhecimento das consequências das falhas que podem ocorrer e a tolerância e formas de recuperação necessárias de serem aplicadas.
<i>Estabilidade dos ciclos de atualização</i>	Gestão da enorme quantidade de dados gerada pela <i>Internet das Coisas</i> e pela Indústria 4.0 mantendo, ao mesmo tempo, o desempenho esperado do sistema.
<i>Colaboração de escala</i>	Comunicação e colaboração horizontal e vertical por parte dos sistemas, produtos e dispositivos inerentes.
<i>Segurança funcional</i>	Manter os níveis de segurança especificados, nomeadamente na utilização de sistemas que tomam partido da utilização de tecnologias que possuem pouca documentação.
<i>Barreira de segurança industrial</i>	Gestão da segurança dos dados recolhidos por dispositivos industriais apoiados na <i>IoT</i> e sistemas para uma atualização sem interferência e livre de riscos associados à segurança funcional.
<i>Sistemas industriais de longa data</i>	Capacidade de adaptar sistemas bastante mais antigos e transformá-los à vista das últimas soluções introduzidas pela <i>IoT</i> .

No subcapítulo 2.3, trataremos da perspetiva da *internet das coisas* e da *internet das coisas industrial* na comunicação entre dois dispositivos ou equipamentos.

2.3. Comunicação Máquina – Máquina

A comunicação é um processo de envio e receção de mensagens através de sinais, linguagens, comportamentos e outros meios disponíveis. Provavelmente, o tipo de comunicação com o qual mais nos relacionamos é a comunicação entre seres humanos por meio verbal e gestual. No entanto, com o aparecimento da *internet das coisas* e a capacidade de recolher e transferir dados em qualquer momento e lugar, existe a oportunidade de alargar essa comunicação, não só entre seres humanos, humanos e máquinas, mas também entre dispositivos [12].

Quando um aparelho ou dispositivo comunica com outro, para acumular ou recolher informação e trocar dados, trata-se de uma *comunicação máquina-máquina*. Tal consiste numa forma de comunicação que envolve uma ou mais entidades que não exige, necessariamente, a interação ou intervenção do ser humano no seu processo de funcionamento. A *comunicação máquina-máquina* pode igualmente ser denominada de *Comunicação do Tipo Máquina (MTC)*, sendo que as diferenças que marcam este tipo de comunicação relativamente aos outros tipos de modelos existentes até ao momento são os seguintes pontos [13]:

- Novos e diferentes cenários de mercados presentes;
- Custos mais reduzidos;
- Potencial do número de terminais de comunicação mais elevado, ou seja, possui uma maior escala de comunicação;
- De uma forma geral, possui menor tráfico por terminal.

Tendo em conta os pontos acima é compreende-se o porquê de a *comunicação máquina-máquina* ser tão importante na *indústria 4.0* e o facto da primeira possuir tantas aplicações. Com a introdução de novos e melhores sensores, redes de informação *wireless* e melhorias na capacidade de processamento, recorrer à comunicação entre máquinas tem vindo a fazer cada vez mais sentido por alguns dos seguintes fatores e aplicações [12]:

- Aplicações de casa;
- Gestão de dispositivos de saúde;
- Gestão de ferramentas inteligentes;

- Aparelhos eletrónicos de consumo;
- Energia;
- Saúde;
- Segurança;
- Fabrico;
- Gestão de instalações;
- Transporte e logística;
- Serviços Públicos;
- Entre outros.

Tal como a *internet das coisas*, este tipo de comunicação traz também um conjunto de desafios que deverão ser ultrapassados ou pelo menos receber igual atenção ao longo do seu desenvolvimento. Esses desafios são em tudo idênticos com os observados na *IoT* e na *indústria 4.0* em si [12].

Dentro do enquadramento da indústria 4.0 também foi introduzida recentemente uma nova tecnologia que pretende transformar e dar um novo ponto de vista aos processos de fabrico tradicional, a prototipagem rápida e impressão 3D.

2.4. Impressão 3D

A colaboração de diferentes áreas, como o projeto, fabrico, eletrónica, materiais e negócios, permitiu formar num só pacote a *impressão 3D*. Esta impressão reside no processo de criação de objetos camada a camada com recurso a diversos materiais até obter-se uma forma em três dimensões [14].

A principal diferença entre o fabrico tradicional e a impressão 3D consiste no facto da última possuir uma abordagem aditiva ao contrário da primeira, que envolve essencialmente uma abordagem subtrativa, incluindo combinação de diversos tipos de tratamento dos materiais, como o forjamento, corte, soldagem entre outros [14].

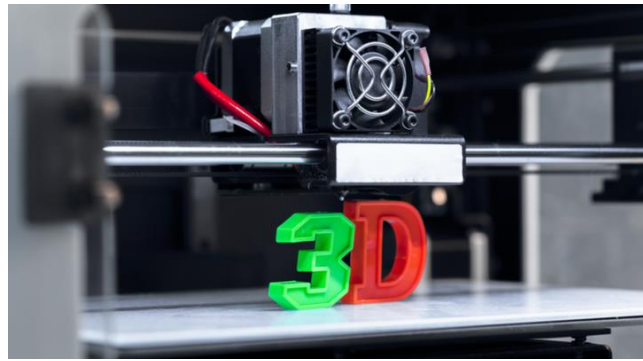


Figura 2.6 - Tecnologia de Impressão 3D [15].

As primeiras tecnologias relativas à *impressão 3D* tornaram-se pela primeira vez visíveis nos finais da década de 80, na qual eram denominadas de prototipagem rápida [16].

A origem da *impressão 3D* pode ser traçada até 1986, ano na qual foi realizada a primeira patente do *Aparelho de Estereolitografia (SLA)*. Esta patente pertenceu a *Charles Hull*, cofundador da empresa *3D Systems, Inc*, uma das maiores e mais prolíficas organizações a funcionar no sector de *impressão 3D* nos dias de hoje [16].

Posteriormente, em 1987, foi introduzido o primeiro sistema *SLA* a nível comercial, vendido pela primeira vez em 1988 após um conjunto de testes rigorosos [16].

Apesar disto, a tecnologia de *impressão 3D SLA* não foi a única tecnologia em desenvolvimento na época. Também em 1987, *Carl Deckard*, que trabalhava na Universidade de Texas, apresentou uma patente para o processo de *impressão 3D* denominado de *Sinterização Seletiva de Laser (SLS)*. Esta patente foi emitida em 1989 e licenciada mais tarde pela *DTM, Inc* [16].

No mesmo ano da emissão da patente de *Carl Deckard*, também *Scott Crump*, cofundador da entidade *Stratasys Inc*. apresentou uma patente para a tecnologia de *impressão 3D*, *Modelagem por Deposição Fundida (FDM)*, um processo bastante utilizado pelos equipamentos de entrada inicial. A patente para esta tecnologia de *impressão 3D* foi posteriormente emitida em 1992 [16].

Ao longo destes anos continuaram a emergir novas tecnologias e processos da *impressão 3D*, nomeadamente [16]:

- *Tecnologia de fabricação de partículas balísticas (BPM)*, patenteada por *Williams Masters*;
- *Tecnologia de fabricação de objetos laminados (LOM)*, patenteada por *Michael Feygin*;
- *Tecnologia de cura de solo maciço (SGC)*, patenteada por *Itzhak Pomerantz*;
- *Impressão em três dimensões (3DP)*, patenteada por *Emanuel Sachs*

Ao longo de 1990's e inícios de 2000's continuaram a ser introduzidas novas tecnologias de *impressão 3D*, no entanto, focadas exclusivamente ao nível das aplicações industriais. O ano de 2007 marcou o início na mudança da acessibilidade da tecnologia de *impressão 3D*, com o aumento da visibilidade e força no movimento a favor da abertura do conhecimento desta nova tecnologia [16].

Poderá afirmar-se que o desenvolvimento da tecnologia de *impressão 3D* teve um enorme impacto na evolução da indústria e da entrada nesta nova revolução, permitindo um aumento do potencial da indústria e dos próprios consumidores que passaram a poder beneficiar da mesma tecnologia [16].

Através da apresentação de alguns dos principais conceitos e características associadas à transformação da indústria por parte da *indústria 4.0* é possível recriar a forma como esses pareceres afetam um sistema de automação à escala e prever de que forma o protótipo laboratorial, descrito no capítulo 3 será desenvolvido de maneira a sofrer essa mesma transformação.

2.5. Indústria 4.0 nos laboratórios

O aparecimento da *indústria 4.0* com a transformação que a mesma introduz na indústria e aumento das exigências provocam uma alteração na forma e métodos da educação dos engenheiros que se focam nestas temáticas [17].

No âmbito da aplicação de laboratórios remotos e virtuais na engenharia da *indústria 4.0* e sua contribuição na educação de novos engenheiros, foi realizado na Alemanha um

projeto de investigação com o envolvimento de três universidades, denominada de projeto *ELLI* ou *Ensino excelente e aprendizagem na ciência da engenharia*. Esta investigação foi lançada pelo Ministério Federal da Educação e Investigação Alemã (*BMBF*), tendo contado com a participação de universidades como *RWTH Aachen University*, *Ruhr-Universität Bochum* e *TU Dortmund University*, sendo a última o centro do desenvolvimento de laboratórios remotos e virtuais para o ensinamento de engenharia mecânica com foco na tecnologia de fabrico [17].

Neste projeto estabeleceram-se laboratórios remotos e virtuais, ao mesmo tempo que foram desenvolvidas soluções de aprendizagem móvel através da rede de internet, sendo que o impacto destas foram posteriormente integradas de uma forma didática através de uma aprendizagem académica. A *indústria 4.0* foi essencial na preparação dos alunos para os diversos desafios que serão considerados nas indústrias ao nível da investigação e aplicação de soluções. Este projeto permitiu fundir os campos da engenharia mecânica e tecnologia de produção, numa preparação para a onda de automação e digitalização que é expectável que substitua os trabalhos e indústria tradicional por sistemas mecânicos e digitais híbridos mais avançados [17].

A elevada importância de experiências baseadas na aprendizagem de educação da engenharia avançada, emparelhado com o aumento do número de estudantes, permite a promoção dos laboratórios remotos, que permitem uma eficiente e eficaz utilização dos equipamentos disponibilizados. As barreiras do tempo e da distância podem ser quebradas mantendo, ainda assim, os benefícios de uma abordagem de aprendizagem à base de investigação. De acordo com este projeto, as configurações de aprendizagem na educação da engenharia provam possuir uma melhoria significativa relativamente às abordagens de ensinamento tradicional, principalmente em campos tecnológicos como a *realidade aumentada* e a *realidade virtual* [17].

2.5.1. Exemplos de laboratórios aplicados

Neste subcapítulo apresenta-se um exemplo da aplicação de laboratórios remotos e virtuais em paralelo com a aplicação de ideias da *indústria 4.0*.

Neste projeto, realizado no *Instituto Superior de Engenharia de Lisboa* em 2014, foi proposta a atualização do laboratório remoto da unidade curricular de Automação de Processos Industriais denominado de *LabAPI-ISEL*. Neste laboratório remoto, pretendeu-se elaborar mais experiências laboratoriais, para além das já enquadradas, através da utilização de um controlador lógico programável *S7-1200* da *Siemens* e da sua funcionalidade de servidor (*webservice*), permitindo a supervisão remota de todas as experiências com auxílio de uma página web. Podendo aceder às mesmas experiências, um utilizador de cada vez, este projeto permitiu apoiar na passagem dos conceitos das matérias da automação, controlo e da *indústria 4.0* de uma forma remota [18].



Figura 2.7 - Sistema de supervisão criado neste projeto, para atualização do laboratório remoto [18].

3. Projeto do Protótipo Laboratorial

De modo a colocar em prática os conceitos e pressupostos inerentes à *indústria 4.0*, foi proposto desenvolver um sistema automático electropneumático. Este sistema terá de ser projetado de uma forma simples e prática com o intuito de facilitar a sua interação num ambiente académico, ou seja, que o sistema seja o mais eficiente na utilização de componentes e materiais constituintes mantendo-se, no entanto, com todas as suas funcionalidades disponíveis.

Um sistema pneumático é um sistema que utiliza ar comprimido de forma a transmitir e controlar energia, possuindo por isso uma elevada eficácia, durabilidade e fiabilidade. O facto da sua utilização e construção dos componentes constituintes ser relativamente simples permite tornar esta bastante adequada para aplicação em sistemas de controlo automático [19].

A tentativa de iniciar, monitorizar e parar o processo desempenhado pelos componentes de um sistema pneumático permite tornar o mesmo electropneumático. Um sistema electropneumático combina as tecnologias eletrónicas e pneumáticas num único sistema onde o meio de comando é elétrico e o meio de trabalho consiste em ar comprimido [20].

O facto da *indústria 4.0* utilizar a internet das coisas, comunicação máquina-máquina e digitalização dos processos numa rede de comunicação, torna a utilização deste tipo de sistemas prático, obtendo de forma rápida informação por meio de sinais elétricos e fácil desenvolvimento de sistemas com a aplicação pneumática em mente. Graças às vantagens acima descritas, à simplicidade de desenvolvimento de um processo, disponibilidade de material e possibilidade de utilização de uma rede de ar comprimido própria, optou-se pela utilização de um sistema electropneumático para a base deste modelo laboratorial, no laboratório onde este sistema foi pensado. Sendo assim, com base nos objetivos traçados e para demonstrar os efeitos e alguns dos conceitos da transformação associada à *indústria 4.0*, optou-se por criar um protótipo que permitisse simular na prática uma pequena parte de um processo de empacotamento de produtos hipotético. Na Figura 3.1,

a seguir apresentada, é possível verificar o primeiro esboço do sistema idealizado para o processo de empacotamento.

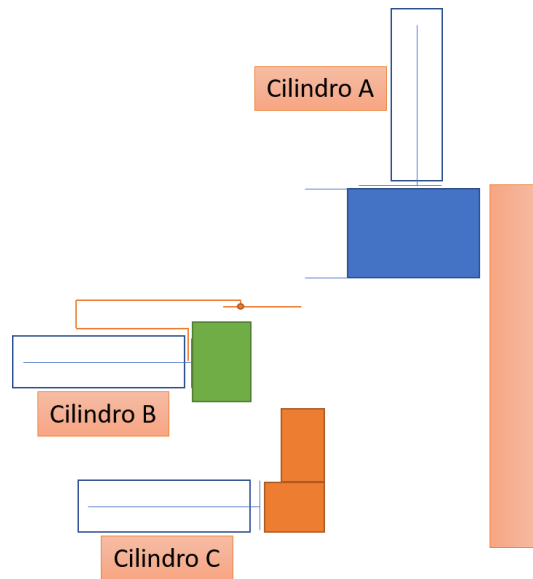


Figura 3.1 - Esboço idealizado para o protótipo do processo de empacotamento (nas condições iniciais).

Para simular o processo de empacotamento foram então consideradas as seguintes fases de um processo.

1. Colocação da embalagem no local de receção do produto:

Nesta fase do processo desenvolvido, será espectável que um cilindro electropneumático, com a denominação *A*, seja capaz de deslocar a embalagem em causa para a sua posição aproximada para receção do produto e um cilindro electropneumático, com a denominação *C*, seja capaz de bloquear a embalagem na sua posição final, sem causar qualquer dano na mesma e sem entrar em conflito com outras fases do sistema.

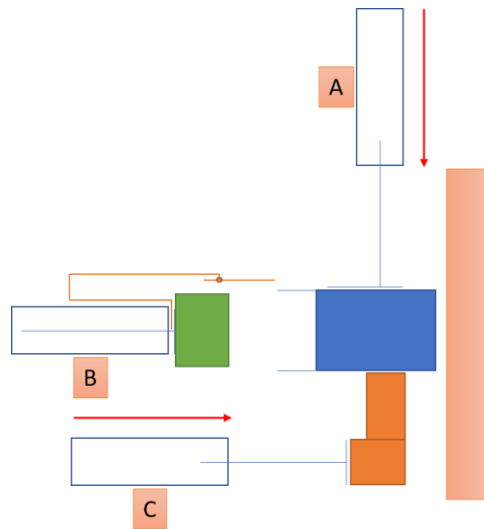


Figura 3.2 – 1ª fase do processo de empacotamento enunciada anteriormente.

2. Colocação do produto no interior da embalagem:

Nesta fase do processo desenvolvido será espectável que o cilindro electropneumático, com a denominação *B*, seja capaz de deslocar um produto para o interior da embalagem em causa sem danificar a mesma no processo e sendo capaz, ao mesmo tempo, de deslocar o sistema de fecho da aba lateral esquerda, de quem está virado de frente para o sistema, para a sua posição de funcionamento.

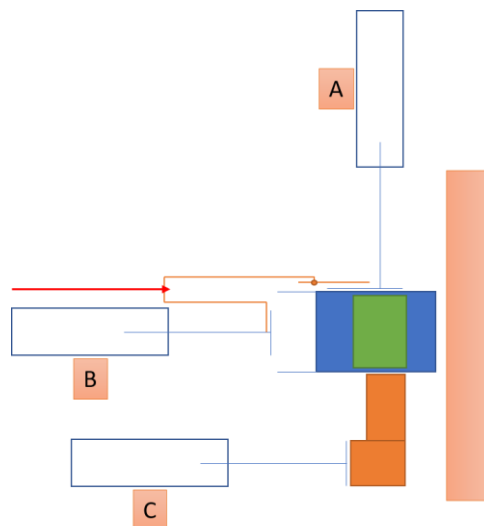


Figura 3.3 – 2ª fase do processo de empacotamento enunciada anteriormente.

3. Fecho das abas laterais da embalagem:

A fase do processo do fecho das abas laterais da embalagem será a fase mais complexa, sendo espectável que o sistema projetado seja capaz, com auxílio dos três cilindros electropneumáticos, de fechar ambas as abas. A verificação dos resultados obtidos nesta fase é realizada considerando duas partes, o fecho da aba lateral esquerda da embalagem com auxílio dos cilindros electropneumáticos *A* e *B* e o fecho da aba lateral direita da embalagem com auxílio do cilindro electropneumático *C*, *A* e uma segunda embalagem.

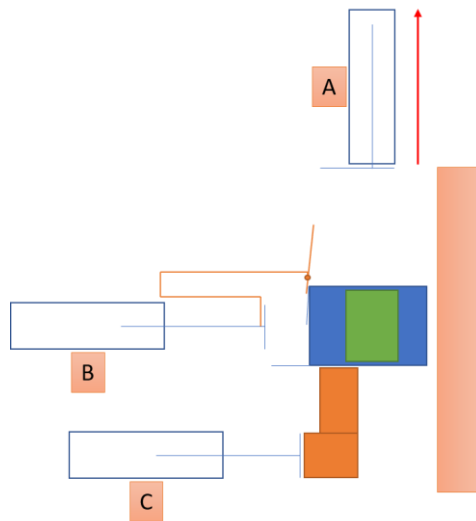


Figura 3.4 – Primeira parte da 3ª fase do processo de empacotamento enunciada anteriormente.

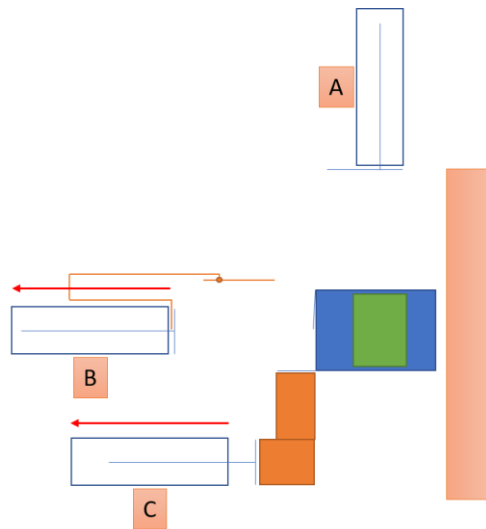


Figura 3.5 - Segunda parte da 3ª fase do processo de empacotamento enunciada anteriormente.

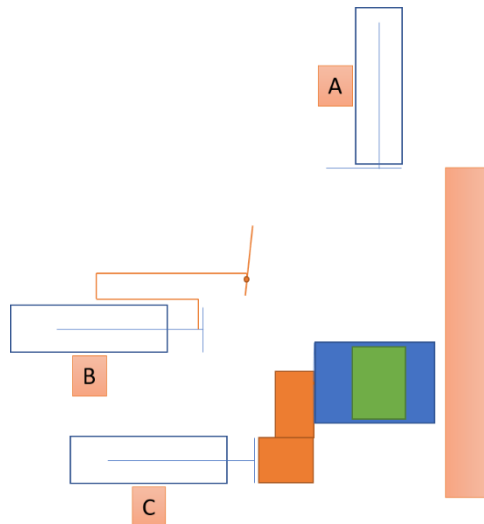


Figura 3.6 - Terceira parte da 3ª fase do processo de empacotamento enunciada anteriormente.

Para a execução de todas as fases do processo considerado, torna-se necessário desenvolver um sistema base laboratorial que considera em si todos os componentes, desde um parafuso de suporte ao controlador lógico programável que permitirá o controlo do sistema. Desta forma, foram definidos todos os conjuntos de materiais necessários para o funcionamento correto do sistema.

3.1. Cilindros electropneumáticos e suportes

Para a desempenhar das diferentes fases do processo recorreu-se ao auxílio direto de três cilindros electropneumáticos colocados de forma estratégica e pensada de acordo o processo em causa. A seleção destes para o desenvolvimento do protótipo em causa teve por base a sua disponibilização de forma imediata e sem custos associados, permitindo garantir o mesmo tipo de atuador ao longo de todo o processo.

Para manter o correto posicionamento destes atuadores, desenvolver-se-ão os seguintes suportes específicos. Estes suportes permitirão manter o cilindro electropneumático numa posição de repouso ao longo da base do sistema. Cada cilindro electropneumático será fixo por dois suportes e cada um será colocado conforme assinalado na seguinte Figura 3.7.



Figura 3.7 – a) Cilindro electropneumático para uso no modelo base laboratorial na posição de maior curso; b) Posicionamento dos suportes dos cilindros electropneumáticos.

Os suportes serão compostos por seis constituintes principais projetados com a possibilidade de serem desmontados no caso de ser necessário efetuar qualquer tipo de manutenção. A definição da forma e constituintes do suporte encontra-se diretamente relacionada com a forma cilíndrica dos atuadores electropneumáticos, tentando garantir a sua fácil montagem e garantia de suporte.

Tendo em conta a sua forma, possibilidade de melhorias no desenho e com a disponibilidade de novas tecnologias, optou-se que o mesmo fosse desenvolvido com auxílio da tecnologia de *impressão 3D*. Para facilitar o processo de impressão e garantir

o correto contacto e alinhamento dos constituintes, este componente foi dividido em 6 partes.

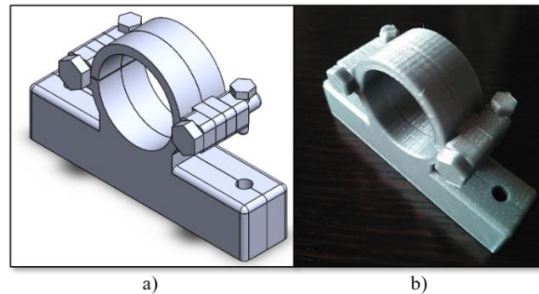


Figura 3.8 – a) Suporte dos cilindros electropneumáticos projetado em Solidworks®; b) Modelo 3D do suporte dos cilindros electropneumáticos após montagem e impressão.

Ao nível dos pinos, que permitem a ligação e o bloqueio do sistema de cada suporte, o topo dos mesmos possui uma configuração que pretende respeitar em termos de dimensões a norma *ISO 4017*, para parafusos com topo sextavado completamente roscado [21].

Realizou-se adicionalmente uma simulação e análise dos esforços aos quais cada suporte do cilindro electropneumático poderia estar exposto durante o funcionamento do modelo base laboratorial e assim validar a sua configuração. A análise, processos teóricos aplicados e os resultados relativamente a este estudo verificam-se com maior detalhe no subcapítulo 3.19, abordado mais adiante.

3.2. Embalagens

Para este projeto consideram-se embalagens de origem com as seguintes dimensões:

Tabela 3.1 - Dimensões das embalagens seleccionadas para o modelo laboratorial.

Dimensões da embalagem

<i>Comprimento</i>	89,0 mm
<i>Largura</i>	99,3 mm
<i>Altura</i>	71,0 mm

3.3. Guias de trajeto

As guias de trajeto projetadas para o sistema pretendem criar um efeito semelhante ao encontrado numa linha de produção, permitindo a embalagem chegar à posição desejada com maior facilidade. Em suma estas guias permitirão direcionar de uma forma manual o movimento da embalagem desde o início do seu trajeto até à posição na qual será atuada pelo cilindro electropneumático “A”, Figura 3.1. Apesar disto, não serão implementados sistemas de bases rolantes motorizadas e automatizados, sendo que o resultado obtido no trajeto prático da embalagem realizar-se-á manualmente.

O sistema de guia das embalagens, até à sua posição inicial no processo de embalamento, será composto por dois componentes principais, que por sua vez serão divididos em diversas partes, para facilidade no processo de *impressão 3D*.

- Guia de embalagem interior;
- Guia de embalagem exterior.

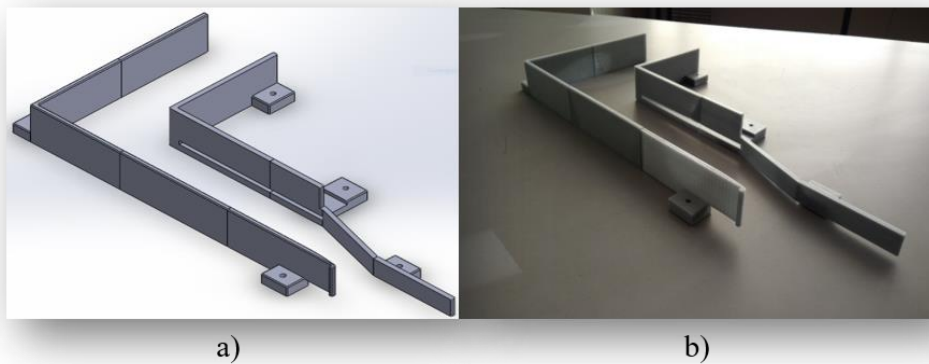


Figura 3.9 - a) Guias das embalagens projetadas em Solidworks®; b) Modelo 3D das guias das embalagens após montagem e impressão.

3.4. Base de rolos

Tal como referenciado no subcapítulo 3.3, o modelo laboratorial base não possuirá no seu sistema uma base rolante motorizada e automatizado. No entanto, com o objetivo

de se obter alguma facilidade na movimentação das embalagens e tornar as fases de empacotamento a simular menos dependentes da superfície onde se apoiarão as embalagens, optou-se por colocar duas bases rolantes manuais ao longo do trajeto.

Cada base rolante será constituída por dois componentes principais:

- Suportes laterais dos rolos;
- Rolos.

Na Figura 3.10 apresenta-se o modelo projetado com auxílio do software *Solidworks*[®].

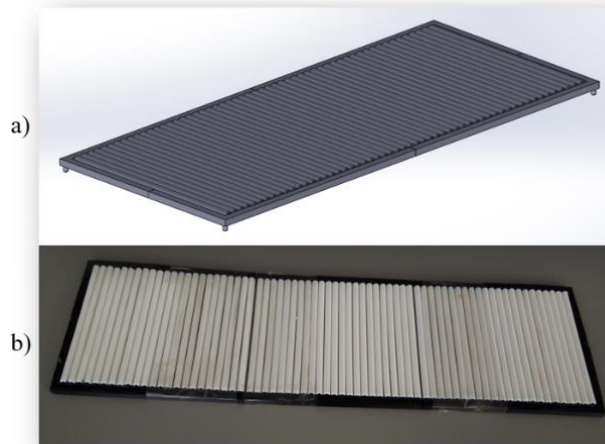


Figura 3.10 – a) “Base rolante 1” realizado com auxílio ao software Solidworks[®]; b) Modelo 3D da “Base rolante 2” após montagem e impressão.

3.5. Separador do sistema

O separador do sistema, permite a separação do sistema que pretende simular algumas das fases de um processo de embalamento e o sistema que fará o controlo e monitorização do funcionamento do primeiro, ou seja, em suma o controlador lógico programável ou *PLC*.

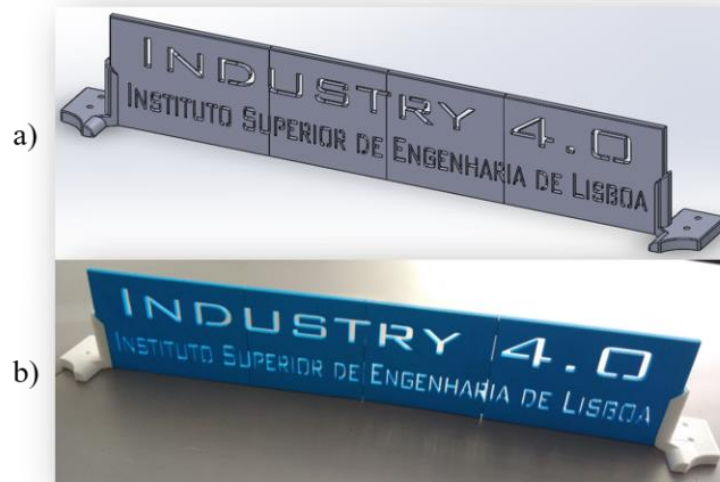


Figura 3.11 – a) "Separador do sistema" realizado com auxílio ao software Solidworks®; b) Modelo 3D da "Separador do sistema" após montagem e impressão.

3.6. Suporte do PLC

O suporte do *PLC* consiste no componente que foi criado com o intuito de manter a estabilidade e suporte do controlador na base do modelo laboratorial a ser definida. Os mesmos permitirão um suporte com uma inclinação de 45°, para garantir um melhor arrefecimento do *PLC*, comparado com uma posição horizontal, por convecção natural.

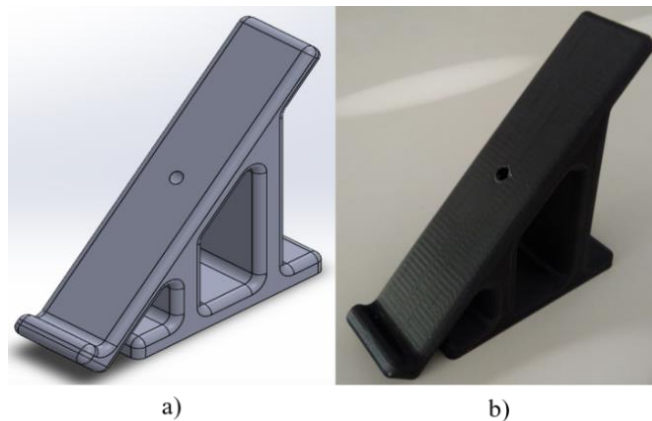


Figura 3.12 – a) "Suporte do PLC" realizado com auxílio ao software Solidworks®; b) Modelo 3D da "Suporte do PLC" após montagem e impressão.

3.7. Auxiliar de inserção da embalagem

Este componente consiste num acessório auxiliar para a rosca do veio do cilindro electropneumático, que permite a colocação da embalagem na posição de receção do produto e ao mesmo tempo, com a forma personalizada criada, auxiliar no fecho de uma das abas laterais da embalagem de projeto em conjunto com o restante sistema.

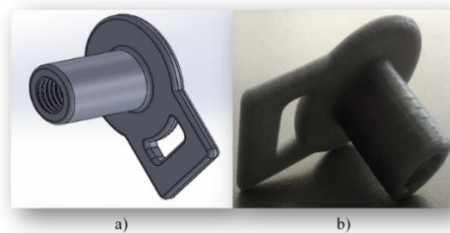


Figura 3.13 - a) "Peça de inserção da embalagem" realizado com auxílio ao software Solidworks®; b) Modelo 3D da "Peça de inserção da embalagem" após montagem e impressão.

3.8. Auxiliar de colocação do produto

Este componente consiste num acessório auxiliar para o veio do cilindro electropneumático que o coloca do produto no interior da embalagem quando esta se encontra na posição para inserção do produto, possuindo um sistema de fecho da aba lateral esquerda da mesma. Este componente divide-se em três partes para facilitar o processo de *impressão 3D*.

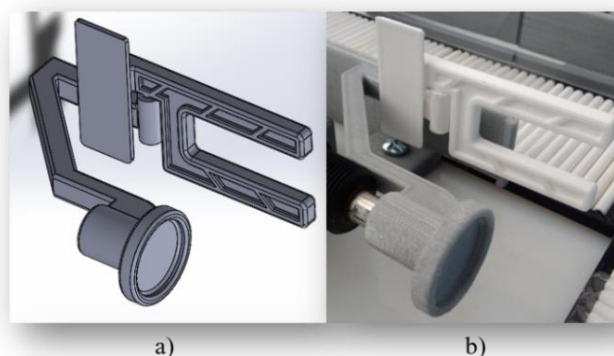


Figura 3.14 - a) "Peça de inserção do produto" realizado com auxílio ao software Solidworks®; b) Modelo 3D da "Peça de inserção do produto" após montagem e impressão.

3.9. Auxiliar de bloqueio da embalagem

Este componente consiste num acessório auxiliar para o veio do cilindro electropneumático que faz o bloqueio da embalagem quando esta se encontra na posição para inserção do produto. Este componente divide-se em cinco partes para facilitar o processo de *impressão 3D*.

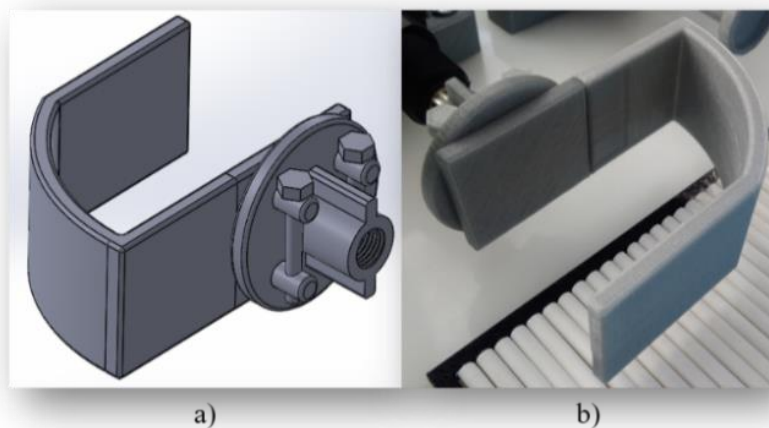


Figura 3.15 - a) "Peça de bloqueio da embalagem" realizado com auxílio ao software Solidworks®; b) Modelo 3D da "Peça de bloqueio da embalagem" após montagem e impressão.

3.10. Auxiliar de bloqueio do cilindro electropneumático

Tendo em conta o formato dos cilindros electropneumáticos aplicados e a geometria dos suportes dos mesmos à base de sustentação foi possível verificar que na sua configuração inicial observou-se a rotação do cilindro em torno do seu próprio eixo. Para contrariar este movimento desenvolveu-se um acessório auxiliar para todos cilindros electropneumáticos que impede o movimento de rotação em torno do seu eixo longitudinal. Este componente divide-se em duas partes para facilitar o processo de *impressão 3D*.

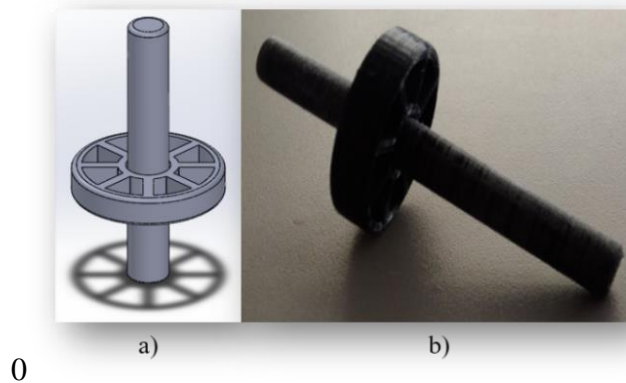


Figura 3.16 - a) "Peça de bloqueio rotacional" realizado com auxílio ao software Solidworks®; b) Modelo 3D da "Peça de bloqueio rotacional" após montagem e impressão.

3.11. Apoio do protótipo base laboratorial

O apoio do modelo base laboratorial será onde serão assentes os componentes de suporte funcional ao sistema a ser implementado, os componentes de controlo e monitorização.

Para a seleção do material constituinte da base de apoio, considerou-se na análise a sua tenacidade, capacidade realizar alterações ao seu formato original e o custo, tanto de aquisição como na alteração e manutenção do mesmo. Tendo por base estes parâmetros consideraram-se os seguintes materiais:

- Fibras de média densidade (*MDF*);
- Alumínio;
- Polietileno de alta densidade (*HDPE*);
- Ácido Poliláctico (*PLA*).

Após uma análise cuidadosa às características dos diferentes materiais considerados, optou-se por realizar a base de apoio do modelo base laboratorial em polietileno de alta densidade. Os principais pontos e características que suportaram a escolha final deste material podem ser resumidos nos seguintes parâmetros.

- Qualidade de superfície;
- Capacidade de trabalho do material;

- Resistência às diferentes condições ambientais;
- Estética geral.

O *HDPE* é um termoplástico composto por átomos de carbono e hidrogénio que permitem formar produtos moleculares de elevado peso. Na Figura 3.17 observa-se a estrutura molecular deste material [22].

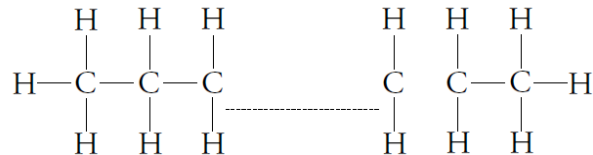


Figura 3.17 - Estrutura molecular do polietileno de alta densidade [22].

A resina deste material possui regiões cristalinas de maior proporção que os polietilenos de menor densidade, sendo que o tamanho da distribuição das regiões cristalinas são determinantes nos resultados obtidos ao nível da tensão de cedência do material e resistência às condições ambientais envolventes [22].

Este material é utilizado em várias aplicações, nomeadamente em ambientes industriais, onde é necessária uma resistência ao impacto distinto, elevada tensão de cedência, baixa absorção de humidades e propriedades de resistência a químicos e corrosão. Na Tabela 3.2 verificam-se algumas das características mais determinantes deste material [23].

Tabela 3.2 - Propriedades mecânicas do material Polietileno de alta densidade (HDPE) [24].

Propriedades mecânicas do material Polietileno de alta densidade (HDPE)

Modulo de elasticidade	1,07 GPa
Tensão de Corte	3,772 GPa
Massa específica	952 kg/m ³
Coefficiente de Poisson	0,4101
Tensão de Cedência	22,1 MPa
Calor específico	1796 J/kg K
Condutividade térmica	0.461 W/m K

Tendo realizada a seleção do material, procedeu-se à definição da forma e dimensões do apoio do sistema, tendo em conta o modelo criado por meio da plataforma *Solidworks*[®] e as posições e tolerâncias dos equipamentos. Desta forma, considerou-se uma base de polietileno de alta densidade com as seguintes dimensões.

Tabela 3.3 - Dimensões da base do modelo laboratorial em polietileno de alta densidade.

Dimensões da base de polietileno de alta densidade

<i>Comprimento</i>	600,0 mm
<i>Largura</i>	680,0 mm
<i>Altura</i>	160,0 mm

Para obtenção do material com a forma e dimensões indicadas recorreu-se à entidade *Mitera*, uma empresa portuguesa especializada na disponibilização de uma vasta gama de plásticos técnicos, para aplicação em engenharia [25].

3.12. Controlador lógico programável e acessórios

O controlador será o da Siemens, *SIMATIC S7-1500*, mais precisamente o modelo *S7-1516-3 PN/DP*. Este autómato programável corresponde ao desenvolvimento dos controladores lógicos programáveis da geração anterior, *S7-300* e *S7-400*, preenchendo o campo ocupado por estes dois últimos no que diz respeito a memória e velocidade de processamento. As razões que levaram à escolha deste controlador de última geração em detrimento de outros prende-se ao facto de possuir um desempenho de processamento e memória considerável, possuir duas entradas de interface *PROFINET* de raiz, segurança integrada, tecnologia de controlo de movimento e diagnósticos de sistemas integrados. Adicionalmente, a opção por este modelo da série *S7-1500* suportou-se na disponibilidade imediata e sem custos, por ter sido oferecido, por meio de um prémio da entidade *Siemens*. Este prémio foi alcançado por um projeto submetido pelo *Instituto Superior de*

Engenharia de Lisboa e desempenhado pelo aluno Eng. Rui Matias e orientador Doutor Mário Mendes no ano 2015 [20, 21, 22].

Este controlador lógico programável possui um grau de proteção *IP20* estando pensado para ser instalado num quadro ou armário de controlo. Neste, o controlador apoia-se numa calha de montagem específica, podendo levar até 32 módulos adicionais que serão ligados através de módulos de comunicação. Na Figura 3.18 é possível verificar uma configuração tipo deste *PLC* [26].

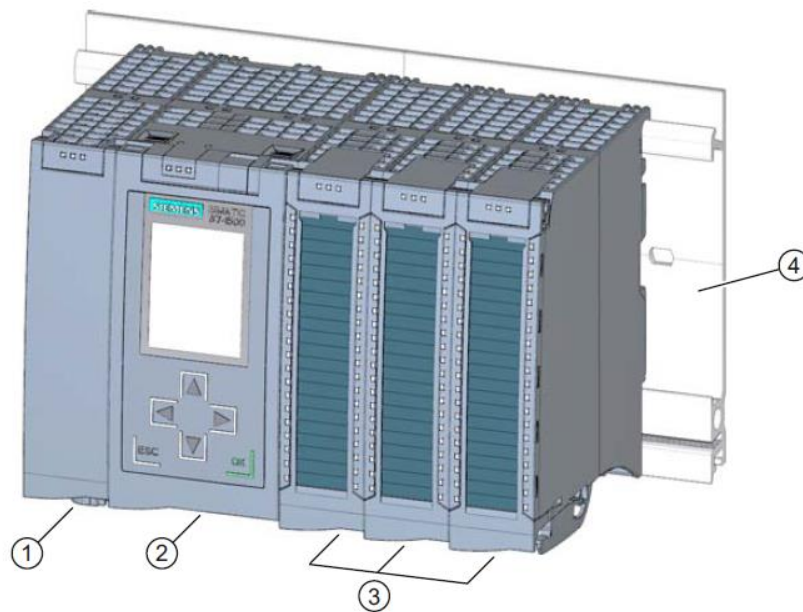


Figura 3.18 - Controlador lógico programável (PLC) modelo S7-1500 [26].

Legenda da Figura 3.18:

1. Módulo fonte de alimentação do sistema;
2. Unidade de processamento central (*CPU*);
3. Módulos de entrada e saída (Digitais, analógicas, tecnológicas e comunicação);
4. Calha de montagem com perfil superior de montagem integrado.

3.12.1. Configuração com recurso a conectores em “U”

Os conectores em “U” permitem criar uma linha de comunicação ou *BUS*, que permite o acesso entre os módulos adicionais do *PLC* e o *CPU* de forma rápida e simples facilitando na extensão do sistema de controlo [26].



Figura 3.19 - Conector de comunicação entre módulos em "U" [29].

3.12.2. Unidade de processamento central (CPU)

O *CPU* de última geração *1516-3 PN/DP*, unidade de processamento central que se encontra no meio da tabela de modelos da mesma geração, permite a sua utilização em aplicações de elevada complexidade e o uso de tarefas de comunicação. O facto de possuir integrado as interfaces de *PROFINET/PROFIBUS*, permite a possibilidade de ligar a um *webserver* e utilização de outras funcionalidades, nomeadamente o controlo de movimento, controlador *PID*, de temperatura e suporte de rastreamento [20, 24].



Figura 3.20 - CPU 1516-3 PN/PD fornecido pela entidade Siemens [31].

Na Tabela 3.4, verifica-se as propriedades essenciais da unidade de processamento central em causa.

Tabela 3.4 - Unidade de processamento central 1516-3 PN/DP da Siemens [26].

Referência	6ES7516-3AN00-0AB0
Tensão de alimentação (intervalo permitido)	20,4 VDC to 28,8 VDC
Número de blocos	6000
Memória de informação de trabalho	5 MB
Memória de código de trabalho	1 MB
Interfaces	2 x PROFINET 1 x PROFIBUS
Número de portas de PROFINET	3
Suporte de Web server	Sim
Suporte de operações isócronas	Sim

3.12.3. Módulos de entrada digitais

Neste projeto recorrer-se-á ao módulo de entradas digitais de última geração *DI 32x24VDC HF*, constituído por 32 entradas digitais isoladas eletricamente em grupos de 16. Na Tabela 3.5, verificam-se as propriedades essenciais do módulo de entradas digitais em causa [32].

Tabela 3.5 - Propriedades essenciais do módulo de entradas digitais *DI 32x24VDC HF* fornecido pela entidade Siemens [26],[32].

Referência	6ES7521-1BL00-0AB0
Número de entradas	32
Isolamento elétrico entre canais	Sim
Tensão de entrada nominal	24 VDC
Interrupção por diagnóstico de erro	Sim
Interrupção de dispositivo	Sim
Suporte de operações isócronas	Sim
Atraso das entradas	0,05 ms a 20 ms

3.12.4. Módulos de saída digitais

Neste projeto recorrer-se-á ao módulo de saídas digitais de última geração *DQ 32x24VDC/0.5A HF*, constituído por 32 entradas digitais isoladas eletricamente em

grupos de 8. Na Tabela 3.6, verificam-se as propriedades essenciais do módulo de entradas digitais em causa [33].

Tabela 3.6 - Propriedades essenciais do módulo de saídas digitais DQ 32x24VDC/0.5A HF fornecido pela entidade Siemens [33].

Referência	6ES7522-1BL01-0AB0
Número de entradas	32
Isolamento elétrico entre canais	Sim
Tensão de entrada nominal	24 VDC
Corrente de entrada nominal	0,5 A
Interrupção de dispositivo	Sim
Suporte de operações isócronas	Sim

3.12.5. Módulo de fonte de alimentação

Para realizar a alimentação de energia deste controlador lógico programável de última geração, recorreu-se ao módulo fonte de alimentação disponibilizado pela entidade Siemens PM 190W 120/230 VAC, que permite a alimentação dos circuitos de entrada, saída, sensores e atuadores. Na Tabela 3.7, são expostas as propriedades essenciais do módulo de entradas digitais em causa [34].

Tabela 3.7 - Propriedades essenciais do módulo de fonte de alimentação PM 190W 120/230 VAC fornecido pela entidade Siemens [26].

Referência	6EP1333-4BA00
Tensão de entrada nominal	120/230 VAC, com alteração automática entre ambas
Tensão de saída	24 VDC
Corrente de saída nominal	8 A
Potência consumida	213W

3.12.6. Calha de montagem do Controlador lógico programável

Juntamente com os módulos de controlo do sistema a ser implementado neste projeto, considerar-se-á o componente no qual estes serão montados, por forma a manterem-se acessíveis os circuitos e constituintes principais da alimentação energética e comunicação. Para este efeito, será considerada uma calha de montagem, também ela

fornecida pela entidade *Siemens*, especificamente dimensionada para a série de controladores lógicos programáveis *S7-1500*, exposto na Figura 3.21.

Esta calha possui como dimensões principais as seguintes enunciadas [35]:

Tabela 3.8 - Dimensões da calha de montagem do controlador lógico programável *S7-1516-3 PN/DP* implementado.

Dimensões da calha de montagem do PLC *S7-1516-3 PN/DP*

Comprimento	482,6 mm
Largura	155,0 mm
Altura	16,0 mm

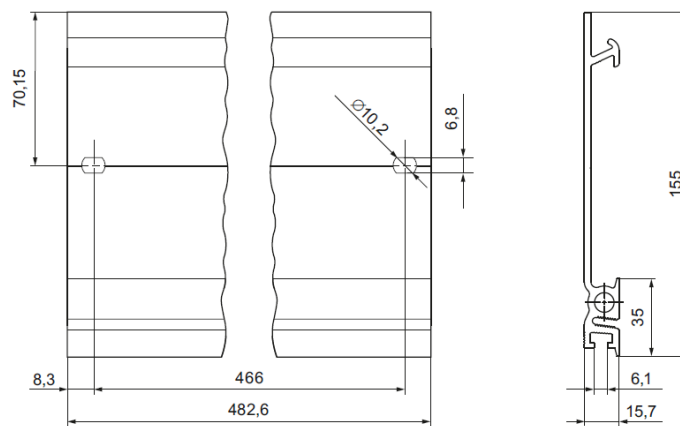


Figura 3.21 - Dimensões em milímetros da calha de montagem considerada (*6ES7590-1AE80-0AA0*) fornecida pela entidade *Siemens* [26].

3.12.7. Montagem e instalação do controlador lógico programável

Para o correto funcionamento do controlador lógico programável e respetivos os acessórios, desde módulos de alimentação aos módulos de variáveis, foram instalados de acordo com as configurações definidas no manual do fabricante. Para uma visualização mais detalhada dos procedimentos de instalação elétrica e equipamentos constituintes do controlador, sugere-se a consulta do Anexo A e H deste volume.

3.13. Electroválvulas

Uma electroválvula é um dispositivo eletromagnético composto de duas partes essenciais [36]:

- Uma cabeça magnética, constituída por uma bobina, tubo, culatra, anel de desfasagem e molas;
- Um corpo, que inclui orifícios de ligação (obturados por um assento) uma membrana, um pistão e outros, consoante o fabricante e tecnologia.

A ação de abertura e fecho da electroválvula é realizado pela ligação da parte eléctrica deste componente à parte mecânica do mesmo, ou seja, as duas partes anteriormente enunciadas. [36].

Para este trabalho foi seleccionada uma electroválvula mono-estável de 5/2, ou seja, com 5 ligações e 2 posições (aberto/fechado) com uma mola que o retém na sua posição de repouso ou fechado. Para este efeito recorreu-se à marca *Metal Work*, conforme exposto na Figura 3.22, a seguir apresentada [Anexo E].



Figura 3.22 - Electroválvula mono-estável de 5/2 disponibilizada pela entidade Metal Work.

3.14. Bobinas

A bobina, em conjunto com a electroválvula, permite converter a energia eléctrica que será enviada por meio de um sinal eléctrico, através de um sensor, em energia

mecânica que é usada para alterar o estado da electroválvula e movimentar os componentes que definem a direção do caudal de ar comprimido.

Para este efeito recorreu-se, também, à entidade *Metal Work*, que disponibilizou a bobina 22 Ø 8 BA 2W-24VDC, conforme apresentado na Figura 3.23 [Anexo F].



Figura 3.23 - Bobina 22 Ø 8 BA 2W-24VDC disponibilizada pela entidade Metal Work.

3.15. Conectores

Os conectores consistem nos componentes que farão a ligação entre as bobinas de ação e o módulo de saídas digitais DQ 32x24VDC/0.5A HF, Tabela 3.6, do controlador lógico programável em causa e aplicado no sistema. Tendo em conta a bobina escolhida recorreu-se, novamente, aos componentes disponibilizados pela entidade *Metal Work*, e que possuem direta compatibilidade com a bobina e electroválvula seleccionadas [Anexo F].



Figura 3.24 - Conector disponibilizado pela entidade Metal Work.

3.16. Sensores

O sensor é um dos componentes de monitorização essenciais neste projeto, pois permitirá a monitorização da posição dos cilindros electropneumáticos nos diferentes estados de funcionamento. Para este efeito definiu-se que o sensor mais indicado seria um de fim de curso atuado de forma magnética, compatível com o cilindro electropneumático considerado.

Como tal, recorreu-se a 6 sensores de fim de curso *REED com inserção vertical de 300 mm M8*, para as posições dos 3 cilindros electropneumáticos, sensores esses expostos na Figura 3.25, a seguir apresentada [Anexo G].



Figura 3.25 - Sensor de fim de curso REED com inserção vertical de 300 mm M8, disponibilizado pela entidade Metal Work.

3.17. Válvulas de controlo de velocidade

Por forma a podermos alterar a velocidade a que o veio interior do cilindro electropneumáticos realiza o seu movimento de translação, recorreu-se a um conjunto de 6 válvulas de controlo de pressão que são atuados mediante o aperto ou desaperto das mesmas.

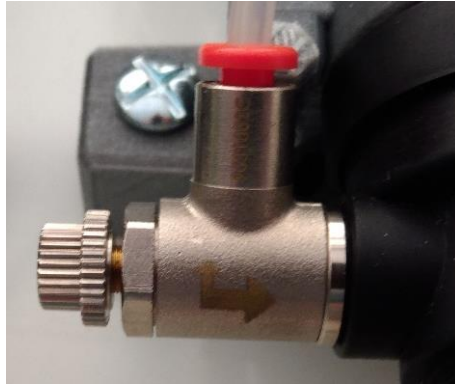
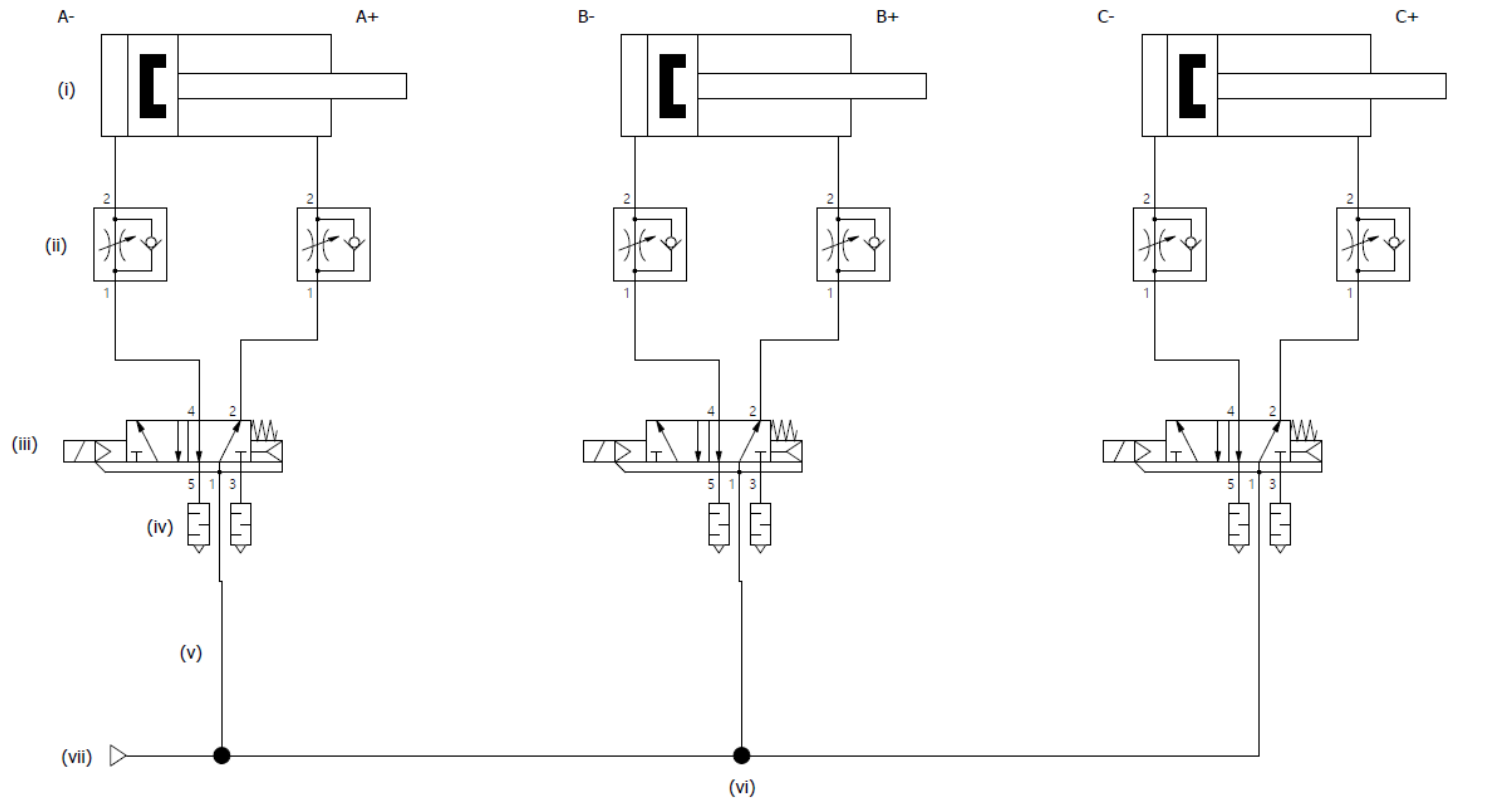


Figura 3.26 - Válvulas de controlo de pressão utilizadas no modelo base laboratorial.

Para melhor compreensão do circuito electropneumático desenvolvido para este projeto, considerando os componentes até agora apresentados, sugere-se a consulta do esquema do circuito electropneumático em simbologia DIN ISO 1219, realizado com o auxílio do programa PneuDraw[®], apresentado na Figura 3.27.

Diagrama do circuito electropneumático DIN ISO 1219



Legenda:

- | | | |
|--|-----------------------------|--------------------------------|
| (i) - Cilindro electropneumático | (iv) - Silenciador | (vii) - Fonte de ar comprimido |
| (ii) - Válvula de controlo de velocidade | (v) - Tubo de ar comprimido | |
| (iii) - Electroválvula monostável 5/2 | (vi) - Junção em T | |

Mestrado em Engenharia Mecânica: Energia, Refrigeração e Climatização
 Projeto de um sistema electropneumático para o ensino de conceitos da Indústria 4.0
 Miguel Francisco - Nº 39198
 Data: 26 de Outubro de 2018

Figura 3.27 - Esquema do circuito electropneumático deste projeto de acordo com a norma DIN ISO 1219, PneuDraw®

3.18. Projeto de impressão 3D

3.18.1. Processos e tecnologias de impressão 3D

Como se perspetiva, nem todas as impressoras 3D utilizam a mesma tecnologia para o mesmo fim. A grande diferença que separa essas diferentes tecnologias de impressão consiste na forma como as camadas do objeto 3D são construídas para formar o produto final. Um dos métodos utilizados para definir a forma como as camadas são criadas é através da fusão ou amolecimento do material a ser utilizado. Outro método consiste na cura de uma resina foto reativa com um laser que trabalha na gama dos ultravioletas ou uma fonte de energia semelhante, camada a camada [37].

Desde 2010 que a *Sociedade Americana para Testes e Materiais (ASTM)*, desenvolveram um conjunto de normas que permitiram classificar os processos de fabrico aditivo em 7 categorias de acordo com a terminologia normalizada para as tecnologias de fabrico aditivo [37].

- Foto polimerização VAT;
- Jato de material;
- Jato de ligação;
- Extrusão de material;
- Fusão de base em pó;
- Laminação de chapa;
- Deposição por energia direta.

No caso deste projeto, iremos descrever mais detalhadamente o método de impressão 3D utilizado.

3.18.2. Extrusão de material

Dentro do processo de *impressão 3D*, o método tecnológico mais utilizado consiste na *Modelagem por Deposição Fundida (FDM)*. Esta tecnologia funciona através da utilização de rolos compostos por filamentos de um determinado material, plástico ou

metal, que alimentam um injetor de extrusão que permite ligar ou desligar o fluxo de fornecimento de material. Por forma a poder criar as diferentes camadas constituintes do objeto 3D, a impressora necessita de possuir o material no seu estado líquido, aquecendo-se o injetor de extrusão até à temperatura de fusão do mesmo. Após abandonar a injetor e ser colocado na posição e camada em causa, o material solidifica rapidamente. O controlo deste método realiza-se através de um software específico. Esta tecnologia utiliza maioritariamente dois tipos de filamentos de plástico, *ABS* (*Acrilonitrilo Estireno de Butadieno*) e *PLA* (*Ácido Polilático*). Na Figura 3.28, apresenta-se um esquema simplificado deste processo de *impressão 3D* [37].

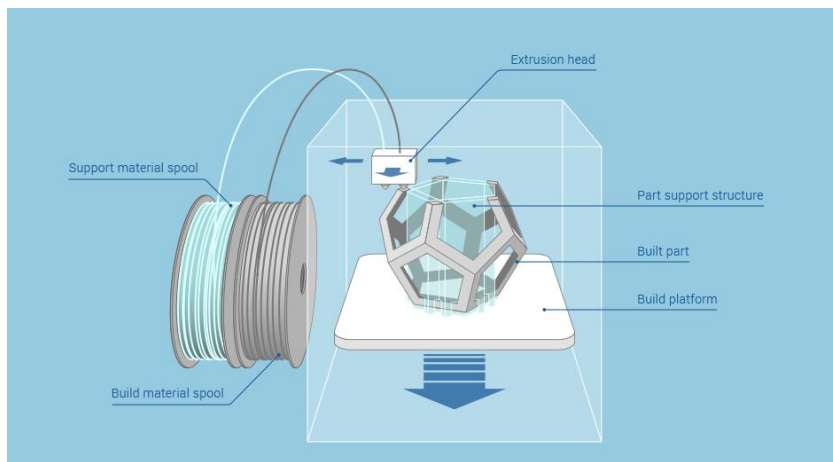


Figura 3.28 - Esquema do método de impressão 3D de extrusão de material [38].

3.18.3. Projeto de impressão 3D

Após análise das ferramentas possíveis de aplicar dentro desta indústria, procedeu-se à escolha da tecnologia a aplicar no desenvolvimento do projeto final. Este equipamento possui como processo de *impressão 3D* apresentada subcapítulo 3.18.2. O material utilizado e limitado pelo próprio equipamento consistiu num polímero *PLA*, um material bastante comum no que diz respeito à sua utilização neste tipo de processo.

Equipamento de Impressão

O equipamento em causa foi desenvolvido pela empresa Portuguesa *BeeVeryCreative*, uma empresa especializada no desenvolvimento de impressoras 3D e no desenvolvimento de tecnologias de *impressão 3D*. Na Figura 3.29, apresenta-se o equipamento de *impressão 3D* em causa. [36, 37].



Figura 3.29 - Equipamento de impressão 3D desenvolvido pela entidade BeeVeryCreative, para impressão dos componentes 3D [41].

Na Tabela 3.9 verificam-se algumas das principais especificações que caracterizam este modelo de *impressão 3D* disponibilizado.

Tabela 3.9 - Especificações do equipamento de impressão 3D disponibilizado para a impressão dos componentes necessários, BeeTheFirst [42].

Especificações técnicas da impressora 3D BeeTheFirst

<i>Resolução da camada</i>	50 100 200 300 microns
<i>Tecnologia de impressão</i>	FFF ou FDM
<i>Material de impressão</i>	PLA (ø1,75mm)
<i>Volume de impressão</i>	190x135x125 mm (7,48x5,31x4,92 in)
<i>Placa aquecida</i>	Não necessário para os filamentos de PLA
<i>Dimensões da impressora</i>	400x140x400 mm (15,75x5,51x15,75 in)
<i>Peso</i>	10,5 kg (23 lb)
<i>Temperatura de funcionamento</i>	15-30°C (59-86°F)
<i>Temperatura de armazenamento</i>	0-30°C (32-86°F)
<i>Tensão de entrada</i>	100-120 VAC 50-60 Hz 200-240 VAC 50-60 Hz
<i>Consumo de potência</i>	Até 90 W

Programa de controlo de impressão

Tal como outros processos de *impressão 3D*, o processo utilizado neste projeto, *Modelação por deposição fundida*, pressupõe a utilização de um programa computacional para controlo da criação de cada camada da estrutura 3D. Este programa permite o controlo e monitorização de todo o processo de *impressão 3D*, assim como a definição da forma como esta é realizada e resolução da mesma.

A entidade *BeeVeryCreative*, fornecedora do equipamento de *impressão 3D*, possui um programa de controlo e monitorização do processo de impressão denominado de *BeeSoft 4.0*, otimizado para a utilização com os seus próprios equipamentos[43].

3.19. Análise de esforços mecânicos

Este projeto, tal como enunciado no capítulo 1, pretende desenvolver um sistema electropneumático capaz de passar alguns dos principais conceitos da *indústria 4.0*. Apesar disto, de todo o desenvolvimento metódico e tecnológico que a *indústria 4.0* introduz, existe a continua necessidade de manter determinados pontos essenciais na criação do sistema em conta, como a análise mecânica de alguns componentes a considerar. Neste subcapítulo pretende-se realizar uma análise aos esforços mecânicos expostos a alguns componentes críticos no desenvolvimento deste projeto, principalmente ao nível do protótipo base laboratorial.

Como já evidenciado e enunciado em 3.1, os cilindros electropneumáticos a serem considerados neste modelo irão permitir a movimentação das embalagens ao longo do sistema desenvolvido. Para realizar esta movimentação, além do acionamento e controlo remoto por parte do controlador lógico programável associado, irá recorrer-se a uma rede de ar comprimido. Esta, quando permitida a entrada através de uma determinada posição do cilindro electropneumático, fará com que um veio interior se movimente numa determinada direção. O veio interior encontra-se relativamente livre, permitindo a sua movimentação quando exposto a 7 bar de pressão exercidos pelo ar comprimido. Apesar disto, devido ao baixo atrito existente entre a superfície interior do cilindro e exterior do

veio, devido às condições fronteira presentes representadas pelos fins do curso do veio em cada direção, subsistirá um esforço associado a esta movimentação.

Se considerarmos o cilindro electropneumático como estando completamente livre no espaço, o esforço exercido no interior do cilindro pelo ar comprimido, para além de realizar a movimentação do veio interior, irá promover a movimentação relativa do cilindro electropneumático como um todo. Isto implicaria que o mesmo se movimentasse consoante a direção em que o ar comprimido fosse inserido no cilindro. Para contrariar este fator, e tendo em conta que é necessário que o mesmo componente se encontre numa posição imóvel, foi necessário a criação de suportes, que liguem o cilindro à base de trabalho do modelo e ao mesmo tempo o mantenham na posição desejada. Sendo assim, toda a movimentação exercida pelo ar comprimido no componente do cilindro electropneumático, que não seja utilizada para a movimentação do seu veio interior, será absorvida pelos suportes criados.

Por esta razão, será necessário considerar uma análise aos suportes dos cilindros electropneumáticos, com o intuito de garantir que os mesmos serão capazes de sustentar todos os esforços durante o funcionamento do sistema.

Modelo de Análise

Para realizar a análise dos esforços mecânicos exercidos no componente de suporte dos cilindros electropneumáticos, recorrer-se-á ao desenvolvimento de uma simulação por meio de um programa de modelação 3D, *Solidworks*[®], e de um módulo incluído no mesmo denominado *Solidworks Simulation*[®]. A escolha de uma análise por meio deste método permitirá obter valores com um grau de precisão aceitável, sem os custos associados a um teste à escala real.

Para a realização da simulação irá recorrer-se ao modelo já criado para a *impressão 3D*, por forma a aproximar os resultados o mais possível do modelo criado em *PLA*. Na Figura 3.30 relembra-se o modelo em causa a ser analisado.

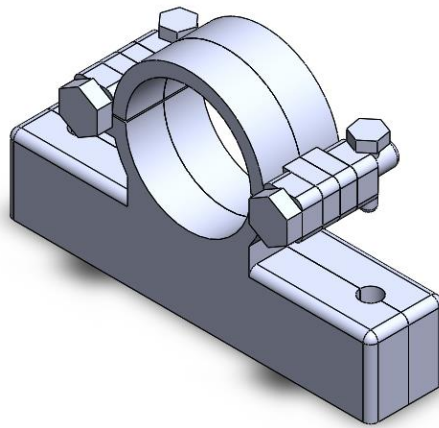


Figura 3.30 - Suporte dos cilindros electropneumáticos modelado por meio do programa Solidworks®.

Este modelo possui na sua constituição oito componentes essenciais que serão tidos em conta na análise posteriormente efetuada.

Esforços considerados

O ar comprimido é introduzido no sistema considerando a pressão da rede disponibilizada pelo *Instituto Superior de Engenharia de Lisboa*, que consiste em cerca de 7 bar. Assumindo que grande parte da pressão disponibilizada é utilizada para movimentar o veio interior do cilindro electropneumático e apenas uma parte, energia dissipada por atrito no interior do cilindro, é transferida para os suportes, especula-se que o valor a considerar para esta análise seja consideravelmente inferior.

Apesar disto, por forma a garantir um tempo de vida útil do componente e ao mesmo tempo obter um coeficiente de segurança superior, considerou-se como a pressão exposta a cada suporte como sendo a totalidade da exercida pelo ar comprimido da rede, ou seja, 7 bar. De notar, que não foram realizadas quaisquer análises de fadiga a este componente, tendo sido apenas efetuadas análises estáticas.

Tendo em conta o posicionamento de cada suporte no cilindro electropneumático considerou-se a aplicação do esforço em causa de acordo com o evidenciado na seguinte Figura 3.31.

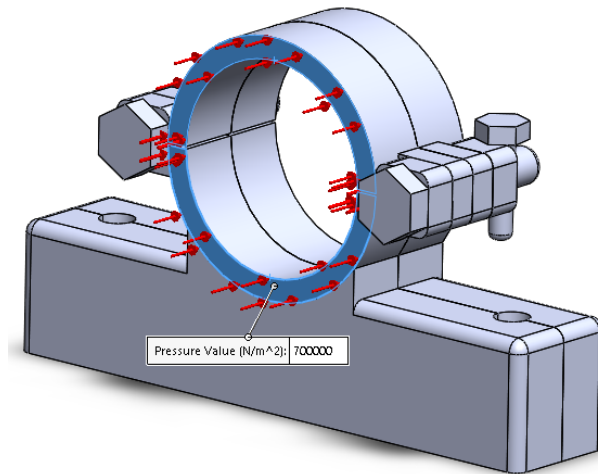


Figura 3.31 - Detalhe da aplicação da pressão exercida no suporte dos cilindros electropneumáticos por meio do software Soliworks®.

Contactos

Por forma a ser possível simular o esforço de forma correta é necessário estabelecer as condições fronteira entre o suporte dos cilindros electropneumáticos e a sua base de sustentação. No caso deste componente, prevê-se a aplicação de um conjunto de dois parafusos com porca que permitirá fixação do suporte à base do modelo laboratorial.

Desta forma, considerou-se para este componente o equivalente a um sistema de dobradiça, permitindo apenas um movimento rotacional no seu próprio eixo em cada ponto de aplicação. A Figura 3.32 permite demonstrar a aplicação desta condição fronteira.

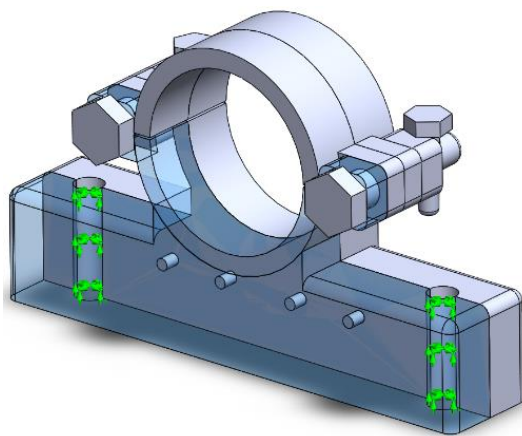


Figura 3.32 - Detalhe da aplicação das condições fronteira no suporte dos cilindros electropneumáticos por meio do software Soliworks®.

Malha

Um dos pontos importantes a considerar na simulação computacional dos esforços estáticos impostos a um determinado equipamento ou componente consiste na malha criada para esse componente. Quanto maior a malha que esse componente possuir, maior será a complexidade do modelo estático criado na simulação, no entanto, o mesmo não é proporcional à precisão e coerência dos resultados em comparação com o modelo real. Tendo isto em conta, optou-se por utilizar uma malha normalizada, automaticamente definida pelo programa *Solidworks Simulation* pressupõe os detalhes expostos na Tabela 3.10.

Tabela 3.10 - Detalhes da malha criada para simulação dos esforços estáticos, por meio do *Solidworks Simulation*.

Detalhes da malha (Solidworks Simulation)

<i>Tipo de malha</i>	Malha sólida
<i>Malha usada</i>	Malha normalizada
<i>Pontos Jacobianos</i>	4
<i>Tamanho do elemento</i>	3,68967 mm
<i>Tolerância</i>	0,184483 mm
<i>Qualidade da malha</i>	Alta
<i>Nodos totais</i>	21712
<i>Elementos totais</i>	13076

Na Figura 3.33, verifica-se o aspeto da malha criada por meio do programa *Solidworks Simulation*.

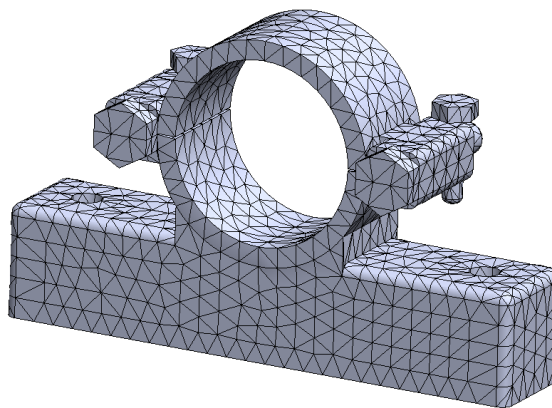


Figura 3.33 - Detalhe da malha criada para a simulação dos esforços estáticos aplicados no suporte dos cilindros electropneumáticos por meio do software *Solidworks*®

Resultados da simulação

Neste ponto serão apresentados os resultados obtidos através da simulação dos esforços estáticos às quais o suporte dos cilindros electropneumáticos estará exposto, considerando todas as condicionantes anteriormente enunciadas.

Tensão de *Von Mises*:

Na Figura 3.34 e Tabela 3.11, verificam-se os resultados obtidos por meio da simulação do componente aos esforços considerados através do programa *Solidworks Simulation*.

Tabela 3.11 - Comparação entre a Tensão de Von Mises obtida em simulação com a Tensão de cedência do material.

Simulação: Tensão de Von Mises

Tensão de cedência	70 MPa
Tensão máxima de Von Mises (simulação)	57,34 MPa

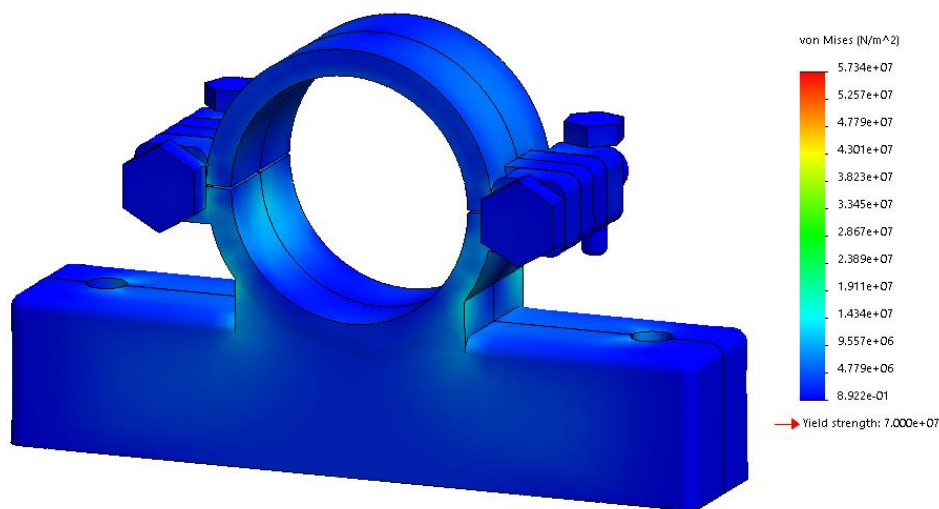


Figura 3.34 - Detalhe gráfico da tensão de Von Mises ao longo do componente em causa após simulação com *Solidworks Simulation*.

Através dos resultados obtidos da tensão de *Von Mises* ao longo do componente de suporte do cilindro electropneumático é possível verificar que o mesmo não ultrapassou o valor de tensão de cedência do material em causa, *PLA*, em nenhum ponto.

Deslocamento:

A análise do deslocamento permite verificar o deslocamento verificado no componente de suporte dos cilindros electropneumáticos após exposto ao esforço considerado. Por forma a proceder a esta análise, foi necessário definir o deslocamento máximo permitido a este componente, tendo-se definido o mesmo como 1 mm. Na Figura 3.35 e Tabela 3.12, verificam-se os resultados obtidos por meio da simulação do componente aos esforços considerados através do programa *Solidworks Simulation*.

Tabela 3.12 - Comparação entre o deslocamento obtido na simulação e o deslocamento máximo definido.

Simulação: Deslocamento

Deslocamento máximo definido	1 mm
Deslocamento máximo (simulação)	0,6467 mm

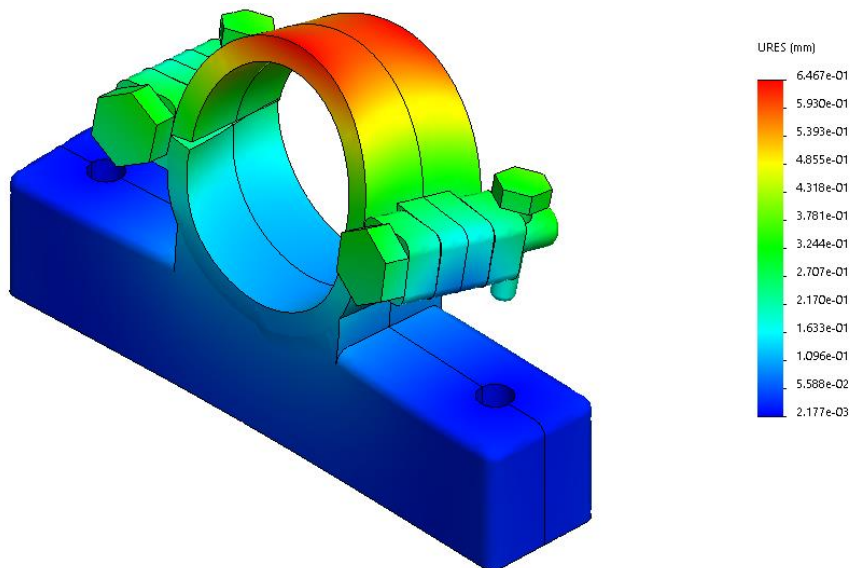


Figura 3.35 - Detalhe gráfico do deslocamento ao longo do componente em causa após simulação com *Solidworks Simulation*.

Através dos resultados obtidos do deslocamento ao longo do componente de suporte do cilindro electropneumático foi possível verificar que o mesmo não ultrapassou o valor de deslocamento máximo definido em nenhum ponto do mesmo.

Coefficiente de segurança:

Por forma a proceder a esta análise foi necessário definir o fator de segurança que seria permitido este componente apresentar, tendo-se definido o mesmo como 1. Na Figura 3.36 e Tabela 3.13, verificam-se os resultados obtidos por meio da simulação do componente aos esforços considerados através do programa *Solidworks Simulation*.

Tabela 3.13 - Comparação entre o fator de segurança obtido na simulação e o fator de segurança mínimo definido.

Simulação: Fator de segurança

Fator de segurança mínimo	1
Fator mínimo (simulação)	1,221

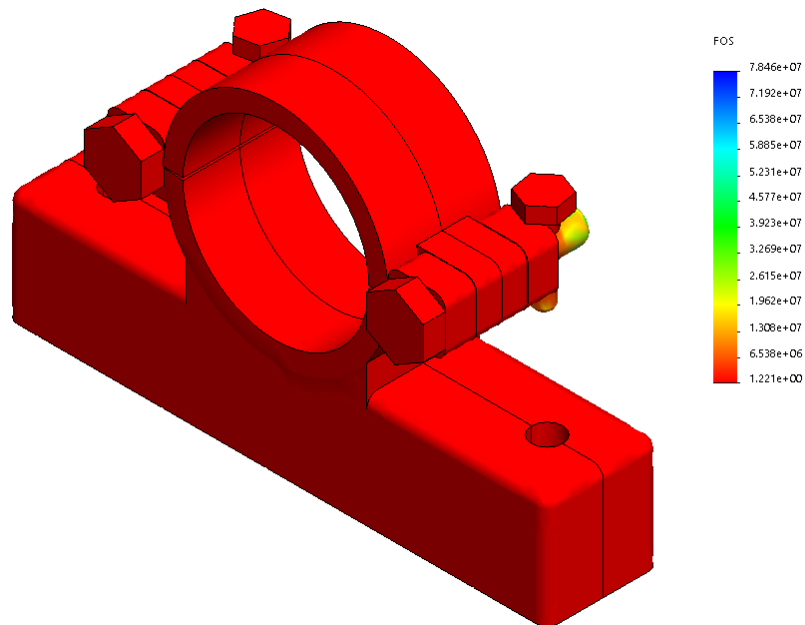


Figura 3.36 - Detalhe gráfico do fator de segurança ao longo do componente em causa após simulação com *Solidworks Simulation*.

Através dos resultados obtidos do fator de segurança ao longo do componente de suporte do cilindro electropneumático foi possível verificar que o mesmo não ultrapassou o valor de fator de segurança mínimo definido em nenhum ponto do mesmo.

3.20. Modelo base laboratorial

Com todos os componentes e sistemas definidos é possível proceder à montagem e desenvolvimento físico do modelo base laboratorial que servirá de base para o controlo e monitorização por meio de uma plataforma web.

A montagem deste sistema electropneumático teve como guia um modelo executado com recurso ao programa de modelação 3D, *Soliworks*[®], por forma a tentar garantir as tolerâncias mínimas necessárias para o correto funcionamento do sistema. Na Figura 3.37, apresenta-se o modelo 3D utilizado.

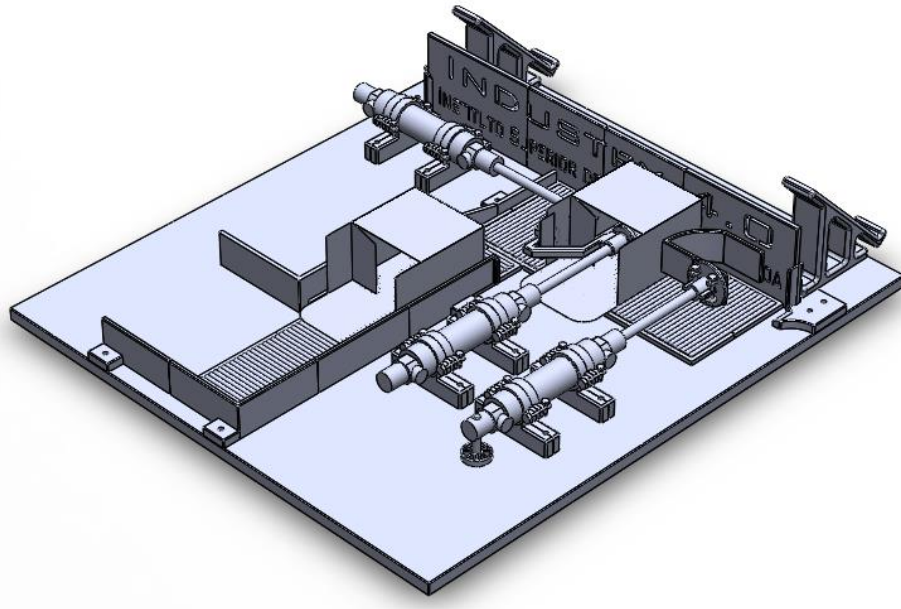


Figura 3.37 - Modelação 3D do modelo base laboratorial criado em *Solidworks*[®].

Mediante o modelo 3D desenvolvido, executou-se a montagem do modelo físico final com apenas ligeiras alterações necessárias devido ao erro humano nas medidas efetuadas na base do modelo. O resultado final deste sistema pode ser verificado na Figura 3.38, a seguinte apresentada.

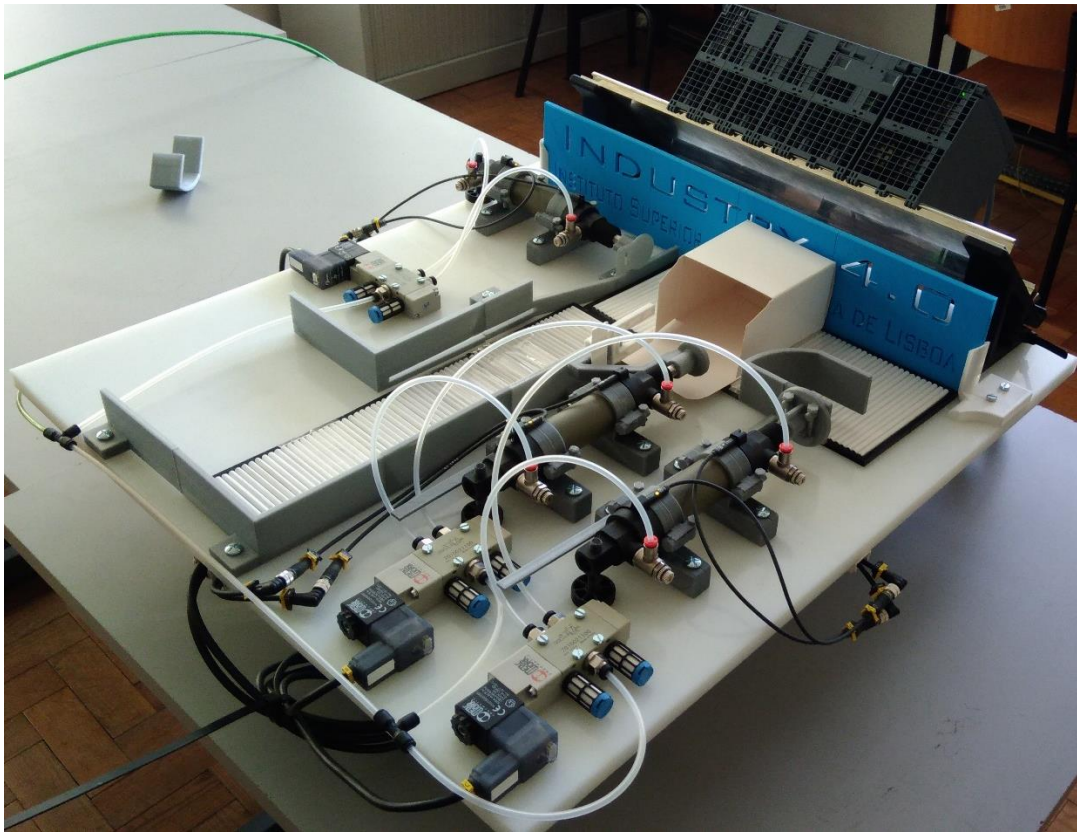


Figura 3.38 – Modelo base laboratorial real após montagem de todos os constituintes.

Tendo o desenvolvimento do protótipo laboratorial realizado é necessário verificar a sua funcionalidade de um ponto de vista do controlo do sistema por meio de um controlador lógico programável.

4. Programação do controlador lógico

Os programas para uso no funcionamento de um controlador lógico programável podem ser escritos em diferentes formatos. Por forma a normalizar todos estes formatos e diminuir a tendência de criação de diferentes e divergentes versões de controlo do *PLC*, foi criada, em março de 1993, a primeira norma na linguagem de programação denominada de *IEC 61131-3*. Esta norma, tal como a própria designação indica, foi criada através da organização líder no mundo na preparação e publicação de normas internacionais para todas as tecnologias elétricas e electrónicas, *International Electrotechnical Commission* ou *IEC* [42, 43].

Esta norma, atualmente em vigor até uma certa extensão, por grande parte da comunidade de fabricantes de controladores lógicos programáveis, inclui várias linguagens de programação, nomeadamente as seguintes enunciadas [45]:

- Texto estruturado (*ST*);
- Diagrama de blocos funcionais (*FBD*);
- Diagrama de contactos (*LD*);
- Lista de instruções (*IL*);
- Gráfico de Função Sequencial (*SFC*).

As linguagens de programação de Diagrama de contactos, Gráfico de função sequencial e Diagrama de blocos funcionais consistem em linguagens de programação gráfica, ao invés das linguagens de programação de Lista de instruções e Texto estruturado que são baseadas numa linguagem à base de texto [45].

Um dispositivo usado na programação de um controlador lógico programável pode ser um equipamento móvel, uma consola *desktop* ou um computador. Dos três dispositivos de programação mencionados anteriormente, o computador será provavelmente o mais utilizado e mais vantajoso [44].

Para ser possível definir a comunicação entre um computador e um controlador lógico programável, é ainda necessário possuir um equipamento próprio, ou seja, um módulo de comunicação especial ou um programa apropriado instalado no próprio

dispositivo. Desta forma, os fabricantes de *PLC* possuem, normalmente, um programa próprio que permite a comunicação, controlo e criação de programas para interação com os seus próprios produtos. Uma ilustração desta situação é a utilizada neste mesmo projeto com o controlador lógico de última geração da entidade *Siemens*, que possui à disposição dos seus utilizadores programas como *SIMATIC STEP 7* e o *TIA Portal* [44].

4.1. Linguagens de Programação

Tal como enunciado anteriormente, de acordo com a norma IEC 61131-3, são consideradas 5 linguagens de programação essenciais.

4.1.1. Texto estruturado (ST)

Tal como o próprio nome poderá indicar, esta linguagem traduz-se numa base de texto que possui bastantes parecenças com a linguagem de programação *Pascal* ou *C*. Nesta linguagem, os programas são escritos através de séries de declarações separadas por semi-colunas. Por sua vez, estas declarações usam subdeclarações e sub-rotinas pré-definidas por forma a realizar alterações às variáveis que são definidas por valores, valores armazenados internamente, entradas e saídas [44].

Este tipo de linguagem foi especialmente criado com o intuito de programar funções aritméticas complexas, manipular tabelas e trabalhar com objetos de palavras e texto. A Figura 4.1, apresenta-se um exemplo da linguagem de programação de Texto estruturado (*ST*) criado no programa desenvolvido pela entidade *Siemens*, *TIA Portal* [45].

```

IF... CASE... FOR... WHILE... (*...*) REGION
OF... TO DO... DO... DO...

1 REGION REGION 1
2   FOR #i := 0 TO 4 DO
3     IF #myArray[#i] = 3 THEN
4       #bAnElementIs3 := TRUE;
5       EXIT;
6     END_IF;
7   END_FOR;
8 END_REGION
9
10 REGION REGION 2
11  FOR #i := 0 TO 4 DO
12    IF #myArray[#i] = 3 THEN
13      #bAnElementIs3 := TRUE;
14      EXIT;
15    END_IF;
16  END_FOR;
17 END_REGION
18
19 REGION REGION 3
20  FOR #i := 0 TO 4 DO
21    IF #myArray[#i] = 3 THEN
22      #bAnElementIs3 := TRUE;
23      EXIT;
24    END_IF;
25  END_FOR;
26 END_REGION
27

```

Figura 4.1 - Exemplo da linguagem de programação, Texto Estruturado (ST), desenvolvido no programa TIA Portal, Siemens [46].

4.1.2. Diagrama de Blocos de Funcionais (FBD)

O Diagrama de blocos funcionais consiste numa linguagem gráfica que, de uma forma simplificada, se baseia na interligação de funções e blocos de funções. Um bloco de função é uma unidade de instruções do programa que, quando executado, permite gerar um ou mais valores de saída. Um bloco de função é representado num bloco retangular com variáveis de entrada na sua esquerda e variáveis de saída à sua direita [42, 43].

Pode possuir na sua constituição funções normais como as observadas nas entradas lógicas, contadores, temporizadores ou então serem definidas pelo próprio programador [44].

Na linguagem de programação em causa, à semelhança do que se irá verificar na linguagem de programação de diagrama de escadas, o código é dividido em redes de trabalho que são organizadas na vertical, umas a seguir às outras. No interior de cada uma destas redes podemos encontrar vários tipos códigos como os seguintes enunciados [45]:

- Expressões lógicas ou aritméticas;
- Invocações de outros programas, funções ou blocos de funções;
- Saltos ou condições de retorno.

Estas redes de trabalho organizadas na vertical e em conjunto permitem criar o programa que é executado de forma sequencial pelo controlador lógico programável a ser utilizado. Um programa baseado nesta linguagem pode possuir na sua constituição várias redes de trabalho com sub-redes de trabalho separadas [45].

A Figura 4.2, apresenta um exemplo da linguagem de programação de Diagrama de blocos funcionais (FBD).

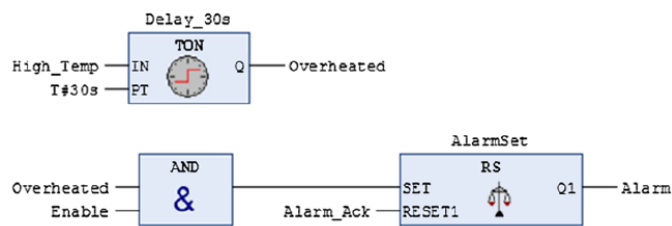


Figura 4.2 - Exemplo do código obtido na linguagem de programação de Diagrama de Blocos de Função [45].

4.1.3. Diagrama de contactos (LD)

A linguagem de programação de Diagrama de contactos, embora não seja a linguagem mais eficiente num determinado conjunto de contextos, continua a ser a uma linguagem bastante utilizada. A razão por trás da sua continuada aplicação consiste no facto desta linguagem ser baseada nos diagramas tradicionais dos circuitos elétricos [45, 46].

Na sua essência, esta linguagem consiste em duas linhas verticais, representativas das linhas de potência, que possuem entre si, linhas horizontais. À semelhança do que poderíamos encontrar num diagrama de um circuito elétrico, existe um conjunto de pontos que devem ser tidos em conta na criação de um diagrama de contactos [44].

- O fluxo de energia é feito da linha vertical da esquerda para a linha vertical da direita através da linha horizontal ou “degrau”;
- Cada “degrau” da escada define uma operação no processo de controlo;
- Da mesma forma que o fluxo de energia é realizado da esquerda para a direita, também a sua leitura. Desde o primeiro degrau a leitura é realizada desde a sua esquerda até ao final, à sua direita, e posteriormente o segundo degrau é lido de acordo com o mesmo processo.

- Cada degrau deverá começar com uma ou mais variáveis de entrada e terminar com pelo menos uma variável de saída;
- Os dispositivos elétricos devem ser mostrados na sua condição normal, ou seja, se um dispositivo possui um interruptor normalmente aberto deverá possuir essa mesma representação no diagrama. O mesmo para os dispositivos com um interruptor normalmente fechado;
- Um dispositivo particular pode aparecer em mais do que um degrau no mesmo programa;
- As variáveis de entrada e saída são todas identificadas pelos seus endereços, sendo que a sua conotação varia consoante o programa desenvolvido pelo fabricante.

A Figura 4.3, apresenta um exemplo da linguagem de programação de Diagrama de contactos criado no programa desenvolvido pela entidade *Siemens, TIA Portal*.

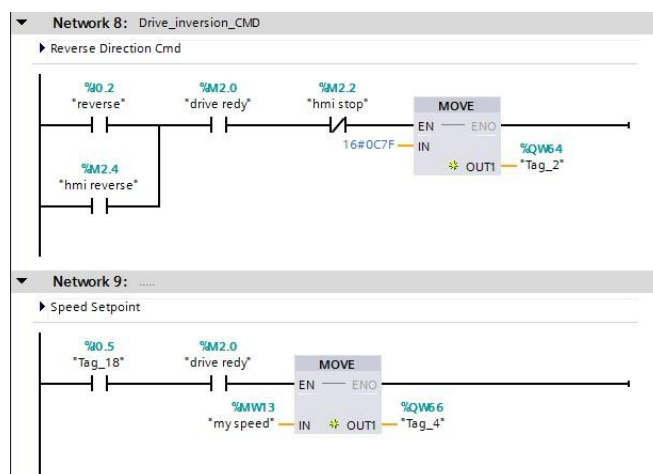


Figura 4.3 - Exemplo do código obtido na linguagem de programação de Diagrama de Escadas através do programa TIA Portal, disponibilizado pela entidade Siemens [47].

Uma das vantagens da utilização desta linguagem nos dias de hoje consiste no facto da mesma ser bastante intuitiva e de fácil implementação em pequenas aplicações. Grande parte dos fabricantes existentes permitem ainda a utilização adicional de funções avançadas integradas com outras linguagens de programação disponíveis [45].

4.1.4. Lista de Instruções (IL)

Esta linguagem de programação pode ser considerada uma versão mais primitiva do Diagrama de contactos usando texto. Neste método é criada uma série de instruções, cada uma numa linha, onde as mesmas consistem num operador seguido de um ou mais operandos. Para os operadores recorre-se a códigos mnemónicos, cada um correspondente a um elemento operador ou *degrau*. Os códigos utilizados por grande parte dos fabricantes são os definidos pela norma *IEC 61131-1*, no entanto, é de notar que de fabricante para fabricante poderão existir diferenças. Na Tabela 4.1, representam-se os códigos mnemónicos sugeridos pela norma em causa [44].

Tabela 4.1 - Códigos mnemónicos da linguagem de programação Lista de Instruções [44].

Lista de Instruções – Norma IEC 61131-3	
Códigos Mnemónicos	Operação
LD	Carregar uma operação no registo de resultado
LDN	Carregar uma operação negativa no registo de resultado
AND	AND booleano
ANDN	AND booleano com uma operação negativa.
OR	OR booleano
ORN	OR booleano com uma operação negativa
ST	Armazenamento do resultado registado na operação

Em suma a linguagem de programação de Lista de instruções é uma linguagem à base de texto de baixa qualidade que é simples de implementar e usada essencialmente na programação de controladores lógicos programáveis de pequenas a médias dimensões, sendo particularmente adequados para programas pequenos e diretos [44].

A Figura 4.4, permite dar um exemplo da linguagem de programação de Lista de instruções (*IL*) criada no programa desenvolvido pela entidade *Siemens, TIA Portal*.

Network 1:				RLO	Value
Comment					
1	A	"Motor_1_Enabled"		1	1
2	AN	"Motor_1_EmergencyStop"		0	1
3	JC	n_OK		1	
4	=	"Motor_1_Start"		1	1
5	AN	"Motor_1_SpeedOK"		0	1
6	AN	"Motor_1_BreakesEnabled"		0	0
7	=	"Motor_1_Stop"		0	0
8	JU	End			
9	n_OK: SET				
10	AN	"Motor_1_BreakesEnabled"			
11	=	"Motor_1_Stop"			
12	End: NOP	0		0	

Figura 4.4 - Exemplo do código obtido na linguagem de programação de Lista de Instruções através do programa TIA Portal, disponibilizado pela entidade Siemens [48].

4.1.5. Gráfico de Função Sequencial (SFC)

Apesar de se denominar de linguagem de programação, o Gráfico de função sequencial não o é na sua verdadeira essência. Esta linguagem foi criada com o intuito de auxiliar na programação estruturada, nomeadamente ao nível das operações de controlo que possuem uma natureza sequencial de funcionamento. A linguagem de programação Gráfico de função sequencial é definida em três elementos principais a seguir enunciados [45].

- **Etapas:**
Relacionadas com os estados individuais ou fases que serão controladas pelo controlador lógico programável;
- **Transições:**
Estas possuem condições que devem ser satisfeitas por forma a que o controlo efetuado se possa proceder de um estado para outro;
- **Ações:**
Estas encontram-se associadas às etapas individuais, eventos definidos e instruções que deverão ser executadas no processo individual das fases;

Na Figura 4.5, é possível verificar uma pequena representação do funcionamento do processo de sequência da linguagem de *SFC*.

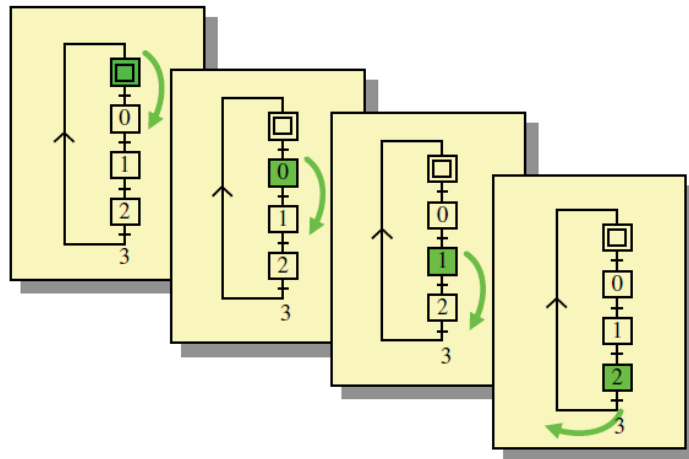


Figura 4.5 - Representação do funcionamento da linguagem de programação SFC [45].

A Figura 4.6, permite dar um exemplo da linguagem de programação de Gráfico de função sequencial (SFC) criada no programa desenvolvido pela entidade Siemens, TIA Portal.

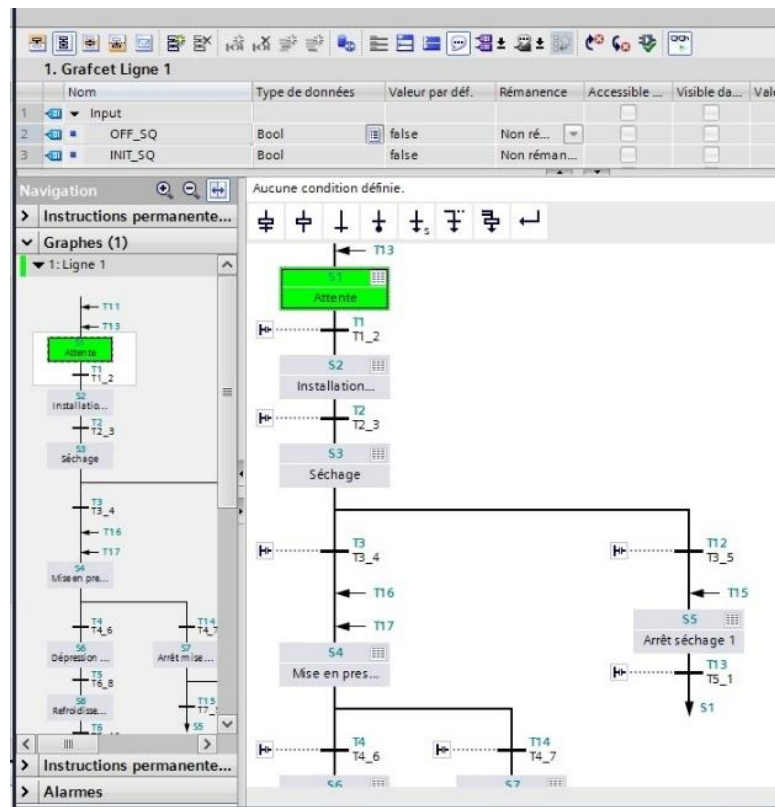


Figura 4.6 - Exemplo do código obtido na linguagem de programação de Gráfico de Função Sequencial através do programa TIA Portal, disponibilizado pela entidade Siemens [49].

4.2. Estrutura do Programa

A estrutura de grande parte dos controladores lógicos programáveis e programas associados tende a seguir a norma *IEC 61131-3* desenvolvida, permitindo uma consistência com os controladores lógicos mais avançados e unidades de processamento central envolvidos. Com isto em vista, foi desenvolvida uma hierarquia específica na estrutura de programação com os seguintes elementos a seguir enunciados [45].

- Configuração;
- Recursos;
- Tarefas;
- Variáveis;
- Programas, Funções e Blocos de Funções.

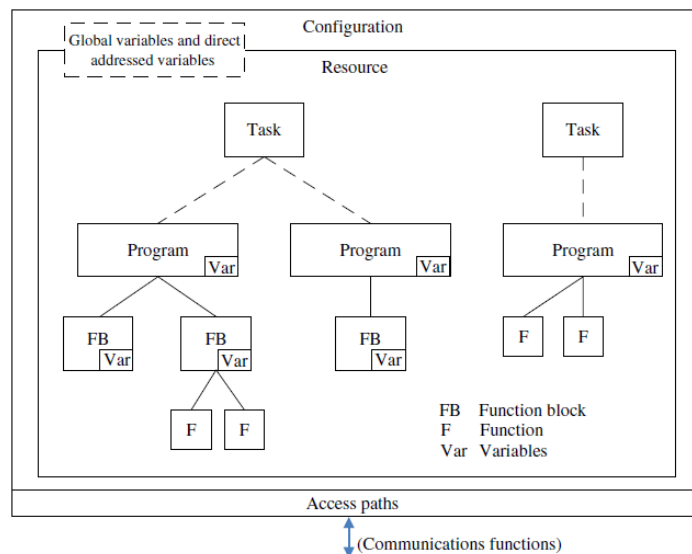


Figura 4.7 - Elementos de configuração e estrutura geral de programação de acordo com a norma IEC 61131-3 [45].

4.3. TIA Portal V13

O programa *TIA Portal* ou *Portal de Automação Totalmente Integrado*, desenvolvido pela entidade *Siemens*, permite fornecer um conjunto de funções

necessárias à implementação de tarefas de automação montadas numa plataforma única de programas cruzados. Em suma, este programa irá permitir-nos comandar todos os controladores lógicos programáveis, entradas e saídas lógicas e acessórios de monitorização e controlo associados [50].

Na estrutura de operação é possível encontrar um conjunto de pacotes, desde a configuração e programação dos equipamentos até à visualização do próprio processo num formato de compreensão do ponto de vista da engenharia [51, 52].

Para além de outros conteúdos mais específicos e de menor relevância, o trabalho por meio deste software permite um conjunto de vantagens que visam melhorar a eficiência no suporte durante a realização de uma determinada solução, conforme poderá ser verificado a seguir [52].

- Engenharia integrada com um conceito de operação uniforme, permitindo que os processos de automação e de visualização possam trocar informação com maior facilidade;
- Gestão de dados consistente e centralizada com editores poderosos e símbolos universais, permitindo a disponibilização de informação em todos os editores criados e a aplicação de alterações automaticamente em todo o projeto;
- Conceito de biblioteca compreensível através de instruções prontas e partes do projeto pré-existent;
- Múltiplas linguagens de programação disponibilizadas, nomeadamente, *LAD*, *FBD*, *SCL*, *STL* e *S7-GRAPH*, sendo que os dois últimos apenas se encontram disponibilizados na versão *STEP 7 Professional*, para os modelos de controladores lógicos programáveis *S7-300/400/WinAC* e *S7-1500*.

Na Figura 4.8, é possível visualizar o alcance do desempenho de cada produto de *STEP 7* e *WinCC*, disponibilizados pela entidade Siemens.

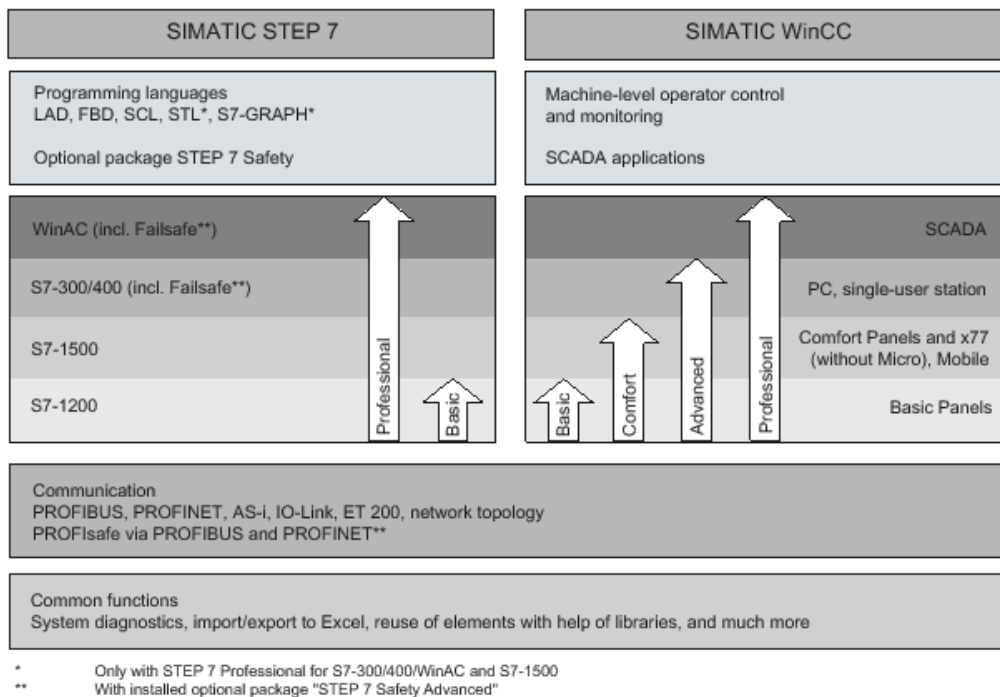


Figura 4.8 - Escala do produto STEP 7 e WinCC no programa TIA Portal no âmbito do desempenho do mesmo [52].

Na criação do código de comando e monitorização do controlador lógico programável disponibilizado, *S7-1516-3*, e de todas as configurações do mesmo à página web a ser criada, utilizou-se a versão 13 da plataforma *TIA Portal* ou *TIA Portal V13*.

4.4. Definição do projeto de comando

Toda a informação relativa ao projeto de comando, que é gerada durante a criação de uma solução de controlo, é guardada num ficheiro de projeto, na forma de objetos. Dentro do projeto criado, estes objetos encontram-se organizados numa estrutura em árvore ou numa hierarquia. A hierarquia de projeto é baseada nos dispositivos e estações em simultâneo com as informações de configuração e programas que fazem parte do mesmo.

Para que seja possível efetuar a criação de um projeto no programa de controlo *TIA Portal*, os seguintes requisitos deverão sempre ser cumpridos com pena de o mesmo não funcionar de forma correta.

- Unidade de processamento central ou *CPU*, nesta situação o modelo *1516-3 PN/DP*, encontrar-se com a instalação física e elétrica realizada;
- Ligação Ethernet ao dispositivo de programação ou computador;
- Programa *SIMATIC STEP7 Professional V13* instalado no dispositivo de programação ou computador;
- Programa *SIMATIC WinCC Advanced V13* ou *SIMATIC WinCC Professional V13* instalado no dispositivo de programação ou computador.

Na criação de um novo projeto de automação é necessário definir um ficheiro e a configuração que o mesmo deverá respeitar por forma a cumprir não só os parâmetros definidos para o projeto, mas também tendo em conta os equipamentos disponibilizados. Na Figura 4.9, é possível visualizar a plataforma de criação disponibilizado pelo próprio *TIA Portal*.

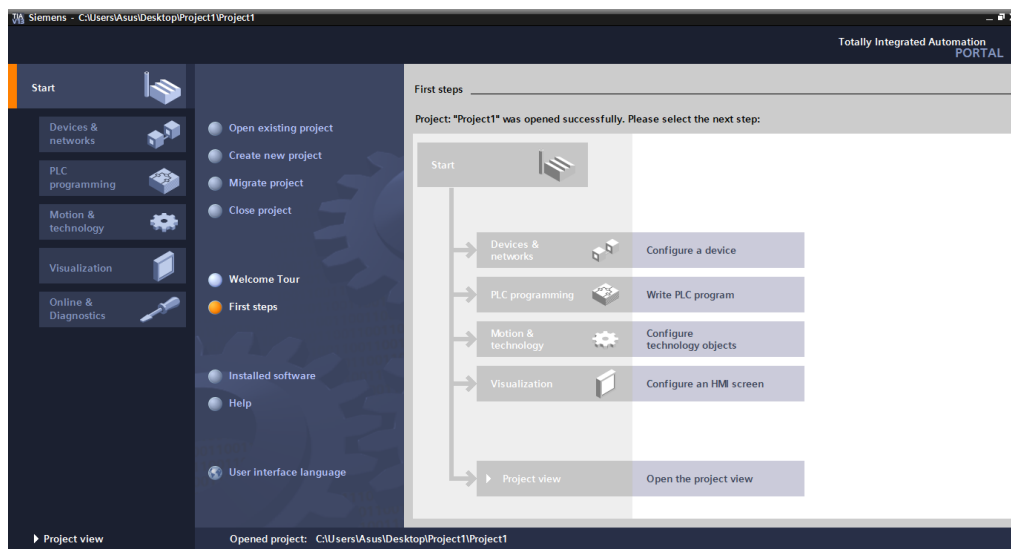


Figura 4.9 – Menu de criação do projeto de automação disponibilizado pelo programa *TIA Portal*.

Para realizar a deteção ou configuração dos dispositivos existem dois métodos disponíveis.

1º Método:

No caso de se saber, aquando da criação do projeto, todas as referências e/ou modelos dos dispositivos associados é possível selecionar os mesmos por meio do catálogo de dispositivos obtido no programa *TIA Portal*, conforme a Figura 4.10 exemplificada.

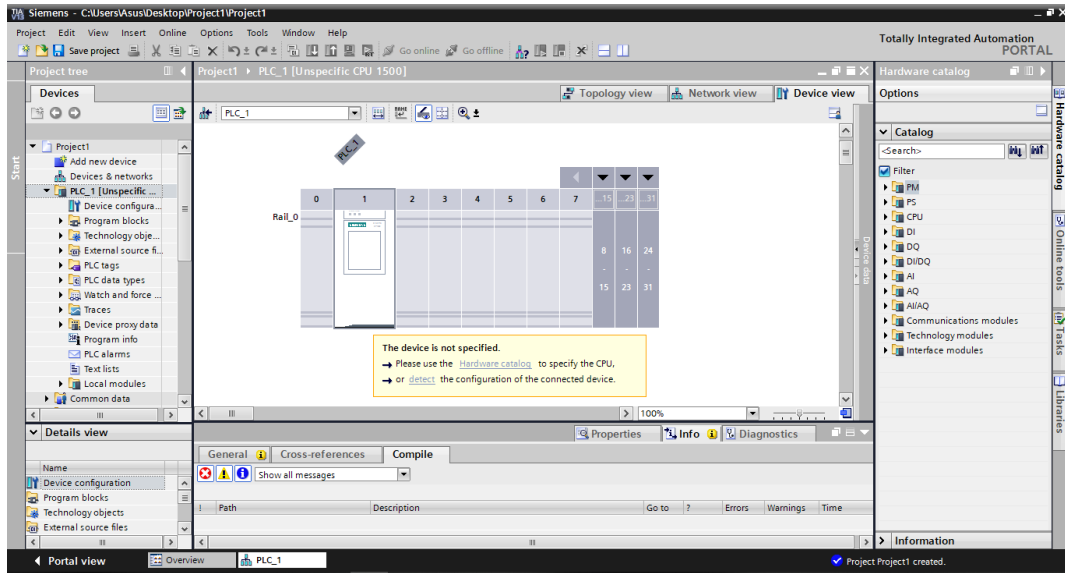


Figura 4.10 – Representação do menu de catálogo de dispositivos associados ao controlador disponibilizado pelo programa TIA Portal.

De notar que na janela de início da criação do projeto de automação é possível selecionar a unidade de processamento central a ser considerada.

2º Método:

O segundo modo para realizar este tipo de configuração consiste na deteção automática dos dispositivos associados ao controlador lógico programável, desde a fonte de alimentação aos módulos de entradas e saídas. No entanto, para que seja possível realizar esta deteção é necessário conectar o controlador lógico programável ao dispositivo de comando ou computador por meio da atribuição de um endereço de IP, tanto ao controlador como ao próprio dispositivo de comando, por forma a permitir a sua comunicação.

Iniciando no próprio *PLC*, por forma a ser atribuído um endereço de IP desejado ao controlador, é necessário selecionar o submenu das propriedades do mesmo, que se

encontrará na parte inferior da representação de todos os dispositivos associados, conforme a Figura 4.11 apresenta.

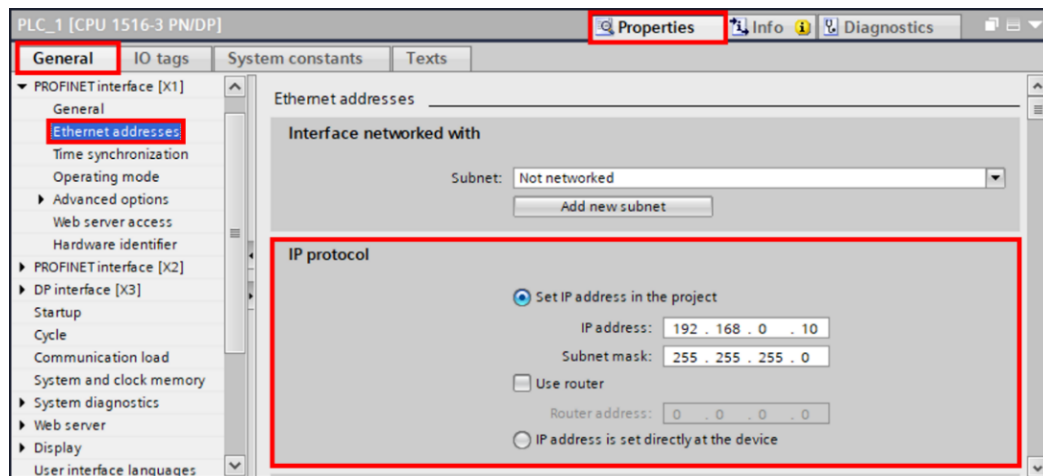


Figura 4.11 - Seleção do endereço de IP a considerar para a comunicação entre o dispositivo de comando e o controlador lógico programável.

Como é possível verificar através da Figura 4.11, o endereço de IP atribuído consistiu num correspondente à forma de endereço *IPv4*, ou quarta versão dos endereços de IP, e conjunto com uma máscara de sub-rede. Tendo estes valores atribuídos, é necessário agora proceder à atribuição de um endereço de IP da mesma família, no entanto, com um valor final diferente ao dispositivo de comando ou computador, por forma a que ambos os equipamentos possam comunicar.

Na Figura 4.12 e Figura 4.13 é possível verificar a representação do procedimento de criação do endereço de *IPv4*, para o dispositivo de comando.

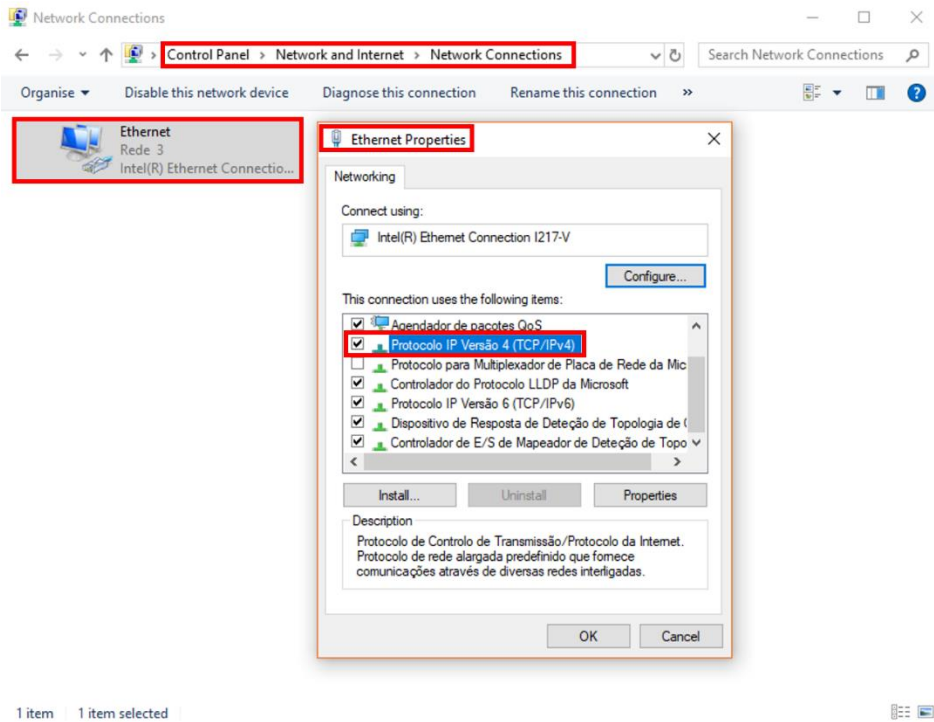


Figura 4.12 - Seleção das propriedades da rede de Ethernet do dispositivo, sistema operativo Windows 10.

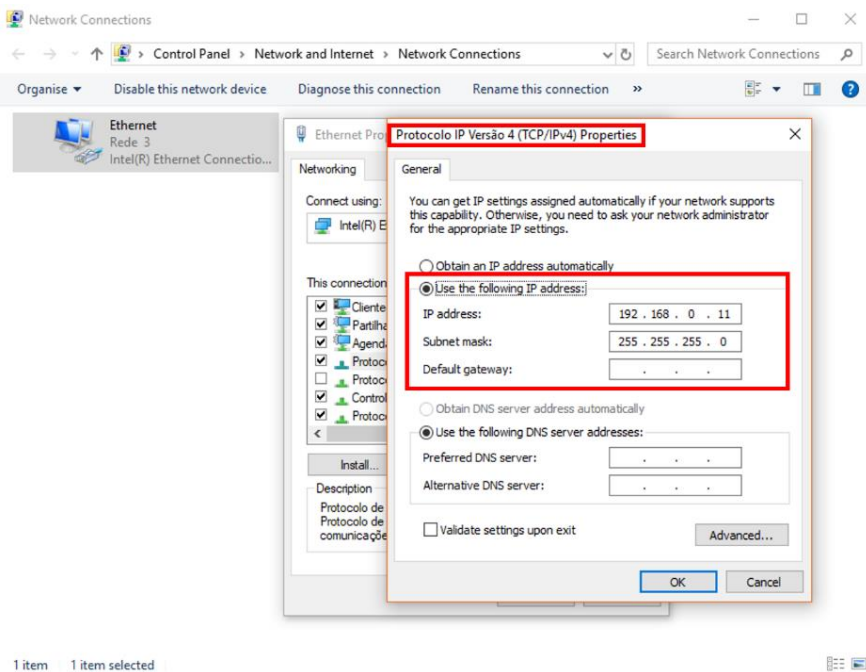


Figura 4.13 - Definição do endereço de IPv4 a atribuir ao dispositivo, sistema operativo Windows 10.

Comparando a Figura 4.12 e Figura 4.13, é possível averiguar que ambos os endereços de IP possuem a configuração 192.168.0.xxx, garantindo serem parte da mesma família. Para o projeto em causa foram considerados os seguintes IPv4, 192.168.0.11 e 192.168.0.10, para o dispositivo de comando ou computador e para o controlador lógico programável respetivamente. No que diz respeito ao endereço da máscara de sub-rede de ambos os equipamentos, esta deverá manter-se idêntica ao longo de todo o endereço.

Tendo definido o caminho de comunicação entre o dispositivo de comando e o controlador lógico programável, é possível efetuar a comunicação e deteção de todos os equipamentos associados ao controlador S7-1500.

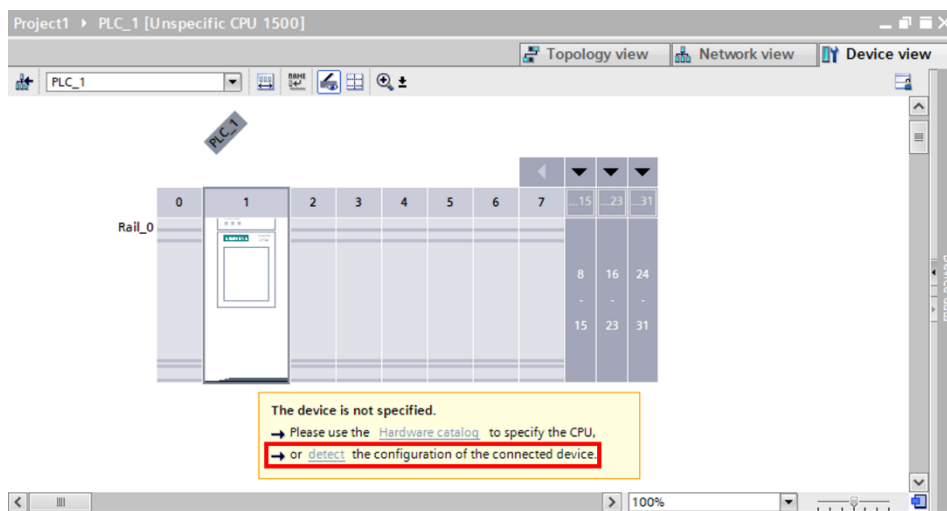


Figura 4.14 - Deteção da configuração dos dispositivos associados ao controlador lógico programável S7-1516-3 PN/DP.

Para efetuar a deteção de forma correta deverão ser executados os seguintes procedimentos:

1. Selecionar a unidade de processamento central não especificada inicialmente;
2. Selecionar a deteção de dispositivos que se encontra no menu “Online” do programa ou selecionar a deteção conforme a Figura 4.14 apresentada anteriormente;
3. Durante a deteção, selecionar a entrada *PN/IE* como o tipo da interface *PG/PC*;
4. Selecionar a interface *PG/PC*;

5. Selecionar a opção de *mostrar todos os dispositivos compatíveis*;
6. Selecionar a unidade de processamento central dos dispositivos compatíveis na sub-rede;
7. Selecionar a opção *Flash LED*, por forma a efetuar um teste através dos *LED* constituintes do *PLC*;
8. Selecionar a opção *Detetat*, para substituição do *CPU* não especificado pelo tipo concreto do sistema e restantes dispositivos associados.

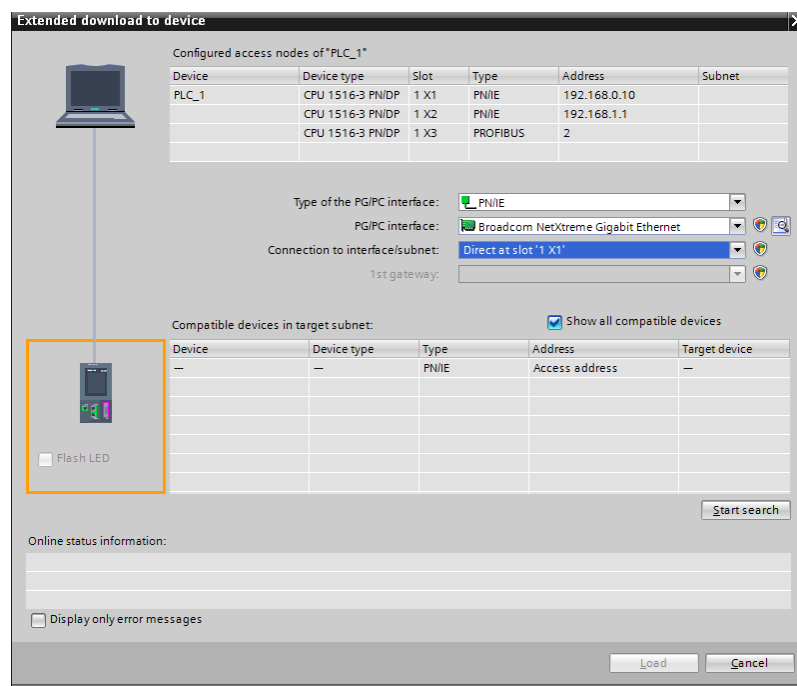


Figura 4.15 – Deteção do controlador lógico programável por meio de interface PROFINET.

4.5. Metodologia de controlo

Ao nível de sistemas pneumáticos podemos encontrar dois tipos de sistemas de controlo, sistemas lógicos combinatórios e sistemas lógicos sequenciais. No primeiro não existe a necessidade de memória, bastando combinar as diferentes variáveis de entrada requisitadas para obter a sequência do sistema necessária. Já nos sistemas lógicos sequenciais podem existir não conformidades, uma vez, que é necessário existir memória para distinguir as diferentes fases do ciclo ao longo da execução da sequência, ou seja, do histórico do sistema e das variáveis.

Desta forma, tendo em conta o sistema a implementar neste projeto, processo de empacotamento com fases específicas que são influenciadas pela ocorrência anterior, considerou-se que o sistema lógico mais adequado a ser implementado neste projeto consistiu num sequencial.

De acordo com este definiu-se a sequência de movimentos, que descreveu o funcionamento do sistema de empacotamento implementado, conforme é possível observar na sequência a seguir.

A+C+/B+/A-/B-/C-

As diferentes letras enunciadas na sequência de movimentos estão relacionadas com os cilindros electropneumáticos constituintes do sistema, Figura 3.1.

4.6. Seleção da linguagem de programação

Numa metodologia de controlo sequencial e de acordo com a estrutura organizacional do sistema considerado seria adequado implementar uma linguagem de programação Gráfico de Função Sequencial ou Grafcet. No entanto, para este projeto optou-se pela utilização da linguagem de programação de Diagrama de Contactos ou LAD pelos seguintes factores:

- Linguagem gráfica mais fácil de entender;
- Adequada para utilização em controlo e funções lógicas;
- Utilização considerável universalmente, devido à sua parecença com um circuito eléctrico;
- Fácil compreensão e implementação;
- Elevado conhecimento prévio relativamente às restantes linguagens disponíveis, possibilitando encurtar o tempo de criação do código de controlo.

4.7. Criação do programa de controlo

Para a criação do programa de controlo será necessário proceder à execução dos seguintes passos básicos.

1. Definição das *tags* ou variáveis de controlo;
2. Definição do bloco de comando;
3. Definição das linhas de comando;
4. Escrita do código.

4.7.1. Definição das variáveis

Para efetuar a definição de todas as variáveis de entrada e saída, as que serão posteriormente conectadas aos respetivos módulos físicos, é necessário compreender e perceber o funcionamento do sistema em causa. O projeto a ser desenvolvido pretende simular uma parte de um sistema de embalamento que compõe, como componentes essenciais ao seu funcionamento, três cilindros electropneumáticos, três electroválvulas, três atuadores e seis sensores fins de curso.

Tabela 4.2 - Dispositivos usados como variáveis de entrada para o PLC.

Dispositivos de entrada (Input)
Sensor fim de curso de avanço ao cilindro electropneumático A
Sensor fim de curso de recuo ao cilindro electropneumático A
Sensor fim de curso de avanço ao cilindro electropneumático B
Sensor fim de curso de recuo ao cilindro electropneumático B
Sensor fim de curso de avanço ao cilindro electropneumático C
Sensor fim de curso de recuo ao cilindro electropneumático C

Tabela 4.3 - Dispositivos usados como variáveis de saída para o PLC.

Dispositivos de saída (Output)
Electroválvula do cilindro electropneumático A
Electroválvula do cilindro electropneumático B
Electroválvula do cilindro electropneumático C

Para definir estas variáveis de entrada e saída no programa de automação a ser criado, é necessário, primeiramente, criar um elemento representativo e um endereço de cada uma das variáveis através de letras e/ou números. Os endereços que se encontram afetos ao próprio programa e módulos de variáveis disponibilizados possuem uma letra representativa do tipo de variável em causa e um número distinto, de acordo com a capacidade de variáveis disponíveis. Na Tabela 4.4 e Tabela 4.5, é possível verificar as tag's definidas para cada uma das variáveis.

Tabela 4.4 - Imagens e símbolos (TAG's) das variáveis de entrada usadas na programação [Anexo B].

Variáveis de entrada do PLC S7-1516-3 PN/DP		
Dispositivos de entrada	Tag's	Endereços do módulo
Sensor fim de curso de avanço ao cilindro electropneumático A	a1	I1.0
Sensor fim de curso de recuo ao cilindro electropneumático A	a0	I1.1
Sensor fim de curso de avanço ao cilindro electropneumático B	b1	I1.2
Sensor fim de curso de recuo ao cilindro electropneumático B	b0	I1.3
Sensor fim de curso de avanço ao cilindro electropneumático C	c1	I1.4
Sensor fim de curso de recuo ao cilindro electropneumático C	c0	I1.5
Botão de início do programa	Start	I0.1
Botão de paragem do programa	Stop	I0.2
Automático	Auto	I0.3
Manual	Manual	I0.4

Tabela 4.5 - *Imagens e símbolos (TAG's) das variáveis de saída usadas na programação [Anexo B].*

Variáveis de saída do PLC S7-1516-3 PN/DP		
Dispositivos de saída	Tag's	Endereços do módulo
Atuador A	CEA	Q8.0
Atuador B	CEB	Q8.2
Atuador C	CEC	Q8.4

Para além das variáveis anteriormente enunciadas, relacionadas com os dispositivos de entrada e saída físicos presentes, também serão consideradas outras variáveis que terão como objetivo armazenar determinadas informações relativas ao funcionamento do programa de automação e com o intuito de auxiliar e fornecer alternativas ao controlo do sistema. Essas mesmas variáveis e a sua respetiva informação encontram-se apresentadas na Tabela 4.6, a seguir apresentada.

Tabela 4.6 - *Imagens e símbolos (TAG's) das variáveis auxiliares usadas na programação [Anexo B].*

Variáveis auxiliares do PLC S7-1516-3 PN/DP		
Variáveis	Tag's	Endereços do módulo
Memória de posição do cilindro electropneumático A	Memória CEA	M1.0
Memória de posição do cilindro electropneumático B	Memória CEB	M1.1
Memória de posição do cilindro electropneumático C	Memória CEC	M1.2
Memória do contador	Memória contador	MW10
Reinicialização do contador	ResetCounter	I1.6

Todas as variáveis anteriormente enunciadas são organizadas num submenu do programa de automação criado na plataforma *TIA Portal*, conforme a Figura 4.16 apresenta.

PLC tags				
	Name	Tag table	Data type	Address
1	Start	Default tag table	Bool	%I0.1
2	a 1	Default tag table	Bool	%I1.0
3	a 0	Default tag table	Bool	%I1.1
4	CEA	Default tag table	Bool	%Q8.0
5	b 1	Default tag table	Bool	%I1.2
6	b 0	Default tag table	Bool	%I1.3
7	CEB	Default tag table	Bool	%Q8.2
8	c 1	Default tag table	Bool	%I1.4
9	c 0	Default tag table	Bool	%I1.5
10	CEC	Default tag table	Bool	%Q8.4
11	Memória CEA	Default tag table	Bool	%M1.0
12	Memória CEB	Default tag table	Bool	%M1.1
13	Memória CEC	Default tag table	Bool	%M1.2
14	Memória contador	Default tag table	Int	%MW10
15	Resetcounter	Default tag table	Bool	%I1.6
16	Stop	Default tag table	Bool	%I0.2
17	Manual	Default tag table	Bool	%I0.3
18	Auto	Default tag table	Bool	%I0.4

Figura 4.16 - Tabela de imagens e Símbolos/tags no programa TIA Portal [Anexo B].

4.7.2. Definição do código de controlo

Código de automação definido terá como função controlar todas as ações do sistema e garantir que cada fase do processo parcial de embalamento é implementada em conformidade. A escrita do código de comando principal é normalmente efetuada por meio de um bloco denominado de *Main [OB1]*. Estes blocos organizacionais permitem a criação de uma interface entre a unidade de processamento central e o programa do utilizador conforme a Figura 4.17, a seguir apresentada.

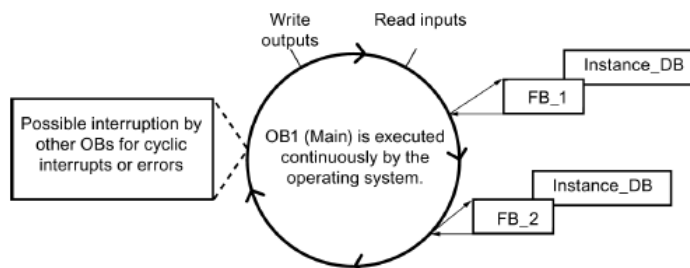


Figura 4.17 - Representação da função de um bloco organizacional na estrutura de funcionamento do programa de controlo de automação, TIA Portal [50].

Dentro deste bloco organizacional podem ser criadas diferentes redes de informação, ou *networks*, cada uma destinada a uma função pretendida consoante a estrutura do programa desejada. Para a implementação das fases deste sistema definiram-se, com as redes de trabalho a considerar as seguintes

- Rede trabalho 1 (Network1): Comunicação entre o *PLC* e o servidor web;
- Rede de trabalho 2 (Network2): Seleção do sistema de controlo automático;
- Rede informação 3 (Network3): Seleção do sistema de controlo manual.

A primeira rede de trabalho, *Network1*, não será abordada neste capítulo, uma vez, que se refere ao controlo e comando do servidor e página web a implementar. Para maior detalhe sugere-se a consulta do capítulo 5 deste volume.

Rede de trabalho 2 (Network2)

A rede de trabalho 2 irá permitir a seleção do modo automático de controlo do sistema, ou seja, permitir a execução das diferentes fases do processo parcial de embalamento. Para a execução deste comando será criado um bloco de função ou unicamente função, que possuirá no seu interior o código de execução das fases do processo de forma automática. Na Figura 4.18, é possível verificar a forma como esta função é disposta e ativada na rede.

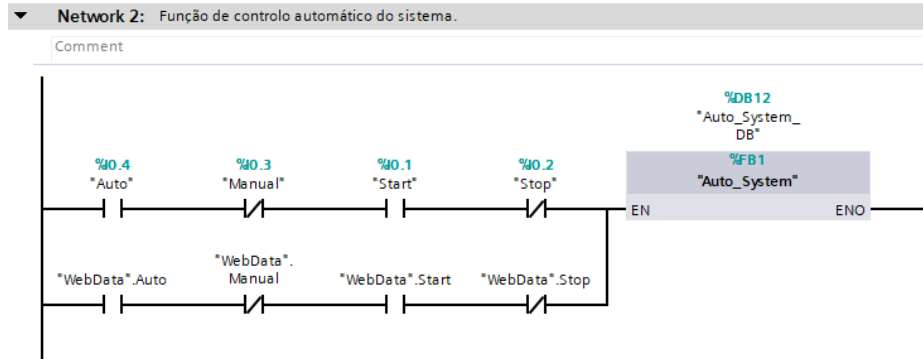


Figura 4.18 - Rede de trabalho 2 de seleção do modo automático do sistema [Anexo B].

Para garantir a execução do código que se encontra no interior da função *Auto_System_DB* é necessário garantir as condições enunciadas numa das linhas, ou seja, garantir que as variáveis ou botões *Auto* e *Start* se encontrem na ativos, valor 1, e as variáveis ou botões *Manual* e *Stop* se encontram inativos, valor 0.

Rede de trabalho 3 (Network3)

A rede de trabalho 3 irá permitir a seleção do modo manual de controlo do sistema, ou seja, permitir a execução dos diferentes cilindros electropneumáticos consoante a vontade do utilizador. Para a execução deste comando será criada um bloco de função, ou unicamente função, que possuirá no seu interior o código de cada atuador. Na Figura 4.19, é possível verificar a forma como esta função é disposta e ativada na rede.

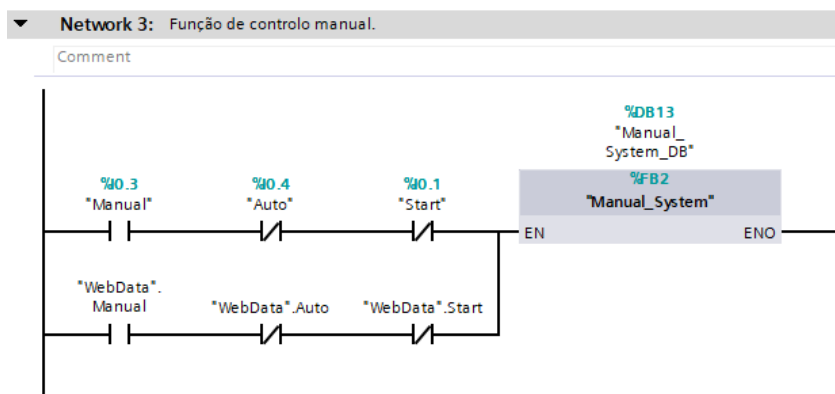


Figura 4.19 - Rede de trabalho 3 de seleção do modo manual do sistema [Anexo B].

Para garantir a execução do código que se encontra no interior da função *Manual_System_DB* é necessário garantir as condições enunciadas numa das linhas, ou seja, garantir que a variável ou botão *Manual* se encontra na ativo, valor 1, e as variáveis ou botões *Auto* e *Start* se encontram inativos, valor 0.

Função *Auto_System_DB*

Tal como enunciado, esta função contém no seu interior o código de comando do sistema de forma automático, que possuirá na sua constituição 4 linhas de comando principais a seguir descritas.

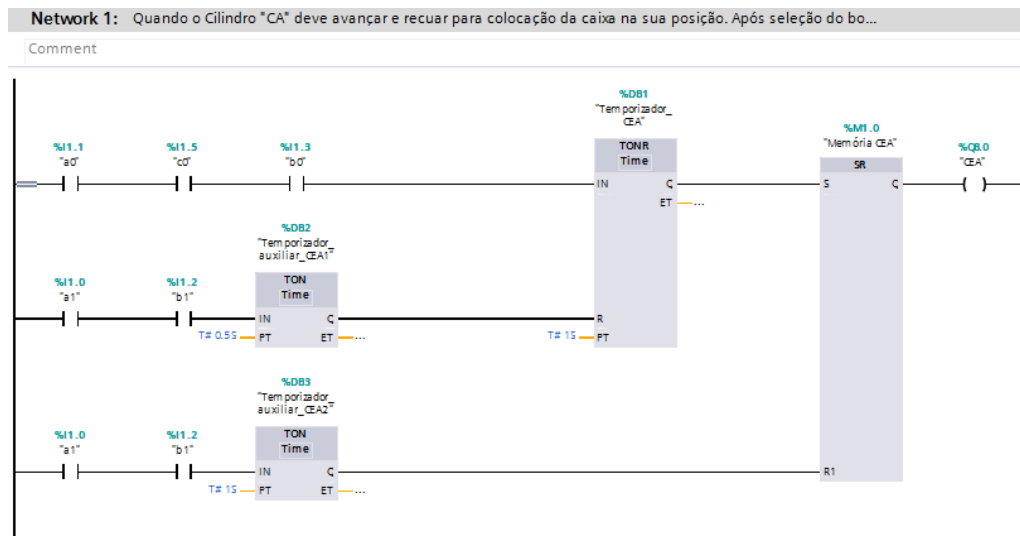


Figura 4.20 - Código de controlo do avanço e recuo do cilindro electropneumático "A", por meio do programa TIA Portal [Anexo B].

Como é possível verificar através da Figura 4.20, esta rede de informação é composta por 3 linhas de código que convergem com o intuito de fazer atuar ou não o cilindro electropneumático A que se encontra representado pela variável de saída CEA.

Para efetuar esta ação é necessário que apenas a primeira condição seja verificada, ou seja, que as variáveis *Start*, *a0*, *c0* e *b0*, se encontrem eletricamente alimentadas. Na verificação desta condição é atuada uma função de temporização, *Temporizador CEA*, que retarda em cerca de 1 segundo a ação dessa mesma condição, mantendo-a ao fim desse intervalo de tempo. No final do intervalo de tempo estipulado a variável de saída em causa é alimentada por meio de uma função *Flip Flop* ou *SetReset*.

Para quebrar a atuação anterior é necessário que apenas a última condição seja verificada, ou seja, que as variáveis *a1* e *b1* se encontrem eletricamente alimentadas. Na verificação desta condição é atuada uma função de temporização auxiliar, *Temporização auxiliar CEA2*, que retarda em cerca de 1 segundo a ação dessa mesma condição, mantendo-a ao fim desse intervalo de tempo. Esta ação, por sua vez, irá ativar a condição de *Reset* da função *SetReset* fazendo com que CEA, deixe de ser alimentado eletricamente.

Podemos ainda verificar uma terceira linha que permitirá repor a condição inicial do *Temporizado CEA*, por forma a que seja possível retomar o processo. Esta condição é

acompanhada por um temporizador auxiliar que retarda a sua ação em cerca de 0,5 segundos, *Temporizador auxiliar CEA1*.

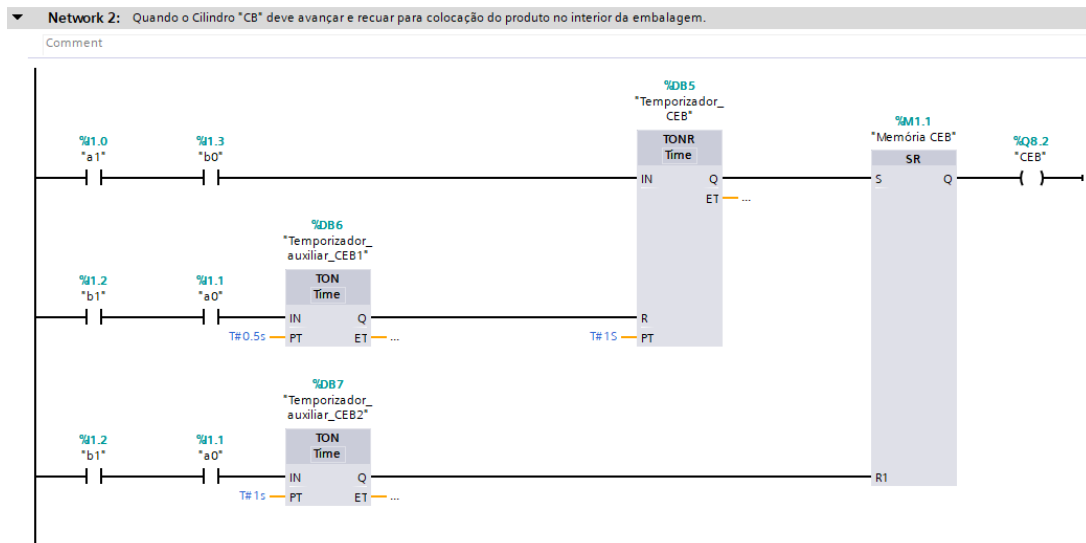


Figura 4.21 - Código de controlo do avanço e recuo do cilindro electropneumático "B", por meio do programa TIA Portal [Anexo B].

Como é possível verificar através da Figura 4.21, esta rede de informação é composta por 3 linhas de código que convergem com o intuito de fazer atuar ou não o cilindro electropneumático *B* que se encontra representado pela variável de saída *CEB*.

Para efetuar esta ação é necessário que apenas a primeira condição seja verificada, ou seja, que as variáveis *a1* e *b0*, se encontrem eletricamente alimentadas. Na verificação desta condição é atuada uma função de temporização, *Temporizador CEB*, que retarda em cerca de 1 segundo a ação dessa mesma condição, mantendo-a ao fim desse intervalo de tempo. No final do intervalo de tempo estipulado a variável de saída em causa é alimentada por meio de uma função *Flip Flop* ou *SetReset*.

Para quebrar a atuação anterior é necessário que apenas a última condição seja verificada, ou seja, que as variáveis *b1* e *a0* se encontrem eletricamente alimentados. Na verificação desta condição é atuada uma função de temporização auxiliar, *Temporização auxiliar CEB2*, que retarda em cerca de 1 segundo a ação dessa mesma condição, mantendo-a ao fim desse intervalo de tempo. Esta ação, por sua vez, irá ativar a condição de *Reset* da função *SetReset* fazendo com que *CEB*, deixe de ser alimentado eletricamente.

Podemos ainda verificar uma terceira linha que permitirá repor a condição inicial do *Temporizado CEB*, por forma a que seja possível retomar o processo. Esta condição é acompanhada por um temporizador auxiliar que retarda a sua ação em cerca de 0,5 segundos, *Temporizador auxiliar CEB1*.

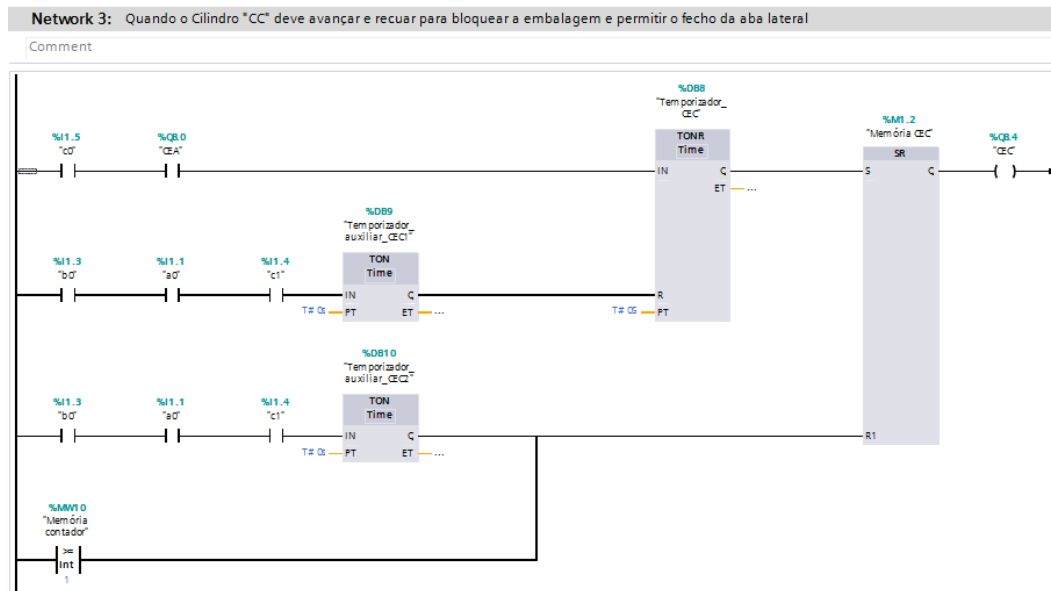


Figura 4.22 - Código de controlo do avanço e recuo do cilindro electropneumático "C", por meio do programa TIA Portal [Anexo B].

Como é possível verificar através da Figura 4.22, esta rede de informação é composta por 3 linhas de código que convergem com o intuito de fazer atuar ou não o cilindro electropneumático C que se encontra representado pela variável de saída CEC.

Para efetuar esta ação é necessário que apenas a primeira condição seja verificada, ou seja, que a variável c0 se encontre eletricamente alimentada. No final a variável de saída em causa é alimentada por meio de uma função *Flip Flop* ou *SetReset*.

Para quebrar a atuação anterior é necessário que apenas a última condição seja verificada, ou seja, que as variáveis b1 e a0 se encontrem eletricamente alimentados. Na verificação desta condição é atuada uma função de temporização auxiliar, *Temporização auxiliar CEB2*, que retarda em cerca de 1 segundo a ação dessa mesma condição, mantendo-a ao fim desse intervalo de tempo. Esta ação, por sua vez, irá ativar a condição de *Reset* da função *SetReset* fazendo com que CEB, deixe de ser alimentado eletricamente.

Para quebrar a atuação anterior é necessário que uma das últimas condições seja verificada. Com isto, na primeira condição procura-se que as variáveis *b0*, *a0* e *c1*, se encontrem eletricamente alimentados. Na segunda condição é necessário que a função de comparação criada entre um número inteiro definido e um valor cálculo e armazenado numa memória, *Memória do contador*, seja comprovada. Esta ação, por sua vez, irá ativar a condição de *Reset* da função *SetReset* fazendo com que o veio atuador do cilindro electropneumático C, *CEC*, deixe de ser alimentado eletricamente.

Podemos ainda verificar uma quarta linha que permitirá repor a condição inicial do *Temporizado CEC*, por forma a que seja possível retomar o processo. Esta condição é acompanhada por um temporizador auxiliar que retarda a sua ação se o utilizador assim o desejar em *x* segundos, *Temporizador auxiliar CEC1*.

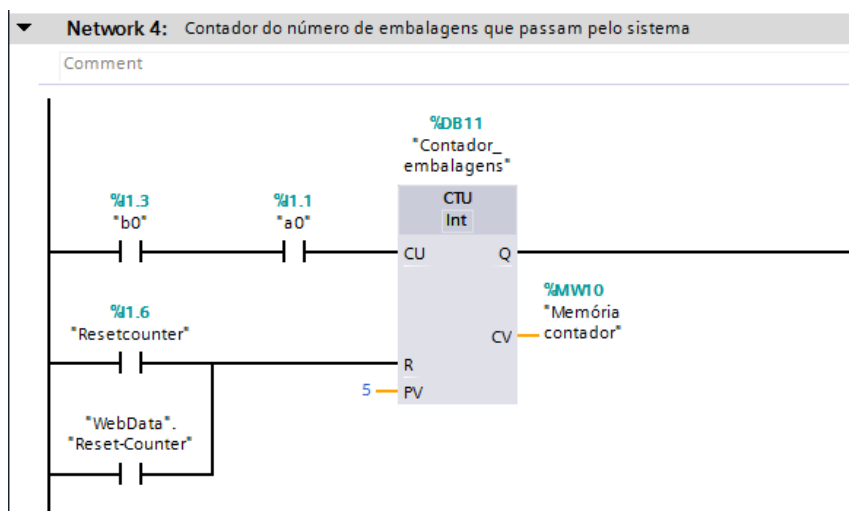


Figura 4.23 - Código de contagem do número de embalagens que passam pelo sistema, por meio do programa TIA Portal [Anexo B].

Tal como é possível verificar na Figura 4.23, por forma a efetuar o cálculo do número de embalagens que passam no sistema recorre-se a uma função de contagem. Após a atuação do contador, por meio das variáveis *b0* e *a0*, o valor no qual a contagem é feita é armazenado numa memória associada denominada de *Memória contador*, sendo que o valor de contagem vai sempre evoluindo de forma crescente até que seja feito o retorno ao valor inicial por meio de uma variável de entrada denominada de *Resetcounter* ou *'WebData'.Reset-Counter*. De notar que a contagem é realizada até um limite

estabelecido na função por parte do utilizador ou então até ao máximo permitido pela base de dados, número inteiro de 32767.

Função *Manual System DB*

Tal como enunciado, esta função contém no seu interior o código de comando que permite o controlo manual dos atuadores electropneumáticos, possuindo na sua constituição 3 linhas de comando. Cada linha de comando permitirá o controlo de um cilindro electropneumático seja para avanço ou recuo do mesmo.

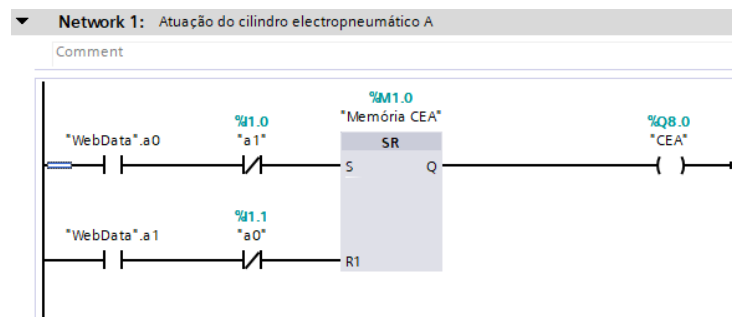


Figura 4.24 - Código de controlo do avanço e recuo do cilindro electropneumático "A" de forma manual, por meio do programa TIA Portal [Anexo B].

Analisando a Figura 4.24, podemos verificar que a atuação manual do cilindro electropneumático A é realizada recorrendo a uma função de *SetReset*. Para ativar o *Set* da função é necessário que a variável ou botão '*WebData*'.a0 possua um valor 1 e a variável a1 possua um valor 0. Para ativar o *Reset* da função é necessário que a variável ou botão '*WebData*'.a1 possua um valor 1 e a variável a0 possua um valor 0.

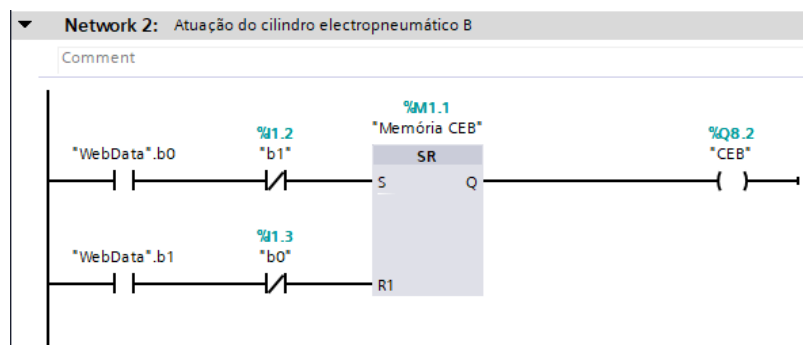


Figura 4.25 - Código de controlo do avanço e recuo do cilindro electropneumático "B" de forma manual, por meio do programa TIA Portal [Anexo B].

Analisando a Figura 4.25, podemos verificar que a atuação manual do cilindro electropneumático *B* é realizada recorrendo a uma função de *SetReset*. Para ativar o *Set* da função é necessário que a variável ou botão '*WebData*'.*b0* possua um valor *1* e a variável *b1* possua um valor *0*. Para ativar o *Reset* da função é necessário que a variável ou botão '*WebData*'.*b1* possua um valor *1* e a variável *b0* possua um valor *0*.

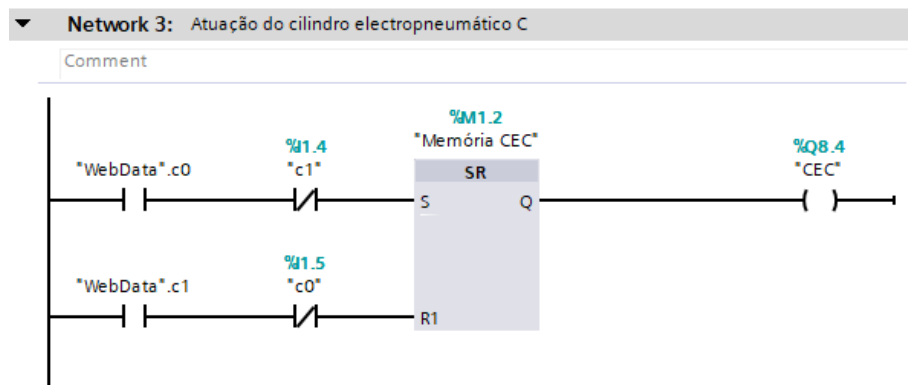


Figura 4.26 - Código de controlo do avanço e recuo do cilindro electropneumático "C" de forma manual, por meio do programa *TIA Portal* [Anexo B].

Analisando a Figura 4.26, podemos verificar que a atuação manual do cilindro electropneumático *C* é realizada recorrendo a uma função de *SetReset*. Para ativar o *Set* da função é necessário que a variável ou botão '*WebData*'.*c0* possua um valor *1* e a variável *c1* possua um valor *0*. Para ativar o *Reset* da função é necessário que a variável ou botão '*WebData*'.*c1* possua um valor *1* e a variável *c0* possua um valor *0*.

4.7.3. Compilação e carregamento do programa

Cada fabricante possui um sistema de carregamento da informação e processos diferentes por forma a que tudo seja passado de forma segura e correta. No caso do programa *TIA Portal*, para efetuar a passagem de toda a informação relativa ao programa de automação de forma correta para o dispositivo de controlo são necessários 2 passos.

1. Compilação dos dados desenvolvidos;
2. Carregamento dos mesmos dados para o *PLC*.

De notar, que apesar de existirem dois processos concretos, que devem ser realizados, estes não necessitam de ser feitos em dois momentos separados, uma vez que

o programa permite a sua execução de numa ação única. Apesar disto, será contabilizado o processo que utiliza os dois passos em separado, para melhor compreensão.

Compilação de dados

Para executar a compilação dos dados definidos e criados no programa de automação é necessário seleccionar o ícone de compilação que se encontra na zona superior da plataforma *TIA Portal* conforme Figura 4.27 apresenta.

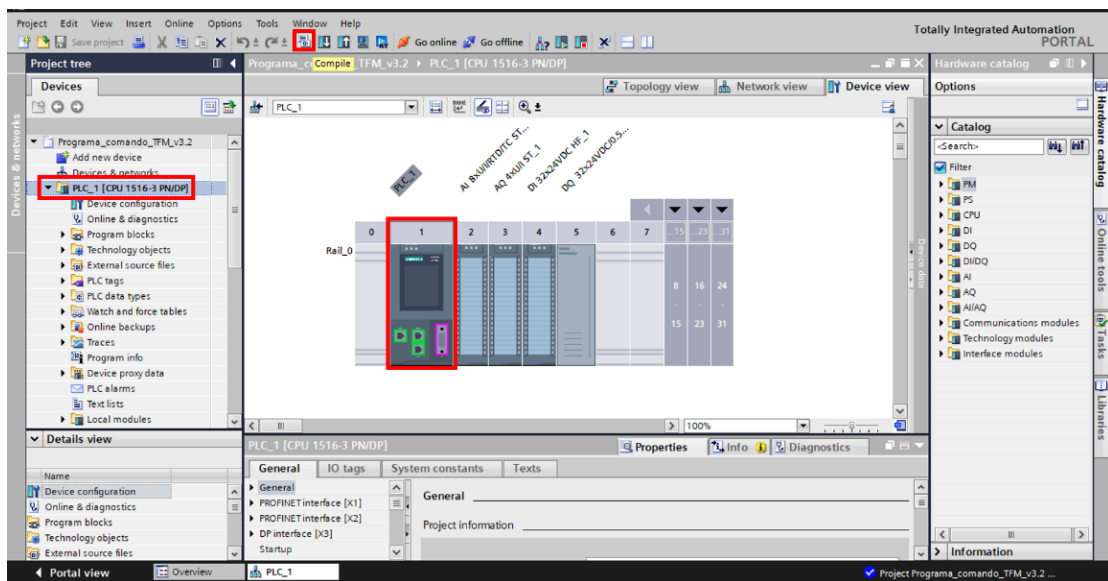


Figura 4.27 - Compilação dos dados desenvolvidos na plataforma TIA Portal.

Carregamento dos dados para o PLC

Para executar a compilação dos dados definidos e criados no programa de automação é necessário seleccionar o ícone de compilação que se encontra na zona superior da plataforma *TIA Portal* imediatamente ao lado direito do ícone de compilação conforme Figura 4.28 apresenta.

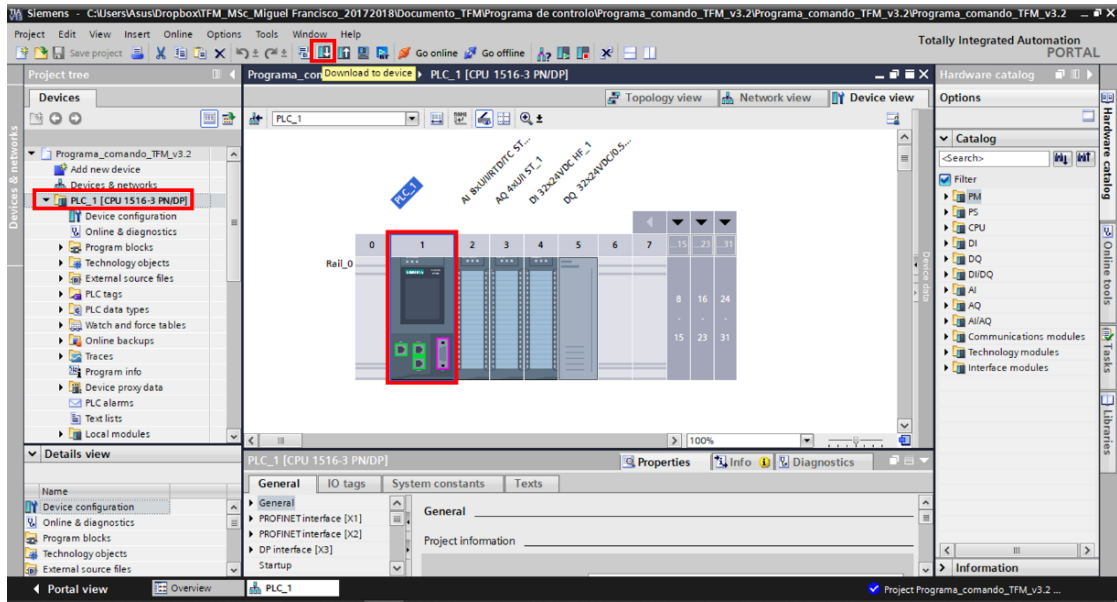


Figura 4.28 – Carregamento dos dados desenvolvidos na plataforma TIA Portal, para o controlador lógico programável.

5. Sistema de supervisão via internet

O desenvolvimento das redes de comunicação entre equipamentos, nomeadamente computadores, data desde a altura da Guerra Fria onde os governos e universidades procuravam melhorar de forma significativa a partilha de informação [53].

5.1. Endereços de IP

Para que possamos comunicar com um determinado equipamento ou sistema por meio de uma rede de internet, é necessário que, através dessa rede, exista uma forma de o identificar. Neste trabalho pretendemos que o utilizador, a qualquer instante, seja capaz de comunicar com os dados obtidos pelo controlador lógico programável selecionado anteriormente e por consequência possa visualizar e alterar esses mesmos dados para efetuar o seu comando e supervisão da forma pretendida. Para que isto seja possível é necessário atribuir um código único a esse mesmo equipamento ou sistema, denominado endereço de IP.

Um endereço de IP ou *Protocolo de Internet* é um código único que permite identificar um determinado equipamento que se encontra ligado a uma determinada rede de informação ou trabalho. De uma forma mais simplista, estes endereços não são mais do que palavras-chave usadas nas mensagens partilhadas entre dispositivos que se encontram na mesma rede de trabalho [53].

Os endereços de IP encontram-se numa das camadas da rede de trabalho, que corresponde às 7 definidas no protocolo do modelo de *OSI*. Este modelo, denominado de Interconexão de Sistemas abertos, foi criado pela *Organização Internacional de Normalização* e pretende partir a transmissão de dados do sistema em camadas, por forma a delinear a localização de determinadas ações. A Figura 5.1, permite demonstrar as diferentes camadas definidas por este modelo [53].

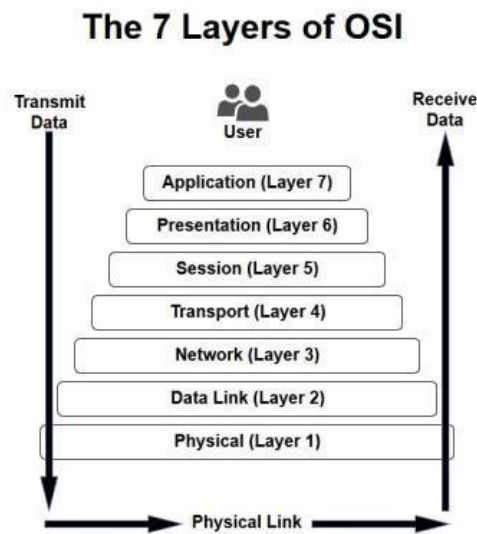


Figura 5.1 - Camadas definidas pelo modelo OSI [54].

Um dos formatos de endereço IP utilizado corresponde à forma *IPv4*, a quarta norma introduzida nos endereços de protocolo de internet ou quarta versão destes endereços colocada em produção em 1983. Os endereços escritos nesta plataforma são representados num padrão de quatro blocos contendo cada 3 dígitos separados por pontos, sendo que cada dígito presente em cada bloco não excede o valor de 255, ou seja, numa combinação por igual 255.255.255.255. Este tipo de representação é denominado de representação decimal-ponto e, apesar de não ser única maneira de expressar um endereço *IPv4*, é a forma mais reconhecida por grande parte dos utilizadores. Os endereços que possuem nos seus blocos de dígitos as seguintes configurações, 192.168.xxx.xxx, 172.16.xxx.xxx até 172.31.xxx.xxx e 10.0.xxx.xxx até 10.255.xxx.xxx são reservados para redes de informação privadas, ou seja, podendo unicamente ser utilizadas nas nossas casas, trabalho ou noutros locais onde um grupo de computadores partilham uma ligação à internet [53].

Esta separação das redes de informação foi criada para reduzir a velocidade de consumo que os endereços únicos possuíam. Apesar da rede de endereços *IPv4* ainda ser bastante utilizada e permitir cercam de 2^{32} endereços, uma mais recentemente foi lançada, a 4 de Fevereiro de 2012, para suster o crescimento tecnológico e aumento progressivo da utilização da internet [53].

Esta nova versão é denominada de *IPv6*, consistindo em 8 blocos de 4 dígitos hexadecimais separados desta vez por dois pontos, ou seja, *2002:0ae0:7bd9:2180:ac90:1276:ea76:4494*. Esta nova configuração permitiu a utilização de cerca de 4 biliões de endereços únicos. Com o enorme intervalo criado com os novos endereços, foi necessário definir novos protocolos para especificar os valores e gamas usados nos endereços, permitindo a transmissão de informação adicional do dispositivo apenas pelo endereço [53].

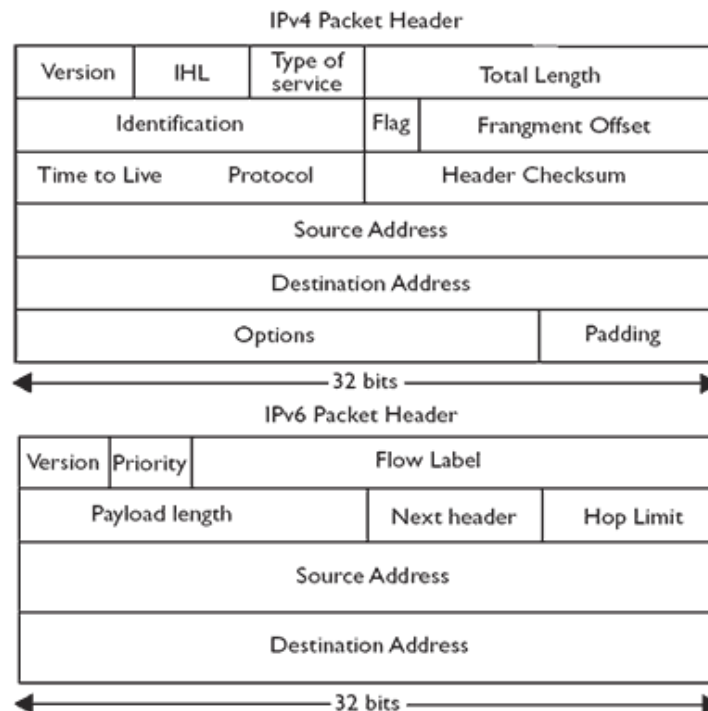


Figura 5.2 – Pacotes representativo das versões de endereços de Protocolo da Internet 4 e 6, *IPv4* e *IPv6* [55].

5.2. Interface homem máquina

A interface homem máquina (HMI) consiste numa forma de ligar um utilizador a uma determinada máquina, sistema ou dispositivo. Este termo, na sua utilização mais geral, pode ser aplicado a qualquer monitor que permita interagir com um dispositivo, no entanto, o seu uso é mais predominante ao nível da indústria e em processos industriais [56].

Estas interfaces podem existir em diferentes formatos, desde máquinas ou equipamentos com elas já integradas até aos nossos tablets ou telemóveis, sendo que a sua função base consiste em fornecer dados visuais do desempenho mecânico de um determinado sistema assim como o seu funcionamento [56].

Desta forma, tendo em conta o sistema em causa foi necessário definir uma interface de controlo que permitisse ao utilizador do sistema interagir com o mesmo, controlar e supervisionar o seu funcionamento e alterar o seu comportamento consoante as necessidades. Para este efeito e considerando a temática da *internet das coisas*, que é impulsionada pela indústria 4.0, optou-se pela criação de uma página web, que pode ser acessada por meio de um motor de busca disponibilizado na internet. Para suportar a escolha de uma página web, acessada por um motor de busca tradicional, ao invés de qualquer outra aplicação, dispositivo ou sistema específico, existiu a tentativa de levantar a limitação de acesso e utilização associada à mesma e ainda reduzir os diferentes custos relacionados com a utilização de ferramentas específicas.

A utilização de uma página web permite ao utilizador recorrer a qualquer dispositivo que possua a capacidade de se conectar à internet e ao mesmo tempo suportar qualquer um dos motores de busca disponibilizados de forma gratuita. Na Figura 5.3, podemos observar um esquema do projeto implementado e a forma com a interface a considerar permitirá a supervisão e interação com o mesmo.

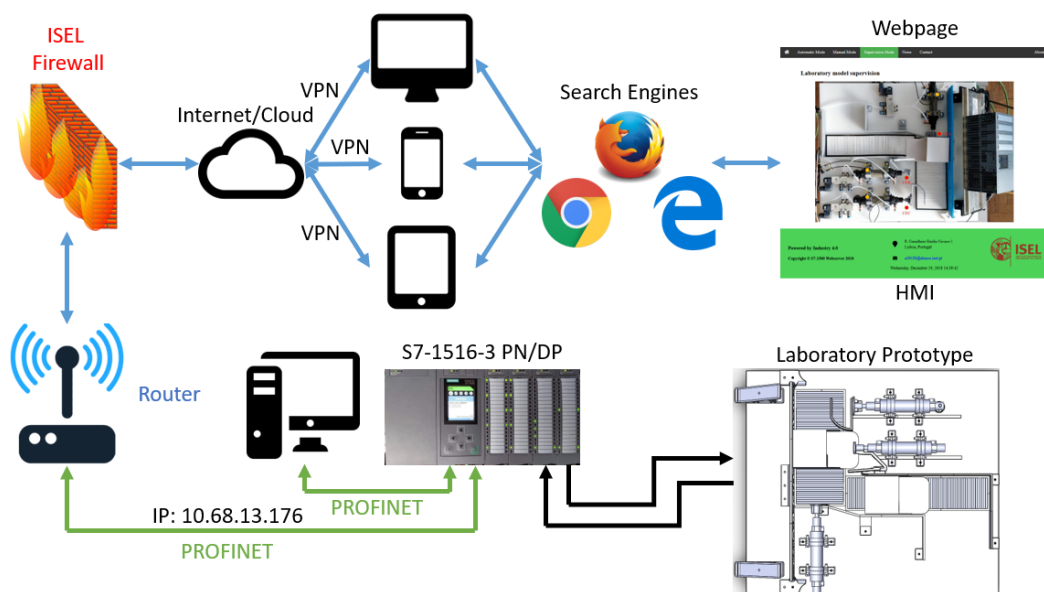


Figura 5.3 - Esquema da arquitetura de redes de comunicação para a supervisão do sistema de empacotamento

5.3. Projeto de uma página web

A criação de um sistema online ou com perspetivas de ser visualizado e utilizado numa rede onde mais de que um utilizador se encontra presente envolve três processos chave [57]:

- Design/projeto, que se encontram focados na aparência;
- Disposição e estrutura que o utilizador consegue observar;
- Desenvolvimento, que torna os aspetos visuais numa ferramenta funcional da web.

A criação do design da página web, tal como já enunciado, consiste na criação de todos os aspetos visuais da interface, tal como a disposição, esquema de cores, imagens, símbolos, tipos de letra, botões, links e qualquer coisa que seja visível na página pelo utilizador. Apesar deste processo parecer ser algo mais estético e subjetivo na criação de uma página web, este é bastante importante por forma a tornar o mesmo cativante e eficaz [57].

Uma boa interface envolve bastantes aspetos, no entanto, existe um conjunto fatores que devem ser sempre tidos em conta no desenvolvimento do design de uma página web [57].

- Navegação:
Permite indicar ao utilizador onde se encontram numa determinada altura e a que menus podem aceder.
- Disposição:
Como o conteúdo da página é estruturado e visualizado.
- Cabeçalho:
Parte superior da página web que pode conter, para além de outros aspetos característicos da página, a apresentação da entidade que desenvolveu a página e opções de comercialização.
- Rodapés:

Parte inferior da página web e onde, normalmente, se encontram alguns detalhes informativos da entidade detentora da plataforma web, nomeadamente, contactos, localização e outros.

➤ Credibilidade:

Este ponto consiste em algo mais moral, ou seja, informar corretamente o utilizador do conteúdo que se encontra na página web e das informações relativas à identidade em causa.

A linguagem de programação do servidor consiste na linguagem que permite determinar como a página web funciona e comunica com o servidor web ou um computador. Na determinação da melhor linguagem de programação a utilizar no servidor vários pontos devem ser considerados, nomeadamente os a seguir enunciados [57]:

- Custos;
- Escala.

Os custos vão depender do tipo de linguagem seleccionada para o projeto em causa, principalmente porque esta influenciará diretamente os custos de desenvolvimento e manutenção associados. Por sua vez, é necessário perceber se a mesma linguagem proporciona o rápido desenvolvimento, a existência de grande disponibilidade de suporte, bibliotecas e estruturas que sejam compatíveis com o projeto. Alguns dos exemplos de plataformas de linguagem de programação usadas neste âmbito consistem em *PHP*, *Java*, *Ruby* e *.NET* [57].

A linguagem frontal de programação da página web a ser desenvolvida, ou linguagem virada para o cliente ou utilizador, é uma linguagem interpretada e executada no motor de busca que o utilizador pretende recorrer ao invés do servidor. À semelhança do que foi possível verificar nas linguagens de programação do servidor web, também neste caso é necessário considerar um conjunto de propriedades na escolha da linguagem mais adequada [57].

- Custos;
- Funcionalidades;
- Escala;
- Suporte do motor de busca e sistema operativo;
- Programa proprietário ou de código aberto.

De notar ainda que com grande frequência são utilizadas linguagens de programação do servidor e da página frontal em simultâneo no intuito de otimizar o projeto. De entre várias opções disponíveis, no que diz respeito a linguagens de programação da face da página web, as seguintes linguagens destacam-se: *HTML*, em conjunto com *CSS*, e *JavaScript* [57].

5.4. HTML

A linguagem de programação *HTML* ou *Linguagem de Marcação de Hipertexto* consiste na fundação dos documentos na web, sendo usado essencialmente no auxílio da publicação das páginas web através do fornecimento de uma estrutura que define elementos como tabelas, formas, listas, cabeçalhos e que permite identificar onde diferentes porções de conteúdo começam e terminam. Pode igualmente ser utilizada para incorporar outros tipos de ficheiros, como ficheiros de vídeo, áudio, documentos *PDF*, entre outros [51, 54].

Conceitos Fundamentais

Por forma a ser possível facilitar a compreensão da linguagem de programação *HTML* sugere-se o conhecimento de alguns dos principais conceitos predominantes e que descreve grande parte das funções desta linguagem[58].

➤ Elementos

Todas as páginas web criadas em *HTML* possuem na sua constituição elementos. Estes consistem em secções em que tudo o que estiver envolvido nessa secção possui as características associadas a essa mesma secção. Em suma, definem a estrutura e o conteúdo dos objetos numa página web [55, 56].

➤ Etiquetas

De forma muito simplificada, as etiquetas fazem parte dos elementos e permitem distinguir a abertura e entrada dos mesmos. Qualquer que seja a

etiqueta considerada, início ou fim, a configuração é sempre idêntica em cada âmbito [58].

➤ Atributos

Os atributos num código de *HTML* consistem em propriedades que são usadas para fornecer informação adicional de um determinado elemento. Alguns dos atributos mais comuns consistem no *id*, que permite identificar um elemento, *class*, que permite classificar os elementos, *src*, que especifica a origem do conteúdo incorporado e no atributo *href*, que fornece uma referência de hiperligação do recurso associado [59].

5.4.1. Estrutura de um documento HTML

A criação de um ficheiro escrito na linguagem de programação *HTML* é realizada através um simples documento de texto, com a divergência na extensão do ficheiro criado que deverá terminar com a seguinte simbologia, *.html* ou *.htm* [59].

Como qualquer sistema de controlo, os códigos de linguagem de programação possuem em grande parte uma estrutura que deve ser até determinado ponto respeitada com pena do programa criado não funcionar da maneira pretendida. Todos os programas criados na linguagem de programação *HTML* requerem por isso uma estrutura de escrita que deve seguir a seguinte declaração de elementos [59].

1. `<!DOCTYPE html>;`
2. `<html>;`
3. `<head>;`
4. `<body>.`

O primeiro elemento enunciado, `<!DOCTYPE html>`, permite informar o motor de busca web que a linguagem de programação se encontra a ser utilizada, sendo localizado na parte inicial do documento de código escrito. A identificação enunciada neste caso corresponde à última versão do *HTML* [59].

O segundo elemento enunciado, `<html>`, permite identificar o início do código do documento *HTML* [59].

No interior do elemento `<html>`, o terceiro elemento `<head>` identifica o topo do documento, incluindo qualquer informação relativa à página web a ser desenvolvida. O conteúdo presente neste elemento não é possível de ser visualizado na própria página web. Neste elemento, para além do título do documento, podem ainda ser referenciados ficheiros externos para serem utilizados pelo próprio programa e outras informações necessários ao funcionamento do código [59].

Todo o conteúdo que se deseje visualizar numa página web irá encontrar-se no quarto elemento enunciado anteriormente, ou seja, no elemento `<body>`. Na Figura 5.4 e Figura 5.5, é possível verificar a representação de um código de *HTML* escrito e o resultado desse mesmo código numa página web [59].

```
1 <!DOCTYPE html>
2 <html lang="en">
3   <head>
4     <meta charset="utf-8">
5     <title>Hello World</title>
6   </head>
7   <body>
8     <h1>Hello World</h1>
9     <p>This is a web page.</p>
10  </body>
11 </html>
```

Figura 5.4 - Representação da estrutura de código essencial da linguagem de programação *HTML* [59].

Hello World

This is a web page.

Figura 5.5 - Resultado do programa [59].

5.4.2. Estrutura de construção

Nas últimas versões da linguagem de programação de *HTML* foram introduzidos novos elementos estruturais dos quais os seguintes fazem parte [60].

- Cabeçalhos;
- Navegação;
- Artigo;
- Secção;

- Lateral;
- Rodapé.

Todos os elementos foram criados com o intuito de dar significado à organização de uma página web e otimizar a semântica estrutural. Todos estes elementos são de nível de bloco e não possuem uma posição ou estilo definidos, sendo que cada um dos elementos pode ser utilizado mais do que uma vez numa única página. Na Figura 5.6, é possível verificar a representação da estrutura de construção de uma página web [60].

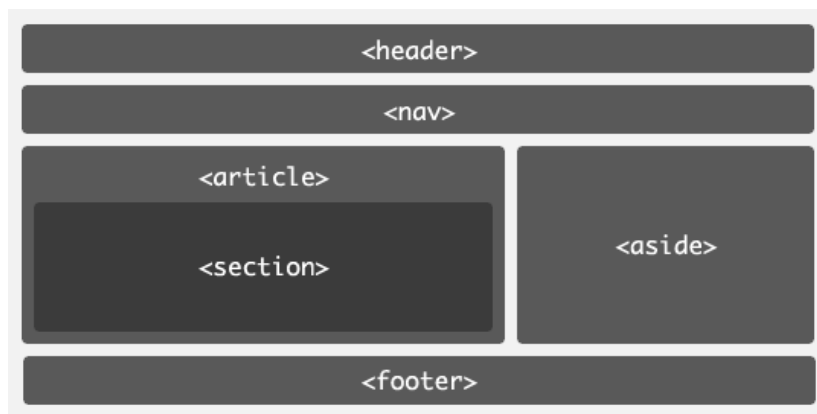


Figura 5.6 - Representação da forma estrutural de construção de uma página web na linguagem de programação de HTML [61].

Cabeçalhos

O elemento de cabeçalho, `<header>`, é utilizado para identificar o topo da página, artigo, secção ou outro qualquer segmento da página web. Este pode ainda conter um título, texto introdutório ou até mesmo uma plataforma de navegação [60].

Navegação

O elemento de navegação ou `<nav>` identifica a secção onde se encontram as ligações de navegação para outros pontos da página web ou outras páginas exteriores à mesma. A utilização deste elemento deve ser reservada à criação de secções de navegação, como a navegação global da página, para conteúdo de tabelas, diversas ligações e casos semelhantes [60].

Artigo

O elemento de artigo ou `<article>` é normalmente utilizado para identificar uma secção de conteúdo independente, que pode ser distribuído ou reutilizado. Exemplos da utilização deste elemento consistem na marcação de artigos de jornais, conteúdo submetido pelo utilizador e o mais recente “gosto” mais visualizado nas redes sociais[60]. A utilização deste elemento implica a identificação da replicação do conteúdo em causa noutra local da página sem a criação de confusão, ou seja, continuando a existir sentido na sua utilização [60].

Secção

O elemento de secção ou `<section>` é utilizada para identificar um grupo temático de conteúdo, que normalmente possui um título associado. Este conteúdo pode ser de natureza genérica, no entanto, é útil que o mesmo seja identificado como estando relacionado. Este elemento é geralmente utilizado para partir e criar uma hierarquia na página web [60].

Lateral

O elemento `<aside>` organiza o conteúdo em barras laterais, breves instruções, que se encontram expostas de forma tangente ao conteúdo que o envolve. De notar, que apesar deste elemento parecer ser automaticamente colocado numa lateral da página, o mesmo consiste num elemento estrutural de nível de bloco, ou seja, irá aparecer numa nova linha de código da página e ocupar toda a largura da página ou elemento onde se encontra disponível [60].

Rodapé

O elemento de rodapé ou `<footer>` identifica a zona de fecho ou final da página web, artigo, secção ou segmento da página. Este elemento é normalmente encontrado na zona

inferior do conteúdo ao qual pertence, sendo que o conteúdo exposto deverá possuir informação relativa à página ou segmento onde se encontra e não divergir do mesmo [60].

5.5. CSS

CSS ou *Folha de estilo cascata*, consiste numa linguagem de programação web complexa que permite fornecer e criar regras no que diz respeito à disposição e design, como cores e fontes, da página web e ainda partilhar esses estilos de elemento para elemento em diferentes páginas ao mesmo tempo. Esta linguagem pode ser utilizada juntamente com a linguagem de *HTML* ou em linguagens baseadas em *XML*, sendo que a sua utilização permite separar os pormenores de estética e design da página web do código de funcionalidade do próprio *HTML* ao máximo, ou seja, separando o conteúdo da aparência da página web. Isto possibilita a criação simples e rápida de diferentes versões de aparência de uma determinada página web sem que seja necessário recriar igualmente o conteúdo presente nessa mesma versão [51, 59].

Desta forma, torna-se vantajosa a utilização de uma abordagem onde a linguagem de *HTML* é empregue na definição da estrutura e onde a linguagem de *CSS* é empregue na estilização e disposição da página [51, 59].

5.5.1. Propriedades de Cascata

Na linguagem de programação de *CSS* todos os estilos são organizados em formato de cascata do topo do documento até ao fim do mesmo, permitindo que diferentes estilos possam ser adicionados ou substituídos à medida que se progride no documento. Desta forma num determinado estilo de elemento, seja ele tipo de letra, tamanho, cor entre outros, a última vez que este tenha sido definido no código será o estilo a considerar na página web desenvolvida. No exemplo da Figura 5.7, podemos verificar isso mesmo [62].

```
1 p {  
2   background: orange;  
3   background: green;  
4 }
```

Figura 5.7 - Representação das propriedades de cascata através de linguagem de programação CSS [62].

Uma vez que a declaração da cor de fundo verde do elemento parágrafo, `<p>`, aparece depois da declaração de cor de laranja, a primeira irá anular a declaração anterior. Este tipo de comportamento por parte da linguagem de programação CSS poderá não ocorrer, quando são usados diferentes tipos de seletores e a especificidade desses mesmos parte a *cascata* do código [62].

5.5.2. Seletor

Um seletor permite identificar exatamente que elemento ou elementos no código de *HTML* são necessários alterar e aplicar um determinado estilo, nomeadamente cor, tamanho e posição. Estes podem incluir combinações de diferentes qualificações para seleccionar elementos únicos [59].

5.5.3. Propriedades

A propriedade num seletor permite determinar o(s) estilo(s) a aplicar a um determinado elemento do código. Estas propriedades são designadas após o seletor, entre parênteses curvos e precedendo dois pontos. Dentro de muitas, algumas das propriedades que podem ser consideradas consistem na cor de fundo, tipo de letra, altura, largura entre outras [59].

5.5.4. Valores

Os valores permitem-nos determinar o comportamento de uma propriedade, podendo ser identificados por um determinado texto entre dois pontos e ponto e vírgula. Na Figura 5.8, podemos verificar a representação destes [59].

```
1 p {  
2   color: orange;  
3   font-size: 16px;  
4 }
```

Figura 5.8 - Representação dos valores no seletor para um parágrafo através de linguagem de programação CSS [59].

5.5.5. Sintaxe geral CSS

No final, com todos os pontos enunciados anteriormente, podemos definir a sintaxe geral de escrita da linguagem de programação CSS, como é possível verificar na Figura 5.9 [59].

```
Selector  
└─ p {  
    └─ Value  
       └─ color: orange;  
       └─ font-size: 16px;  
       └─ Property  
    }
```

Figura 5.9 - Representação da sintaxe geral da linguagem de programação CSS [59].

5.6. Seleção da linguagem de programação web

Até ao momento foi possível verificar a existência de diferentes formas e plataformas de se definir uma estrutura estética e funcional de uma página web para atingir um determinado objetivo. Destas, as mais utilizadas e cujo conhecimento é mais abrangente e simplificado consistem na linguagem de programação *HTML* ou *Linguagem de Marcação de Hipertexto* e o seu complemento a nível estrutural e estético *CSS* ou *Folha de estilo cascata*.

O facto do conhecimento nesta área da programação não ser extenso e a grande disponibilidade de informação e estudos ao nível das linguagens de *HTML* e *CSS* tornou a sua escolha, para a criação da página web deste trabalho, a mais adequada por forma a cumprir os objetivos traçados no início deste projeto.

5.7. Criação da página web

Neste projeto a principal objetivo que a página web proporciona é a capacidade de comando e supervisão do estado de funcionamento de um sistema através de uma plataforma funcional simples, compreensível e capaz de ser acedida sem a necessidade de atuar diretamente sobre o controlador lógico programável.

Por forma a tornar a plataforma o mais apelativa possível, não só em termos funcionais como em termos estéticos e estruturais, optou-se por uma organização da mesma num formato mais moderno e reconhecível. A criação e o desenvolvimento da página web teve por base os modelos de construção mais utilizados, nomeadamente, a utilização de um ou mais ficheiros no formato de *HTML*, que controlam a funcionalidade da página e finalmente, de um ou mais ficheiros no formato de *CSS*, que permitem controlar o aspeto mais estético e visual dos diferentes ficheiros funcionais.

A estrutura de um ficheiro *HTML* deve respeitar um conjunto de regras organizacionais que afetam estrutura de escrita e que serão igualmente consideradas neste projeto. Para uma melhor compreensão do trabalho efetuado, será considerado o desenvolvimento de uma forma superficial do realizado em cada sector.

1. Elemento `<!DOCTYPE html>`;
2. Elemento `<html>`;
3. Elemento `<head>`;
4. Elemento `<body>`.

Todo o código de programação desenvolvido teve como base de construção o programa *Notepad++* e como motor de busca para verificação e análise de resultados a plataforma *Mozilla Firefox* versão atualizada à data, 62.0.

5.7.1. Elemento `<!DOCTYPE html>`

Tal como já enunciado anteriormente, esta secção do código de *HTML* permite informar o motor de busca a ser utilizado o tipo de documento a ser aberto, neste caso declarando o facto de ser um documento de programação em *HTML*. Na Figura 5.10, é

possível verificar a representação desta secção do código de programação em *HTML* do projeto em causa.

```
6 <!DOCTYPE html> <!-- Document type declaration -->
```

Figura 5.10 - Secção `<!doctype html>` utilizada no código de programação da página web de projeto [Anexo C].

5.7.2. Elemento `<HTML>`

No elemento `<html>` normalmente não é colocado qualquer tipo de conteúdo, no entanto, tendo em conta a necessidade de funcionamento da página web e o controlador lógico programável este elemento será onde se encontrarão os códigos de chamada das variáveis de saída e de entrada necessárias ao controlo e monitorização. O formato de destes comandos é disponibilizado pela plataforma *Help* do programa *TIA Portal* ou manuais referentes à mesma matéria.

Para efetuar a transferência da variável da unidade de processamento central, para a página web criada, deverá empregar-se o seguinte comando nesta secção.

```
<!-- AWP_In_Variable Name=' "Localização da variável".nome da variável' -->
```

Para efetuar a transferência do estado da variável da unidade de processamento central, para a página web criada, deverá empregar-se o seguinte comando nesta secção.

```
<!-- AWP_Out_Variable Name=' "Localização da variável".nome da variável' -->
```

Outros comandos podem ser considerados consoante o tipo de ação da variável necessário, no entanto, para o sistema e projeto em causa, apenas os anteriores enunciados foram necessários obtendo-se o seguinte aspeto.

```

8 <html>
9
10 <!-- AWP_In_Variable Name='WebData'.Start' -->
11 <!-- AWP_In_Variable Name='WebData'.Stop' -->
12 <!-- AWP_In_Variable Name='WebData'.Manual' -->
13 <!-- AWP_In_Variable Name='WebData'.Auto' -->
14 <!-- AWP_In_Variable Name='WebData'.a0' -->
15 <!-- AWP_In_Variable Name='WebData'.a1' -->
16 <!-- AWP_In_Variable Name='WebData'.b0' -->
17 <!-- AWP_In_Variable Name='WebData'.b1' -->
18 <!-- AWP_In_Variable Name='WebData'.c0' -->
19 <!-- AWP_In_Variable Name='WebData'.c1' -->
20 <!-- AWP_In_Variable Name='WebData'.Reset-Counter' -->
21 <!-- AWP_Out_Variable Name="CEA" Use='WebData'.CEA' -->
22 <!-- AWP_Out_Variable Name="CEB" Use='WebData'.CEB' -->
23 <!-- AWP_Out_Variable Name="CEC" Use='WebData'.CEC' -->
24 <!-- AWP_Out_Variable Name="a0" Use='WebData'.a0' -->
25 <!-- AWP_Out_Variable Name="a1" Use='WebData'.a1' -->
26 <!-- AWP_Out_Variable Name="b0" Use='WebData'.b0' -->
27 <!-- AWP_Out_Variable Name="b1" Use='WebData'.b1' -->
28 <!-- AWP_Out_Variable Name="c0" Use='WebData'.c0' -->
29 <!-- AWP_Out_Variable Name="c1" Use='WebData'.c1' -->
30 <!-- AWP_Out_Variable Name='WebData'.Reset-Counter' -->

```

Figura 5.11 - Comandos considerados consoante as variáveis necessárias na secção <html> [Anexo C].

Como é possível verificar na Figura 5.11, para o comando e monitorização através da página web, foram consideradas 13 variáveis de controlo diferentes. Destas 13 variáveis, 10 delas foram consideradas para alteração do seu valor, ou seja, permitindo a transferência do mesmo e 9 foram utilizadas com o intuito de perceber o seu estado em cada momento do funcionamento do sistema. Neste caso, foram consideradas as variáveis de saída de atuação dos cilindros electropneumáticos, *CEA*, *CEB* e *CEC*, as variáveis de entrada dos sensores de fim de curso, *a0*, *a1*, *b0*, *b1*, *c0*, *c1* e as variáveis auxiliares *Start*, *Stop*, *Manual*, *Auto* e *Reset-Counter*. Estes comandos serão apenas considerados nos locais onde será requisitado controlo e monitorização das variáveis em causa.

5.7.3. Elemento <HEAD>

Esta secção identifica o topo do documento incluindo qualquer informação da página web não exposta ao utilizador, podendo conter o título do documento, estilos e quaisquer meta-dados necessários ao correto funcionamento da página. No caso da página web para este projeto foram consideradas as informações dispostas na Figura 5.12.

```

10 </head>
11 <!-- HTML metadata is data about the HTML document. Metadata is not displayed. Metadata typically define the document title,
12 character set, styles, links, scripts, and other meta information. -->
13
14 <meta charset="UTF-8">
15 <meta name="viewport" content="width=device-width,initial-scale=0.86,maximum-scale=2, minimum-scale=0.86"/>
16 <meta name="Description" content="S7-1500 Monitoring System"/>
17 <meta name="keywords" content="HTML,CSS,XML,JavaScript"/>
18 <meta name="author" content="Miguel Francisco"/>
19 <meta http-equiv="Content-Language" content="pt">
20 <meta http-equiv = "refresh" content = "5">
21 <script src="jquery-3.3.1.min.js"></script>
22 <link rel="stylesheet" type="text/css" href="S7-1500_Webserver_mainstyle_v2.4.css" media="screen">
23 <link rel="stylesheet" href="https://use.fontawesome.com/releases/v5.3.1/css/all.css"
24 integrity="sha384-mzrmES5qonljUremFsqc01SB46JvROS7bZs3IO2EmfFsd15uHvIt+Y8vEz77N7fWAW" crossorigin="anonymous">
25
26 <style>
27
28 *{
29 box-sizing: border-box;
30 }
31
32 </style>
33
34 <!-- The <title> element defines the title of the document -->
35
36 <title>TFM - Controlo Sistema Electropneumático (S7-1500)</title>
37 </head>

```

Figura 5.12 - Informações referentes ao funcionamento da página web representadas na secção de comando <head> [Anexo C].

5.7.4. Elemento <BODY>

Na secção <body> concentra-se todo o conteúdo visível para o utilizador, sendo o local onde o utilizador irá interagir ao nível do controlo e supervisão do sistema. Foram também acrescentadas algumas opções adicionais e acessórios com o intuito de tornar a página web mais moderna, interativa e de fácil utilização. Por forma a conseguir este efeito, criou-se uma estrutura de construção baseada em elementos como o cabeçalho, menu de navegação, secções centras e laterais e rodapé. Para uma melhor compreensão da estrutura criada será abordado cada um dos elementos individualmente.

Cabeçalho

Tal como neste documento de trabalho, o cabeçalho retrata a identificação da página, ou seja, uma marca introdutória, ficando com o seguinte aspeto no código de programação.

```

39 <!-- Header of the webpage -->
40 <div class="header01">
41 <div class="image3">
42 <a href="https://www.isel.pt/" target="_blank">
43 
44 </a>
45 </div>
46 </div>

```

Figura 5.13 - Código de programação do cabeçalho da página [Anexo C].

O resultado deste código no motor de buscar *Mozilla Firefox* pode ser visualizado na Figura 5.14. Este código foi utilizado para qualquer página constituinte, não variando.



Figura 5.14 - Resultado do código de programação do cabeçalho da página web [Anexo C].

Menu de navegação

O menu de navegação, consiste num elemento que permite a exploração de diferentes secções ou páginas web. A opção de introdução deste elemento na página web do projeto teve por base tornar a página mais interativa para o utilizador e expor outras informações e conteúdos do projeto sem sobrelotar uma única página. O funcionamento deste elemento pressupõe que, ao invés de se possuir apenas uma única página web definida por um documento de *HTML*, é necessário definir um documento de programação em *HTML*, para cada menu criado ou por outras palavras, para cada página criada. Desta forma, o menu de navegação será composto por sete menus essenciais:

- Menu da página principal ou *casa*;
- Menu de painel de supervisão automático ou *modo automático*;
- Menu de painel de supervisão manual ou *modo manual*;
- Menu de Supervisão
- Menu de atualizações ou *notícias*;
- Menu de contactos;
- Menu informativo dos desenvolvedores da página ou *sobre*.

Na sua essência, cada menu consiste num novo documento *HTML* ou página web, no entanto, com as mesmas características estruturais e introduzindo com apenas algumas alterações pontuais. Para a definição deste menu de navegação recorreu-se ao seguinte código estrutural apresentado na Figura 5.15.

```
50 <!-- Navbar -->
51 <div class="topnav">
52 <a class="active" href="#home"><i class="fa fa-home"></i></a>
53 <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_PA.html">Modo Automático</a>
54 <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_PM.html">Modo Manual</a>
55 <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_supervision.html">Modo Supervisão</a>
56 <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_news.html">Noticias</a>
57 <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_contact.html">Contactos</a>
58 <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_about.html" style="float:right">Sobre</a>
59 </div>
```

Figura 5.15 - Código do elemento de navegação entre páginas [Anexo C].

A possibilidade de passagem de página para página ou de documento para documento é proporcionado pelo atributo *href*, e a forma como estes são dispostos ao longo da barra de navegação é disponibilizado pelo documento criado na linguagem de programação CSS, com o seguinte resultado.

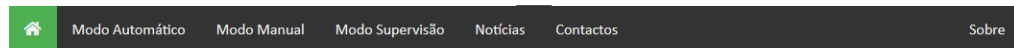


Figura 5.16 - Resultado do código de programação da barra de navegação da página web [Anexo C].

Conteúdo central

O conteúdo central da página consiste no local onde é definido o conteúdo principal e fulcral a apresentar ao utilizador, ou seja, no âmbito deste projeto consiste em toda a informação necessária ao comando e monitorização do sistema desenvolvido anteriormente. Para isto, o conteúdo é dividido em secções, seja num formato vertical ou horizontal, consoante a forma mais prática para o utilizador. No que diz respeito à página de supervisão automática ou modo automático do sistema optou-se, por organizar a mesma numa disposição vertical com uma primeira descrição do modo em causa e em seguida o painel de comando e monitorização disponibilizados. Na Figura 5.17 é possível verificar o resultado de ambas as secções de conteúdo da página principal.

Secção de comando e monitorização do sistema - modo automático

Ponto de supervisão das variáveis de entrada e saída do sistema em modo automático, assim como o estados das mesmas em tempo real.

Para uma informação e controlo mais detalhado pode ser igualmente consultado o portal de comando disponibilizado pela entidade Siemens, através do link a seguir apresentado:

Painel de Comando - Controlo automático

Automático

Ação start/stop para arranque e paragem do controlo automático

Start

Stop

Redefinir valor do contador de embalagens, para "0".

Reset-Counter-on

Reset-Counter-off

On: Contador redefinido para "0" e bloqueado no mesmo;

Off: Contador desbloqueado e preparado para contagem a partir do último valor definido.

Painel de Monitorização

Através das informações a seguir apresentadas será possível verificar o estado da variáveis de controlo monitorizadas.

Variáveis de Monitorização	Estado
Start	:= "WebData".Start:
Stop	:= "WebData".Stop:
Cilindro electropneumático A	:= "CEA":
Cilindro electropneumático B	:= "CEB":
Cilindro electropneumático C	:= "CEC":
Posição de recuo - Atuador A	:= "a0":
Posição de avanço - Atuador A	:= "a1":
Posição de recuo - Atuador B	:= "b0":
Posição de avanço - Atuador B	:= "b1":
Posição de recuo - Atuador C	:= "c0":
Posição de avanço - Atuador C	:= "c1":
Redefinição do contador	:= "WebData".Reset-Counter:

Figura 5.17 - Secção inicial vertical informativa dos componentes de controlo do sistema da página de modo automático [Anexo C].

Para o comando e monitorização das variáveis do sistema será necessário estabelecer uma comunicação com as variáveis em causa, recorrendo às linhas de comando criadas no início do código de programação `<html>`. No sistema de comando e monitorização da página web serão considerados dois modos de interação com as variáveis do sistema.

- Alteração do valor da variável;
- Visualização do estado ou valor da variável.

Para efetuar a alteração da variável, irá recorrer-se ao tipo elemento de entrada do *HTML submit*, que nos permite submeter um determinado valor a uma variável que se deseje, alterando o valor atual para o que se pretende. Este tipo de comando pode ser efetuado não só para uma variável, mas para mais do que uma ao mesmo tempo, no entanto, cada ação só poderá ser atuada por um botão único nesta configuração.

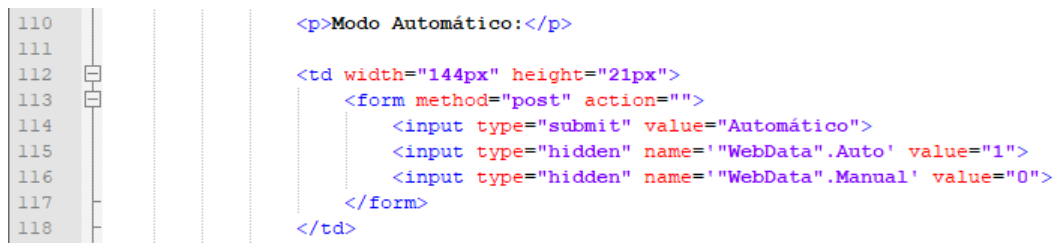


Figura 5.18 - Código de programação da seleção do modo automático do sistema [Anexo C].

Como é possível de verificar através da Figura 5.18, a seleção do modo automático é efetuada por meio de um botão que funciona como um formulário que tem como tipo de entrada, *input*, submeter ou *submit* com a descrição de *Automático*.

`<input type="submit" value="Automático">`

Quando este botão é acionado, os valores que se encontram nas entradas imediatamente abaixo são enviados para o *PLC* e respetivas variáveis denominadas. Uma vez que não existe o interesse de colocar esta ação de envio de valores visível, essas entradas são colocadas num modo invisível ou *hidden*. Como também será possível verificar o envio de qualquer número de valores, para um número indeterminado de variáveis é permitido. Neste caso, pretende-se que na seleção do modo automático, a variável *Auto* passe para *1* e a variável *Manual* para *0*. No caso do botão para seleção do modo manual o mesmo se verifica de forma inversa.

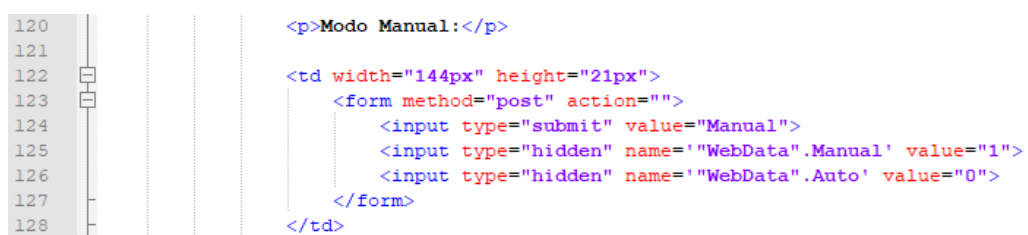


Figura 5.19 - Código de programação da seleção do modo manual do sistema [Anexo C].

Para o botão *Start* e *Stop*, que permitirão a execução ou paragem do código de programação que fará o sistema funcionar após a seleção do modo automático, será considerado o mesmo código utilizado nos modos anteriores.

```

130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146

```

```

<h3>Painel de Comando - Controlo automático</h3>

<td width="144px" height="21px">
  <form method="post" action="">
    <input type="submit" value="Start">
    <input type="hidden" name=' "WebData".Start' value="1">
    <input type="hidden" name=' "WebData".Stop' value="0">
  </form>
</td>

<td width="144px" height="21px">
  <form method="post" action="">
    <input type="submit" value="Stop">
    <input type="hidden" name=' "WebData".Stop' value="1">
    <input type="hidden" name=' "WebData".Start' value="0">
  </form>
</td>

```

Figura 5.20 - Código de programação da seleção do modo manual do sistema [Anexo C].

O painel de monitorização será a secção responsável por enunciar o estado de cada variável definida e com importância no funcionamento do sistema. Ao contrário do código de alteração do valor da variável por meio do envio desse para o *PLC*, apenas interessa verificar o estado ou valor da variável num determinado instante sem realizar qualquer alteração a essa variável. Desta forma, para visualizar o valor ou estado de uma variável, apenas é necessário executar o seguinte comando.

:= "Local de armazenamento da variável".nome da variável:

Para tornar a visualização mais compreensível para o utilizador, optou-se por organizá-la numa tabela devidamente identificada. A criação da mesma passa pela pelo código representado na Figura 5.21, sendo que apenas será evidenciado uma pequena parte da mesma.

```

153
154
155
156
157
158
159
160
161

```

```

<table>
  <tr>
    <th>Variáveis de Monitorização</th>
    <th>Estado</th>
  </tr>
  <tr>
    <td>Start</td>
    <td>:= "WebData".Start:</td>
  </tr>

```

Figura 5.21 - Código de programação da tabela de monitorização do estado das variáveis na página web [Anexo C].

Painel de Monitorização

Através das informações a seguir apresentadas será possível verificar o estado da variáveis de controlo monitorizadas.

Variáveis de Monitorização	Estado
Start	:= "WebData".Start:
Stop	:= "WebData".Stop:
Cilindro electropneumático A	:= "CEA":
Cilindro electropneumático B	:= "CEB":
Cilindro electropneumático C	:= "CEC":
Posição de recuo - Atuador A	:= "a0":
Posição de avanço - Atuador A	:= "a1":
Posição de recuo - Atuador B	:= "b0":
Posição de avanço - Atuador B	:= "b1":
Posição de recuo - Atuador C	:= "c0":
Posição de avanço - Atuador C	:= "c1":
Redefinição do contador	:= "WebData".Reset-Counter:

Figura 5.22 - Tabela de monitorização do estado das variáveis [Anexo C].

O modo manual possui uma estrutura semelhante à criada para o modo automático, sendo que para o comando será tido em conta as variáveis definidas no programa de automação *TIA Portal* para o comando manual dos cilindros electropneumáticos de forma individual.

```

102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118

<p>Cilindro Electropneumático A: </p>

<td width="144px" height="21px">
  <form method="post" action="">
    <input type="submit" value="Avanço atuador A">
    <input type="hidden" name=' "WebData".a0' value="1">
    <input type="hidden" name=' "WebData".a1' value="0">
  </form>
</td>

<td width="144px" height="21px">
  <form method="post" action="">
    <input type="submit" value="Recuo atuador A">
    <input type="hidden" name=' "WebData".a1' value="1">
    <input type="hidden" name=' "WebData".a0' value="0">
  </form>
</td>

```

Figura 5.23 - Código de programação dos botões de comando manual do cilindro electropneumático A na página web [Anexo C].

O funcionamento dos botões de interação criados têm o mesmo princípio do efetuado para a seleção do modo *manual* e *automático* e os botões *start* e *stop*, ou seja, utiliza o código de comando *submit* por forma a alterar o valor das variáveis `''WebData''.a0'`, `''WebData''.a1'` e outras.

Painel de Comando - Controlo manual

Cilindro Electropneumático A:

Avanço atuador A

Recuo atuador A

Cilindro Electropneumático B:

Avanço atuador B

Recuo atuador B

Cilindro Electropneumático C:

Avanço atuador C

Recuo atuador C

Figura 5.24 – Comando manual dos cilindros electropneumáticos na página web [Anexo C].

Rodapé

O rodapé da página web permite identificar o final da mesma, possuindo alguns aspetos informativos relativos à página ou projeto em causa. Neste caso, o rodapé da página será distribuído em três secções ou parcelas, cada com um descritivo e informação específico. Na secção esquerda encontrar-se-á uma pequena afirmação dando ênfase à *indústria 4.0* e pedido de cautela na cópia dos dados da página. Na secção central será enunciado a localização principal do desenvolvimento deste trabalho final de mestrado e e-mail de contacto do criador. Finalmente, na secção direita, será considerado uma pequena imagem representativa da entidade por trás deste projeto. Todas estas características são passadas para cada página constituinte, ou seja, para os diferentes menus enunciados anteriormente.

```

209 <!-- Footer of the webpage -->
210
211 <footer class="footer-distributed">
212
213   <div class="footer-left">
214     <h3>Powered by Industry 4.0</h3>
215
216     <h4>Copyright &copy; S7-1500 Webserver 2018</h4>
217
218   </div>
219
220
221   <div class="footer-center">
222     <div>
223       <i class="fa fa-map-marker"></i>
224       <p><span>R. Conselheiro Emídio Navarro 1</span> Lisboa, Portugal</p>
225     </div>
226
227     <div>
228       <i class="fa fa-envelope"></i>
229       <p><a href="mailto:a39198@alunos.isel.pt">a39198@alunos.isel.pt</a></p>
230     </div>
231
232     <div id="clockbox"></div>
233
234   </div>
235
236
237   <div class="footer-right">
238     <a href="https://www.isel.pt/" target="_blank">
239       
240     </a>
241   </div>
242
243 </footer>

```

Figura 5.25 - Código de programação do rodapé considerado para a página web [Anexo C].

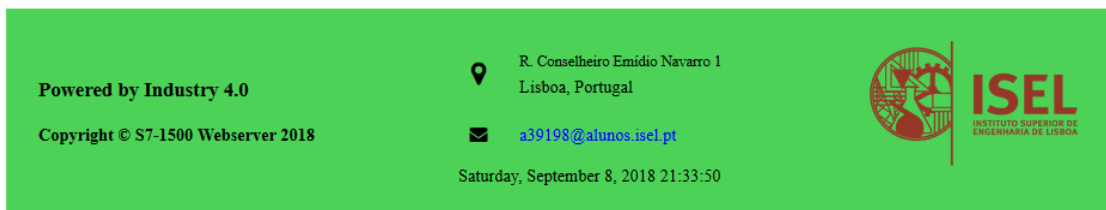


Figura 5.26 - Rodapé desenvolvido para a página web do projeto [Anexo C].

Como descrito anteriormente, a página web criada possui mais do que um documento associado, com apenas algumas diferenças que permitem enquadrar o conteúdo inerente a esse menu. Apesar disto, o cerne da página e do código de programação foi baseado no mesmo utilizado na página principal e descrito anteriormente, como tal não será efetuado qualquer descrição mais profunda adicional. Na Figura 5.27, a seguir apresentada, é possível observar o aspeto final da interface homem máquina implementada neste projeto e que permitirá a supervisão do sistema de empacotamento por meio de um motor de busca da internet.



Figura 5.27 - Interface de supervisão por meio da página web implementada.

Para um maior detalhe do código de *HTML* e *CSS* implementado sugere-se a consulta do Anexo B e Anexo C deste volume.

5.8. Ligação da plataforma web ao PLC

Para efetuar o controlo e monitorização de todas as variáveis que se pretende é necessário garantir que exista uma comunicação entre o controlador lógico programável e a página web desenvolvida, seja a nível do programa que corre, mas também ao nível do código de programação. Na parte do código de programação de *HTML* já foi realizado e demonstrado o sistema que permite o reconhecimento por parte da página das variáveis

e vice-versa, no entanto, o mesmo ainda não se demonstrou da parte do controlador lógico programável.

A primeira situação a considerar, para existir a possibilidade de lançar uma página web a partir do *PLC* é permitir, por meio do programa *TIA Portal*, a ativação da criação um servidor web no módulo em causa.

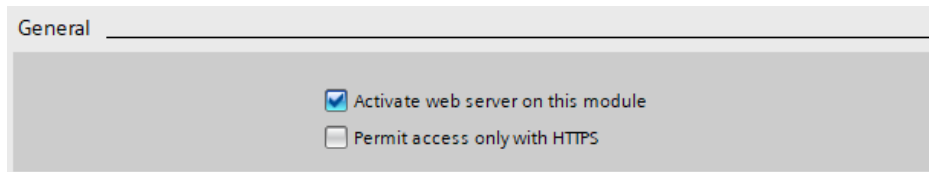


Figura 5.28 - Ativação do servidor web através do programa *TIA Portal*.

Isto irá criar um servidor do próprio *PLC*, acessível por meio do IP adequado, com os todas as informações e comandos do mesmo. Com esta função ativa necessitamos de definir o nível de proteção desejado.

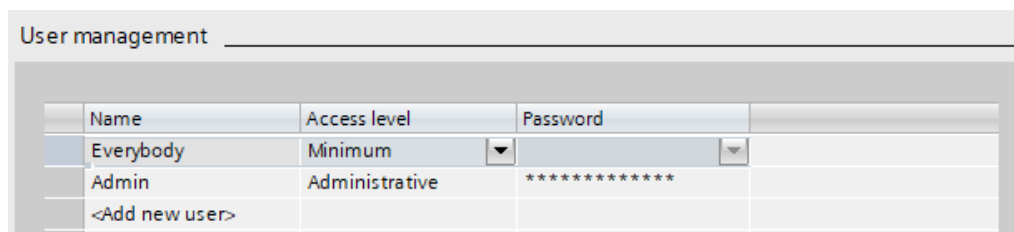


Figura 5.29 - Gestor de utilizador e da proteção considerada.

Neste projeto optou-se por definir um utilizador concreto que pode ter acesso ao servidor web e todas as suas funções, introduzindo um nível de segurança recomendado.

Após ativação do servidor web do sistema desenvolvido, é necessário garantir a existência de uma função, *WWW*, no bloco de programação principal desenvolvido no *TIA Portal*. Esta função permitirá o correto envio das páginas web criadas em *HTML*, para o controlador lógico programável e assim permitir a sua utilização remotamente. A Figura 5.30, permite verificar essa mesma função.

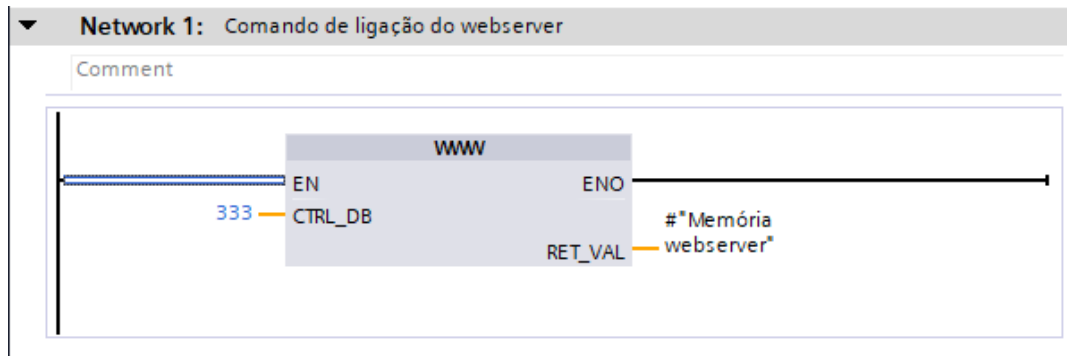


Figura 5.30 - Comando de ligação do programa de automação ao servidor web criado.

Posto isto é possível transferir, para esse mesmo servidor, a página web criada por forma a que a mesma seja possível interagir enquanto conectado ao próprio controlador lógico programável. Torna-se para isso necessário descarregar toda a informação do ficheiro *HMTL* da página principal para o programa *TIA Portal*, que em sequência cria um conjunto de blocos que traduzem toda a informação da página para o programa.

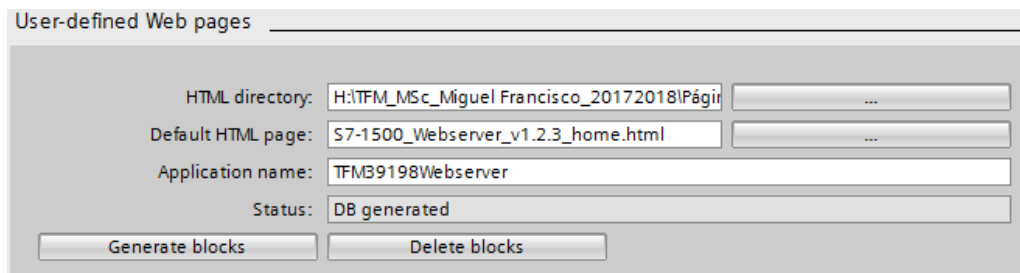


Figura 5.31 - Painel de geração dos blocos de comunicação da página web com o servidor do PLC.

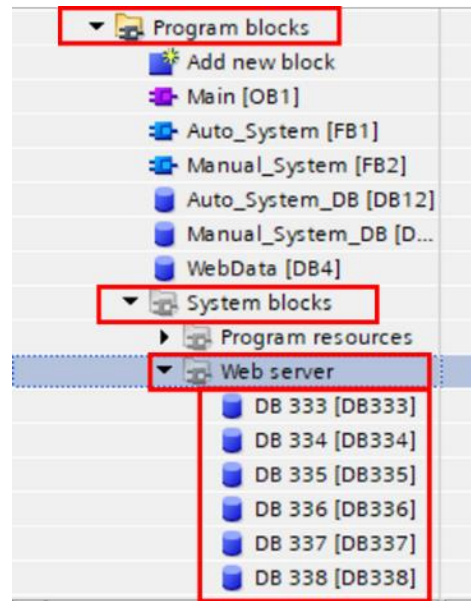


Figura 5.32 - Blocos do servidor web criados na extração dos ficheiros da página web.

Finalmente, para efetuar a correta comunicação entre as variáveis de entrada e/ou de saída utilizadas na automação do sistema foi necessário criar um bloco de dados com as variáveis a serem controladas e monitorizadas definidas, conforme a Figura 5.33.

Programa_comando_TFM_v5.0 ▶ PLC_1 [CPU 1516-3 PN/DP] ▶ Program blocks ▶ WebData [DB4]

	Name	Data type	Start value	Retain	Accessible f...	Visible in ...	Setpoint
1	▼ Static						
2	Start	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Stop	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Auto	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Manual	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	a1	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	a0	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	b1	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	b0	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	c1	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	c0	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	CEA	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	CEB	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	CEC	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	Reset-Counter	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 5.33 - Bloco de dados que contém as variáveis a comunicar com a página web.

6. Resultados e análise

6.1. Resultados e análise do modelo laboratorial

No início do desenvolvimento do modelo base laboratorial, capítulo 3, definiu-se que o mesmo iria tentar representar uma pequena porção de um processo de embalamento com os seguintes processos.

- Colocação da embalagem no local de receção do produto;
- Colocação do produto no interior da embalagem;
- Fecho das abas laterais da embalagem.

Será espectável então, que o modelo laboratorial final seja capaz, até uma determinada extensão, de reproduzir cada uma destas fases de uma maneira relativamente fluida. Para apresentar os resultados obtidos nesta matéria, será considerado cada uma das fases do processo de embalamento definido, para este trabalho.

6.1.1. Colocação da embalagem no local de receção do produto

Após simulação e posterior teste do código de comando e atuação dos veios dos cilindros sobre a embalagem, tanto na colocação na sua posição como no bloqueio nessa mesma, foi possível verificar que a função decorreu da forma prevista sem danos para a própria embalagem e sistema. Foi possível observar um ligeiro afastamento da embalagem da posição prevista de receção do produto, no entanto, esta não interferiu de forma significativa no resultado.

6.1.2. Colocação do produto no interior da embalagem

Após simulação e posterior teste do código de comando e atuação do veio do cilindro no percurso de colocação do produto no interior da embalagem e na colocação do sistema de fecho das abas na sua posição, foi possível verificar que o mesmo decorreu da forma

prevista. Foi possível observar uma ligeira rotação do componente do veio do cilindro da posição prevista, no entanto, esta não interferiu de forma significativa no resultado.

6.1.3. Fecho das abas laterais da embalagem

Após a simulação e teste do código de comando da primeira parte desta fase foi possível verificar que a teoria desenvolvida para este processo de fecho da aba funcionou como o previsto, no entanto, do ponto de vista prático não se obteve o mesmo resultado. O sistema de fecho da aba lateral realizou o movimento esperado, mas não foi capaz de realizar a força necessária e no tempo necessário, para que aba lateral mantivesse a sua posição de forma permanente.

Após a simulação e teste do código de comando da segunda parte desta fase foi possível verificar que a teoria desenvolvida para este processo de fecho da aba lateral direito funcionou como o previsto, no entanto, do ponto de vista prático não se obteve o mesmo resultado. À semelhança do observado na parte anterior, o sistema de fecho da aba lateral realizou o movimento esperando, mas não foi capaz de realizar a força necessária e no tempo necessário, para que aba lateral mantivesse a sua posição de forma permanente.

6.2. Resultados e análise da página web

A página web implementada neste projeto pretende colocar à prova os conceitos base da *indústria 4.0* e da *internet das coisas*, permitindo a acessibilidade dos dados fornecidos ou possível obter por parte do sistema de automação implementado em qualquer momento e em qualquer aparelho eletrónico com possibilidade de se ligar à uma rede de internet ou motor de busca convencional.

Para uma apresentação mais organizada dos resultados obtidos no desenvolvimento da plataforma de internet aplicada a este sistema desenvolveram os seguintes tópicos.

- Controlo e monitorização de variáveis;
- Acessibilidade;

- Interação com o utilizador.

6.2.1. Controlo de supervisão de variáveis

No controlo e supervisão das variáveis do sistema será espectável que o código criado na plataforma web e o código de comunicação, entre a mesma e a plataforma de automação, permita não só a capacidade de modificar o estado de uma determinada variável, mas também verificar o seu estado num determinado instante. A capacidade de atuação sobre essas variáveis e a visualização do seu estado deverá ser compatível com o funcionamento do sistema quer no seu modo manual como automático.

Após a simulação e teste do código de comando ao nível da plataforma web e plataforma de automação, foi possível verificar que todas as variáveis selecionadas, para o comando e supervisão, puderam ser acedidas por meio da página web desenvolvida da forma prevista, permitindo a utilização do sistema de maneira automática e manual e inclusive transitar entre ambos sem falhas no funcionamento do sistema desenvolvido.

6.2.2. Acessibilidade

A acessibilidade do sistema desenvolvido não afeta diretamente o funcionamento do sistema, no entanto, considerando a *indústria 4.0* e todos os conceitos inerentes à mesma definiu-se que este sistema deverá ser capaz de ser acedido por meio da rede internet disponibilizada em qualquer momento e se possível em qualquer local. Para a criação desta rede de internet neste projeto recorreu-se à utilização da ligação *Profinet*, disponibilizado pelo controlador lógico programável, e definiu-se uma rede *IPv4* na qual todos os aparelhos ligados pudessem ter acesso a este mesmo sistema e plataformas.

Após o teste da rede de internet criada foi possível verificar que existiu acessibilidade por parte de todos os aparelhos ligados à mesma rede de *IPv4* criada, no entanto, todos os equipamentos fora dessa rede não teriam o acesso necessário para efetuar qualquer comando e supervisão do sistema. Por sua vez, todos os equipamentos que não se encontrassem no local onde esta rede se propagaria, nomeadamente no laboratório de desenvolvimento, não teriam a mesma acessibilidade.

6.2.3. Interação com o utilizador

A interação com o utilizador é, provavelmente, o ponto menos importante e funcional. De qualquer forma, será espectável que a plataforma web criada permita ao utilizador uma interação fluida, compreensível e fácil no comando e supervisão do sistema e todas as variáveis inerentes.

Após a simulação e teste do código criado no desenvolvimento da plataforma web e todos os seus componentes, foi possível verificar que a mesma funcionou como previsto e permite ao utilizador uma interação bastante alargada e fácil considerando o sistema de automação a controlar e supervisionar. A criação de diferentes menus permitiu uma maior organização da página, separação de conteúdos e mostrar apenas o essencial. Foi possível verificar ainda algumas falhas ao nível do código desenvolvido, nomeadamente, na expansão da página e de algumas imagens presentes, no funcionamento do formulário de contacto e na capacidade de apresentar botões de comando e imagens de estado mais agradáveis e intuitivos para o utilizador.

6.3. Análise de resultados

A validação do sistema implementado, quer a nível da modelo laboratorial, da plataforma de automação e monitorização web, pretende procurar identificar se os objetivos traçados para o sistema físico e de programação foram atingidos. À semelhança da apresentação dos resultados, será realizada a validação ao sistema laboratorial criado e da interação entre esse mesmo sistema e a plataforma web.

6.3.1. Modelo laboratorial

O desenvolvimento do modelo base laboratorial e a escolha do tipo de sistema a simular, tiveram grande impacto nos resultados finais deste projeto. Tendo em conta os resultados verificados e os objetivos traçados nesta parte mais física e estrutural do projeto, todos os objetivos foram atingidos de forma satisfatória, com exceção da última fase do processo de embalamento, fecho das abas laterais. Este processo falhou na

capacidade de manter as abas laterais na sua posição de fecho como seria de esperar. Após uma análise mais detalhada, é possível afirmar que a razão de falha se encontra na definição do projeto do sistema de embalamento, pelo que a escolha de um sistema mais simples ou com auxílio de um sistema atuado de forma paralela teria sido mais aconselhável.

No que diz respeito ao código de automação definido para comando do sistema, foi possível verificar que o mesmo cumpriu todos os parâmetros definidos, podendo apenas ter sido organizado num sistema mais sintético.

6.3.2. Página web

A plataforma web e todos os seus constituintes são a parte deste projeto que mais aborda os conceitos da *indústria 4.0* e como tal tem bastante peso no desenvolvimento deste projeto. Após os resultados obtidos com a última versão desta plataforma, foi possível verificar que todos os parâmetros requisitados foram cumpridos numa forma objetiva, tendo apenas a sua aplicação ficado aquém das expectativas. O comando e supervisão do sistema desenvolvido, tornado físico e palpável no modelo base laboratorial foi, possível realizar sem grandes dificuldades e dentro dos objetivos traçados, no entanto, a forma como a página e plataforma web realizou a interação com o utilizador poderia ter sido implementada de uma forma mais moderna e amigável do utilizador. Foi possível encontrar algumas falhas na estrutura base da página web, no entanto, nenhuma afetou o funcionamento central da plataforma.

7. Conclusão e trabalhos futuros

No início do desenvolvimento deste projeto foi definido como objetivo principal a criação de um sistema de automação electropneumático controlado por um controlador lógico programável que fosse capaz de apoiar o ensino de conceitos da indústria 4.0 e toda a sua envolvente.

Para isto foi desenvolvido de raiz um modelo físico (à escala) de um sistema electropneumático capaz de simular uma parte de um processo de empacotamento com três fases específicas, recorrendo a diversos materiais disponibilizados e à tecnologia de impressão 3D. Este sistema electropneumático foi posteriormente ligado a um controlador lógico programável de última geração da Siemens[®], S7-1516-3 PN/DP, que permitiu o seu controlo a um nível mais industrial. Um dos conceitos que traduz a Indústria 4.0 consiste na internet das coisas ao nível industrial e para esse efeito foi criada uma página ou plataforma web capaz de realizar a supervisão de todo o processo físico desenvolvido.

Considerando o sistema de automação electropneumático desenvolvido, foi possível concluir que o mesmo permitiu a demonstração de um processo parcial de empacotamento de um produto nas diferentes fases definidas desde a colocação da embalagem no ponto de receção do produto até ao bloqueio e fecho das abas laterais da embalagem. Apesar disto foi possível verificar, pelo formato do sistema definido, no posicionamento dos equipamentos e diferentes componentes auxiliares do sistema, que o fecho e movimentação da embalagem no sistema não foi realizado de uma forma totalmente eficiente, mas acabou por ser eficaz, não tendo sido possível efetuar o fecho correto das abas laterais.

Ao nível do controlo do sistema por meio do controlador lógico programável de última geração concluiu-se que o mesmo foi realizado dentro dos parâmetros definidos, permitindo a realização de todas as fases do processo e controlo de todas as variáveis, desde sensores a electroválvulas, de uma forma simples e funcional.

Relativamente ao sistema de supervisão por meio de uma plataforma web, demonstrou-se uma pequena fração das potencialidades porque no fundo o objetivo

consistia em demonstrar a nível funcional as suas vantagens, sendo certo que o crescente de possibilidades de supervisão requererão mais quantidade e qualidade de programação para a interface web. No entanto, efetuou-se o comando e supervisão do estado de todas as variáveis consideradas, através da comunicação do controlador com o servidor web, em qualquer instante do funcionamento do sistema ao mesmo tempo que foi possível criar um ambiente de interação com o utilizador suficientemente atrativo e funcional. Tendo em conta a vasta margem de funções neste campo, a plataforma teria beneficiado de um painel de supervisão das diversas variáveis mais atualizadas assim como a possibilidade mais alargada de funções do comando do sistema.

No final foi possível concluir que o desenvolvimento deste projeto e todos os objetivos traçados ao início foram desenvolvidos com um nível de sucesso satisfatório permitindo a demonstração clara das vantagens que a indústria 4.0 permite na nossa sociedade, alguns dos principais conceitos inerentes e a capacidade que esta cria, por forma a tornar os processos mais eficientes e eficazes. Apesar disto, qualquer revolução possui um percurso de desenvolvimento e melhoria continua e este projeto não foge desse padrão. Ao longo deste projeto e a cima de tudo na sua conclusão verificou-se que muitos parâmetros poderiam ser melhorados e sujeitos a trabalhos futuros que o tornem mais eficaz na sua função, nomeadamente os seguintes:

- Definição de um sistema de simulação do processo parcial de empacotamento mais completo e funcional, principalmente ao nível do fecho da embalagem;
- Utilização de outros equipamentos auxiliares motorizados por forma a criar um sistema mais realista, como um tapete rolante automatizado;
- Criação de um sistema de gestão de cabos mais eficiente e com maior facilidade de manutenção futura;
- Criação de um acesso específico dentro da página web, login, para alunos e professores;
- Criação de um painel de comando e supervisão das variáveis consideradas de uma forma mais interativa e com um visual mais moderno;

- Criação de um ambiente da página web mais académico que permitisse a interação e visualização dos efeitos de comunicação entre o controlador lógico programável e a plataforma web.
- Possibilidade de incluir outras componentes da indústria 4.0, que aumentem o potencial de ensino dos seus conceitos como a realidade virtual, manutenção 4.0, entre outros.

Referências

- [1] Olivier Scalabre, «Industry 4.0 - the Nine Technologies Transforming Industrial Production». Disponível em: <https://www.bcg.com/it-it/capabilities/operations/embracing-industry-4.0-rediscovering-growth.aspx>. [Acedido: 26-Fev-2018].
- [2] Deloitte, «Industry 4.0. Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies», *Deloitte*, pp. 1–30, 2015.
- [3] J. Smit, S. Kreuzer, C. Moeller, e M. Carlberg, «Policy Department A: Economic and Scientific Policy-Industry 4.0», *Eur. Parliam.*, pp. 1–94, 2016.
- [4] H. v. Heynitz, M. Bremicker, D. M. Amadori, e K. Reschke, «Becoming The Factory of The Future», n. Industry 4.0-The challenges of tomorrow, p. 68, 2016.
- [5] D. Wee, R. Kelly, J. Cattell, e M. Breunig, «Industry 4.0 - how to navigate digitization of the manufacturing sector», *McKinsey Co.*, pp. 1–62, 2015.
- [6] «Industry 4.0: the fourth industrial revolution - guide to Industrie 4.0», *i-SCOOP*. Disponível em: https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/#The_original_definition_of_Industry_40_or_better_Industrie_40. [Acedido: 07-Mar-2018].
- [7] Jacob Morgan, «A Simple Explanation Of “The Internet Of Things”», *Forbes*, 2014. Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/jacobmorgan/2014/05/13/simple-explanation-internet-things-that-anyone-can-understand/#405004741d09>. [Acedido: 16-Mar-2018].
- [8] K. Rose, S. Eldridge, e L. Chapin, «The Internet of Things: an overview. Understanding the Issues and Challenges of a More Connected World.», *Internet Soc.*, n. October, p. 80, 2015.
- [9] D. M. M. Pacis, E. D. C. Subido, e N. T. Bugtai, «Research on the Application of Internet of Things (IoT) Technology Towards A Green Manufacturing Industry :

- A Literature Review Presented at the DLSU Research Congress 2017», 2017.
- [10] J. Conway, «The Industrial Internet of Things: An Evolution to a Smart Manufacturing Enterprise», p. 15, 2013.
- [11] M. Stanley, «Industrial Internet of Things to Revolutionize Robotics», 2016. Disponível em: <https://www.morganstanley.com/ideas/industrial-internet-of-things-and-automation-robotics>. [Acedido: 09-Mar-2018].
- [12] V. L. Kalyani e D. Sharma, «IoT: Machine to Machine (M2M), Device to Device (D2D) Internet of Everything (IoE) and Human to Human (H2H): Future of Communication», *J. Manag. Eng. Inf. Technol.*, n. 26, pp. 2394–8124, 2015.
- [13] R. Zanini, «Internet of Things – M2M Communication», 2017, p. 37.
- [14] M. Kamran e A. Saxena, «A Comprehensive Study on 3D Printing Technology A Comprehensive Study on 3D Printing Technology», *Moradabad Inst. Technol. Int. J. Mech. Eng.*, vol. 6, n. 2, pp. 63–69, 2016.
- [15] «3 Stocks to Buy to Ride the Next 3D Printing Cycle | InvestorPlace». Disponível em: <https://investorplace.com/2017/04/3d-printing-stocks-to-buy-ssys-mtls-prnt/>. [Acedido: 15-Jun-2018].
- [16] 3DPI, «The Free Beginner’s Guide to 3D Printing», *3D Print. Ind.*, p. 77, 2014.
- [17] J. Grodotzki, T. R. Ortelt, e A. E. Tekkaya, «Remote and Virtual Labs for Engineering Education 4.0», *Procedia Manuf.*, vol. 26, pp. 1349–1360, 2018.
- [18] R. M. F. Matias, «Monitorização via internet de processos industriais controlados com autómatos programáveis», 2014.
- [19] P. Systems, «Pneumatic Systems», *J. High Resolut. Chromatogr.*, vol. 3, n. c, pp. 65–74, 2008.
- [20] «Electro-Pneumatic Systems in Action [Library.AutomationDirect». Disponível em: <https://library.automationdirect.com/electro-pneumatic-systems-in-action/>. [Acedido: 29-Set-2018].
- [21] Deepri, «DIN 933 - Hexagon Cap Screws Fully Threaded Specifications». [Em linha]. Disponível em: http://www.deepri.com/din_specifications/DIN-933-

- Hexagon-Cap-Screws-Fully-Threaded.html. [Acedido: 15-Out-2018].
- [22] L. H. Gabriel, «History and Physical Chemistry of HDPE», *Transp. Res. Board*, vol. 254, pp. pp1-18, 1998.
- [23] P. International, «High Density Polyethylene», *Plast. Int.*, p. 257, 2015.
- [24] Crain Communications, «Commodity Thermoplastics - Resin Pricing - Plastics News», 2016. Disponível em: <http://www.plasticsnews.com/resin/commodity-thermoplastics/current-pricing>. [Acedido: 10-Jun-2018].
- [25] Mitera, «Mitera». Disponível em: <http://www.mitera.pt/pt/>. [Acedido: 10-Jun-2018].
- [26] Siemens, «S7- 1500 Automation System SIMATIC - System Manual», pp. 1–208, 2013.
- [27] Siemens, *S7-1200/S7-1500: Comparison list for programming languages based on international mnemonics*, 12.^a ed. 2017.
- [28] M. Justine, «Where do the new Siemens processor fit in to the previous offerings?», 2015. Disponível em: <https://blog.acdist.com/where-do-the-new-siemens-processor-fit-in-to-the-previous-offerings>. [Acedido: 29-Set-2018].
- [29] T. Automation, «6ES7590-0AA0-0AA0 S7-1500 U-type-Connector». Disponível em: <http://www.tpautomation.de/Automation-systems/SIMATIC-S7/SIMATIC-S7-1500/Connection-system/6ES7590-0AA0-0AA0-S7-1500-U-type-Connector::18468.html?language=en>. [Acedido: 05-Jun-2018].
- [30] Siemens, «SIMATIC: S7-1500 CPU 1516-3 PN/PD», vol. 12, p. 43, 2014.
- [31] J. Joan, «CPU 1515-2 PN and CPU 1518-4 PN/DP of the SIMATIC S7-1500 Controller Family Now Available», 2014. Disponível em: <https://www.totallyintegratedautomation.com/2014/07/cpu-1515-2-pn-cpu-1518-4-pndp-simatic-s7-1500-controller-family-now-available-2/>. [Acedido: 06-Jun-2018].
- [32] Siemens, «S7-1500/ET 200MP DI 32x24VDC HF digital input module (6ES7521-1BL00-0AB0)», vol. 09, p. 50, 2016.

- [33] Siemens, «S7-1500/ET 200MP Digital output module DQ 32x24VDC/0.5A HF (6ES7522-1BL01-0AB0)», p. 37, 2016.
- [34] Siemens, «S7-1500/ET 200MP Load power supply module PM 190 W 120/230 VAC (6EP1333-4BA00)», pp. 1–26, 2013.
- [35] Magnesium elektron, «Mounting Rail 6ES7590-1AE80-0AA0», p. 1, 2018.
- [36] A. Joucomatic, «TECNOLOGIA ELECTROVÁLVULAS E VÁLVULAS: Funcionamento, terminologia e tipos de construção», pp. 1–4.
- [37] J. Q. Al-maliki e A. J. Q. Al-maliki, «The Processes and Technologies of 3D Printing», *Int. J. Adv. Comput. Sci. Technol.*, vol. 4, n. 10, pp. 161–165, 2015.
- [38] «Fused Deposition Modeling - Additively». Disponível em: <https://www.additively.com/en/learn-about/fused-deposition-modeling>. [Acedido: 20-Jun-2018].
- [39] BEEVERYCREATIVE, «BEEVERYCREATIVE | 3D Printing | 3D Printers | 3D Modeling», 2014. Disponível em: <https://beeverycreative.com/>. [Acedido: 21-Jun-2018].
- [40] D. Sher, «BEETHEFIRST 3D Printer Review - 3D Printing Industry», 2015. Disponível em: <https://3dprintingindustry.com/news/beeverycreative-beethefirst-3d-printer-review-47372/>. [Acedido: 21-Jun-2018].
- [41] «Beeverycreative Beethefirst Review & Rating | PCMag.com». Disponível em: <https://www.pcmag.com/article2/0,2817,2456981,00.asp>. [Acedido: 21-Jun-2018].
- [42] BEEVERYCREATIVE, «BEEVERYCREATIVE | 3D Printing | 3D Printers | 3D Modeling», 2014. Disponível em: <https://beeverycreative.com/beethefirstplus/>. [Acedido: 21-Jun-2018].
- [43] BEEVERYCREATIVE, «BEEVERYCREATIVE | 3D Printing | 3D Printers | 3D Modeling», 2014. Disponível em: <https://beeverycreative.com/beesoft/>. [Acedido: 23-Jun-2018].
- [44] W. Bolton, *Programmable Logic Controllers*, 5th ed. 2009.

- [45] Dag H. Hanssen, *Programmable Logic Controllers A Practical Approach TO IEC 61131-3 Using CoDeSys*. John Wiley & Sons, 2015.
- [46] David Berno, «Efficient SCL Development in TIA Portal V14 | DMC, Inc.» Disponível em: <https://www.dmcinfo.com/latest-thinking/blog/id/9540/efficient-scl-development-in-tia-portal-v14>. [Acedido: 29-Jun-2018].
- [47] «SIEMENS S7 PLC 1200 to SIEMENS AC Drive G120 Communication on Industrial Ethernet/Profinet Protocol | PLC, PLC LADDER, PLC EBOOK, PLC PROGRAMMING»,. Disponível em: <http://plc-scada-dcs.blogspot.com/2017/06/siemens-s7-plc-1200-to-siemens-ac-drive.html#axzz5Jw5zZZFM>. [Acedido: 30-Jun-2018].
- [48] «In STEP 7 (TIA Portal), why do you have to insert a SET instruction after a jump c... - ID: 67519310 - Industry Support Siemens». Disponível em: [https://support.industry.siemens.com/cs/document/67519310/in-step-7-\(tia-portal\)-why-do-you-have-to-insert-a-set-instruction-after-a-jump-command-in-order-to-ensure-a-first-scan-?dti=0&lc=en-PT](https://support.industry.siemens.com/cs/document/67519310/in-step-7-(tia-portal)-why-do-you-have-to-insert-a-set-instruction-after-a-jump-command-in-order-to-ensure-a-first-scan-?dti=0&lc=en-PT). [Acedido: 30-Jun-2018].
- [49] «TIA portal V13 | CPI Consulting». Disponível em: <http://cpiconsulting.fr/tia-portal-v13>. [Acedido: 02-Jul-2018].
- [50] Siemens, «SIMATIC S7-1500: Getting Started», p. 126, 2014.
- [51] Siemens, «SIMATIC - The Product family for Automation by Siemens». Disponível em: <https://w3.siemens.com/mcms/topics/en/simatic/pages/default.aspx>. [Acedido: 01-Ago-2018].
- [52] Siemens, «STEP 7 Professional V13 SP1 - System Manual», p. 12536, 2014.
- [53] M. Mendez, *The Missing Link: An Introduction to Web Development and Programming*. Open SUNY Textbooks, 2014.
- [54] V. Beal, «The 7 Layers of the OSI Model», *webopedia*, 2015. Disponível em: https://www.webopedia.com/quick_ref/OSI_Layers.asp. [Acedido: 30-Set-2018].
- [55] «The Industrial Ethernet Book | Knowledge | Technical Articles | Surge protection for PoE equipment». Disponível em:

<http://www.iebmedia.com/index.php?id=4751&parentid=63&themeid=255&hft=27&showdetail=true&bb=1>. [Acedido: 08-Jul-2018].

- [56] I. Automation, «What is HMI?», 2018. Disponível em: <https://inductiveautomation.com/resources/article/what-is-hmi>. [Acedido: 20-Dez-2018].
- [57] B. Soediono, *eMarketing: The essential Guide to Marketing in a Digital World*, vol. 53. 2013.
- [58] C. P. Caldeira, «Introdução ao HTML - (HyperText Markup Language)», p. 48, 2015.
- [59] «Building Your First Web Page - Learn to Code HTML». Disponível em: <https://learn.shayhowe.com/html-css/building-your-first-web-page/>. [Acedido: 14-Jul-2018].
- [60] «Getting to Know HTML - Learn to Code HTML». Disponível em: <https://learn.shayhowe.com/html-css/getting-to-know-html/>. [Acedido: 15-Jul-2018].
- [61] «html - HTML5 best practices; section/header/aside/article elements - Stack Overflow». Disponível em: <https://stackoverflow.com/questions/4781077/html5-best-practices-section-header-aside-article-elements>. [Acedido: 16-Jul-2018].
- [62] «Getting to Know CSS - Learn to Code HTML». Disponível em: <https://learn.shayhowe.com/html-css/getting-to-know-css/>. [Acedido: 21-Jul-2018].

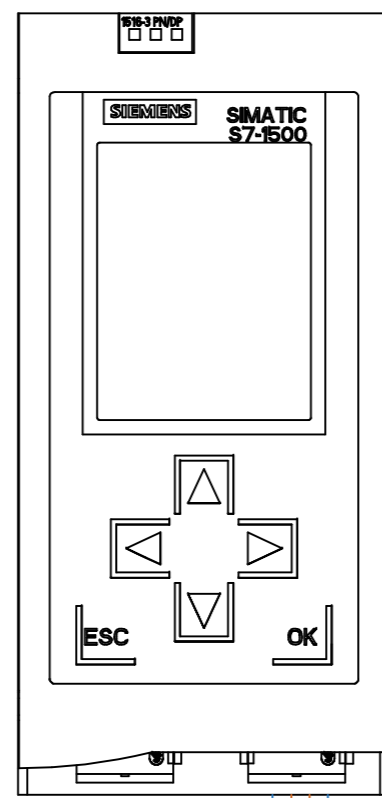
Anexos

Anexo A: Esquema do circuito elétrico do controlador lógico programável

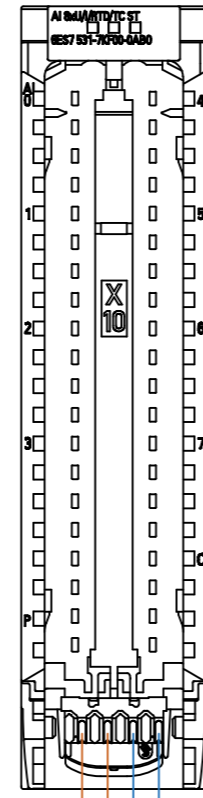
Fonte de alimentação - PM 190W 120/230 VAC
6EP1333-4BA00



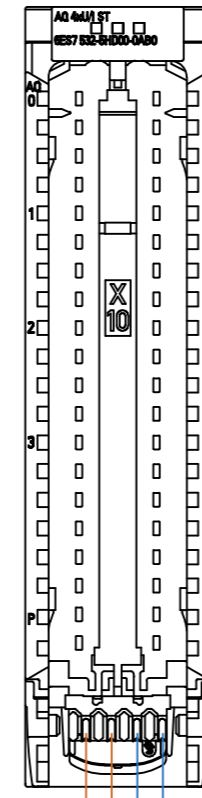
Unidade de processamento central - CPU 1516-3 PN/PD
6ES7516-3AN00-0AB0



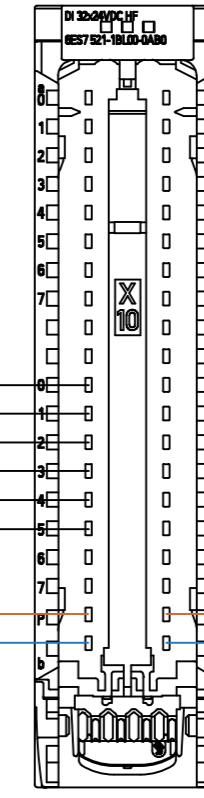
Módulo de entradas analógicas - AI 8xU//RTD/TC ST
6ES7531-7KF00-0AB0



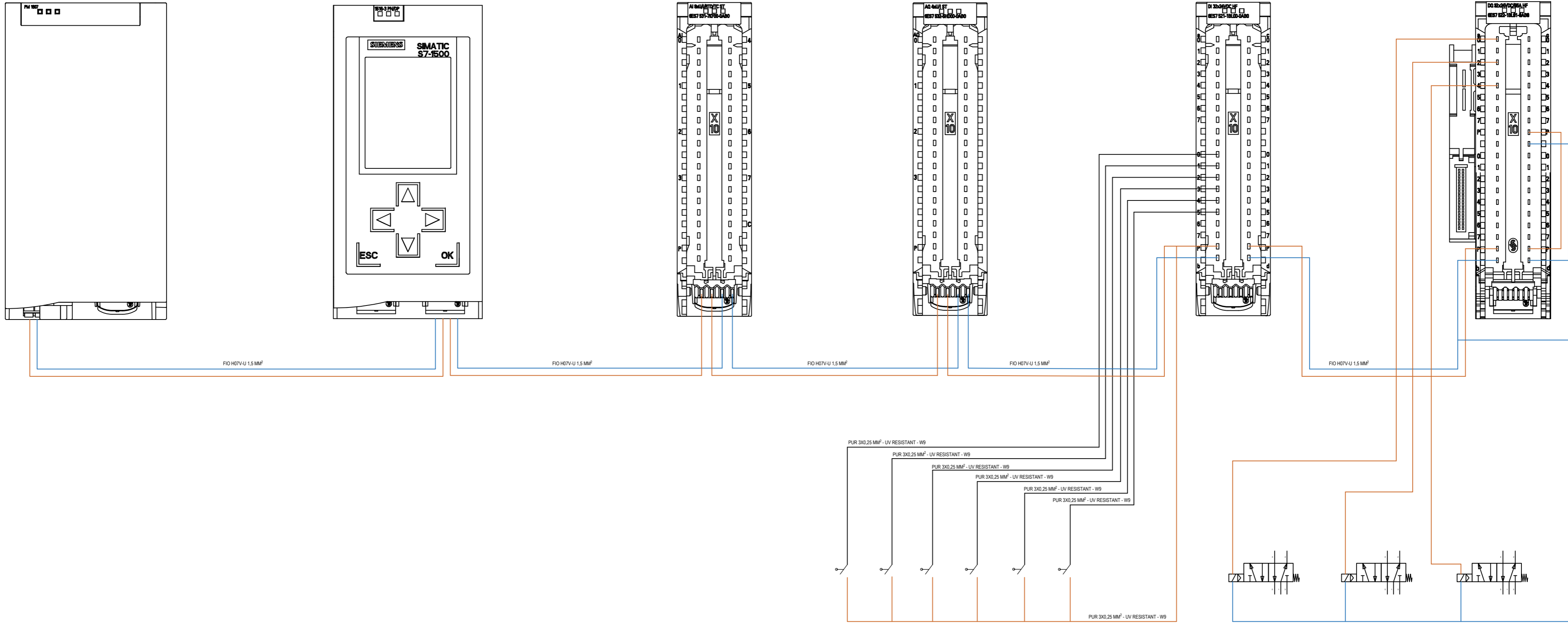
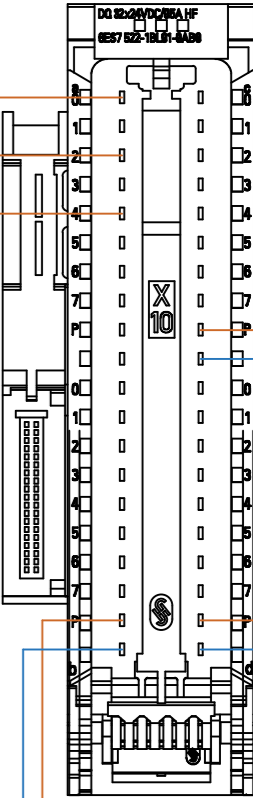
Módulo de saídas analógicas - AQ 4xU/I ST
6ES7532-5HD00-0AB0



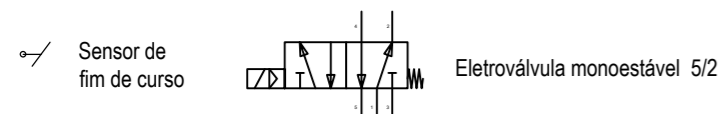
Módulo de entradas digital - DI 32X24VDC HF
6ES7521-1BL00-0AB0



Módulo de saídas digital - DQ 32X24VDC/0.5A HF
6ES7522-1BL01-0AB0



Legenda:



Mestrado em Engenharia Mecânica: Energia, Refrigeração e Climatização
 Projeto de Sistema Electropneumático para o Ensino de Conceitos da Indústria 4.0



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

TRABALHO FINAL DE Mestrado

ANO LECTIVO DE 2017/2018

DATA
26-10-2018

Miguel Francisco - Nº 39198

Esquema eléctrico do controlador lógico S7-1516-3 PN/PD Siemens

Anexo B: Código de programação LAD e tabelas de Tags

Programa_comando_TFM_v5.0

Table of contents

Main [OB1]

3 - 1

Main [OB1]

Main Properties

General

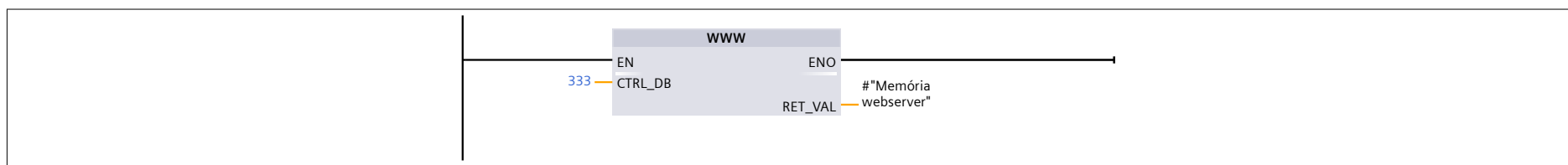
Name	Main	Number	1	Type	OB	Language	LAD
Numbering	automatic						

Information

Title	"Main Program Sweep (Cycle)"	Author		Comment	Progama de comando do sistema de embalagem parcial projectado.	Family	
Version	0.1	User-defined ID					

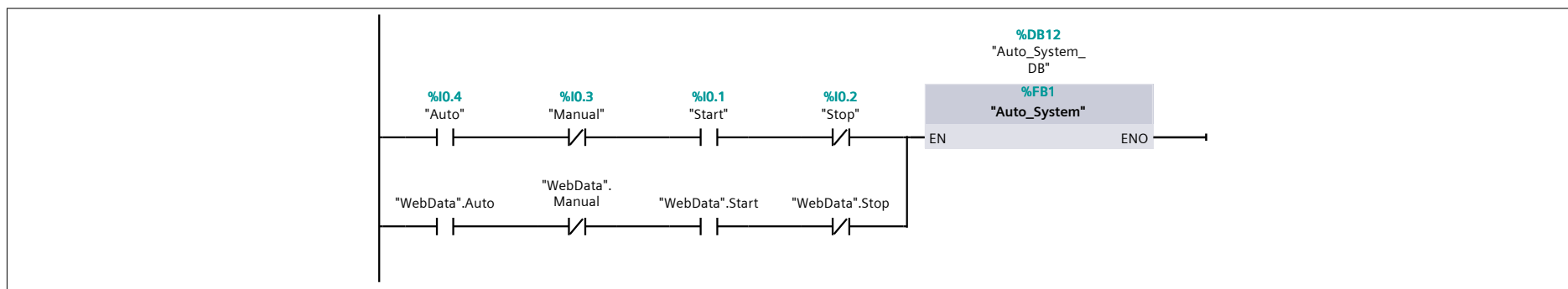
Name	Data type	Default value	Comment
▼ Input			
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available
▼ Temp			
Memória webservice	Int		
Constant			

Network 1: Comando de ligação do webservice



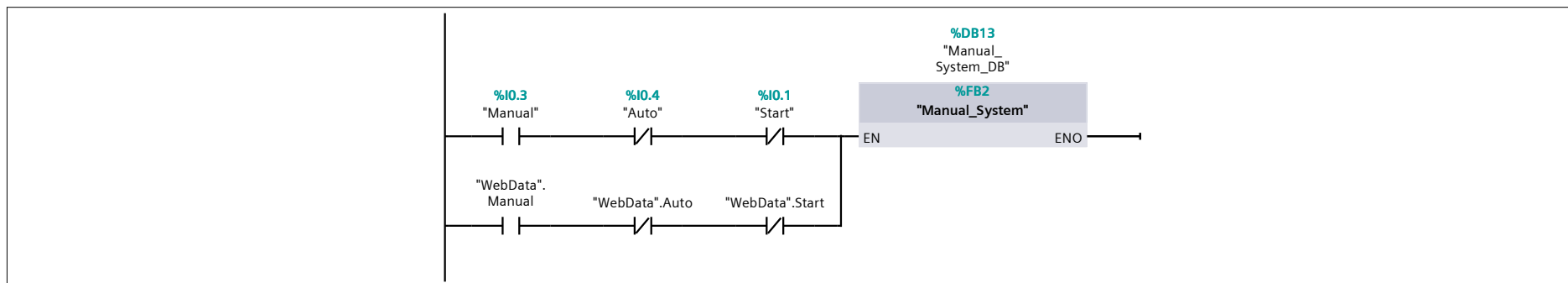
Symbol	Address	Type	Comment
#"Memória webservice"		Int	

Network 2: Função de controlo automático do sistema.



Symbol	Address	Type	Comment
"Auto"	%I0.4	Bool	
"Manual"	%I0.3	Bool	
"Start"	%I0.1	Bool	
"Stop"	%I0.2	Bool	
"WebData".Auto		Bool	
"WebData".Manual		Bool	
"WebData".Start		Bool	
"WebData".Stop		Bool	

Network 3: Função de controlo manual.



Symbol	Address	Type	Comment
"Auto"	%I0.4	Bool	
"Manual"	%I0.3	Bool	
"Start"	%I0.1	Bool	
"WebData".Auto		Bool	
"WebData".Manual		Bool	
"WebData".Start		Bool	

Programa_comando_TFM_v5.0

Table of contents

Auto_System [FB1]

3 - 1

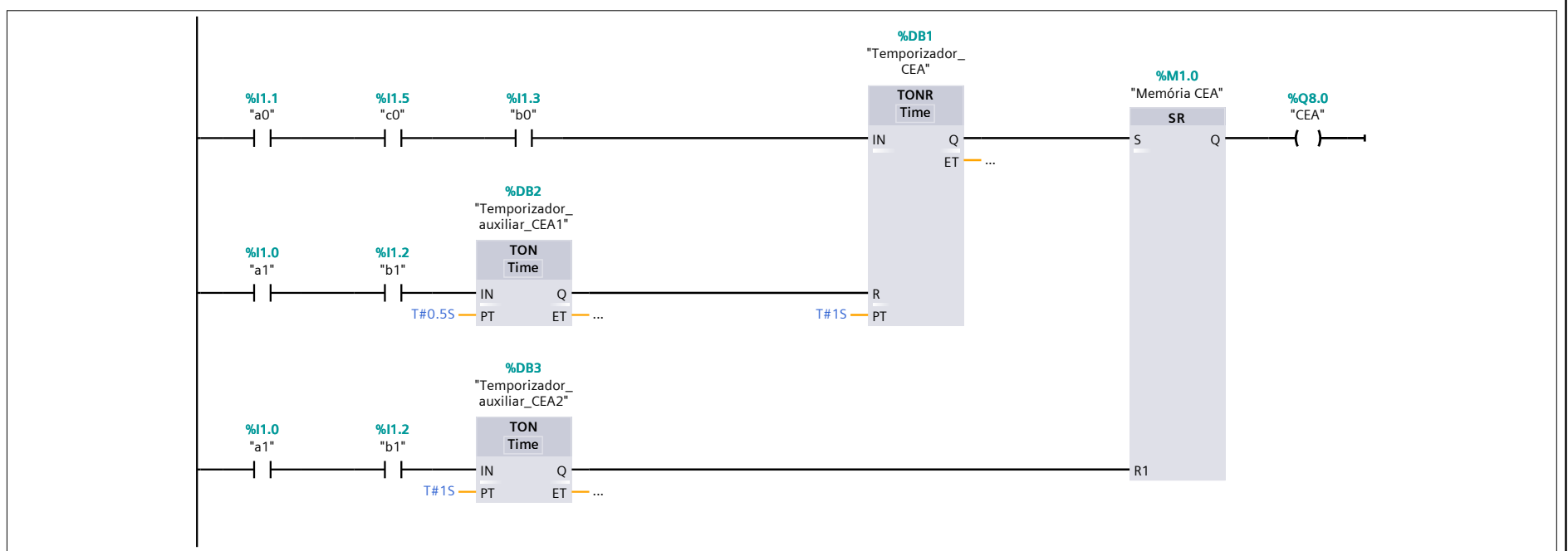
Auto_System [FB1]

Auto_System Properties

General							
Name	Auto_System	Number	1	Type	FB	Language	LAD
Numbering	automatic						
Information							
Title	Função de controlo do sistema de forma automática	Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					

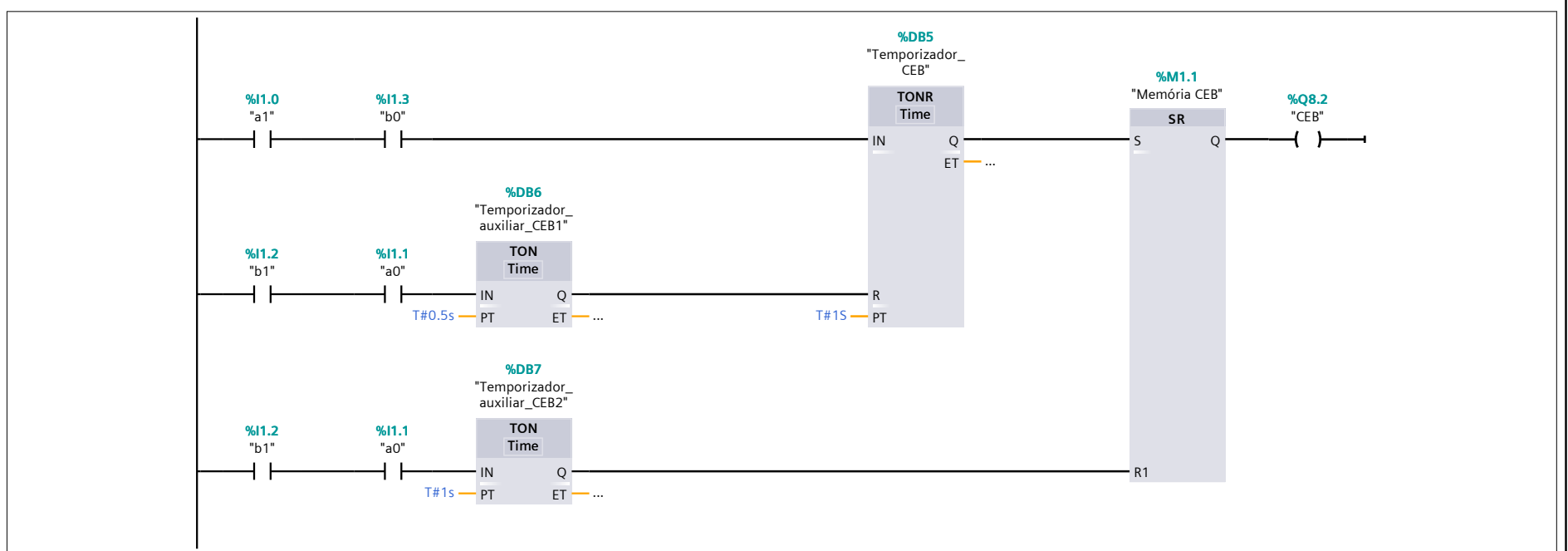
Name	Data type	Default value	Retain	Accessible from HMI	Visible in HMI	Setpoint	Comment
Input							
Output							
InOut							
Static							
Temp							
Constant							

Network 1: Quando o Cilindro "CA" deve avançar e recuar para colocação da caixa na sua posição. Após seleção do botão "Start".



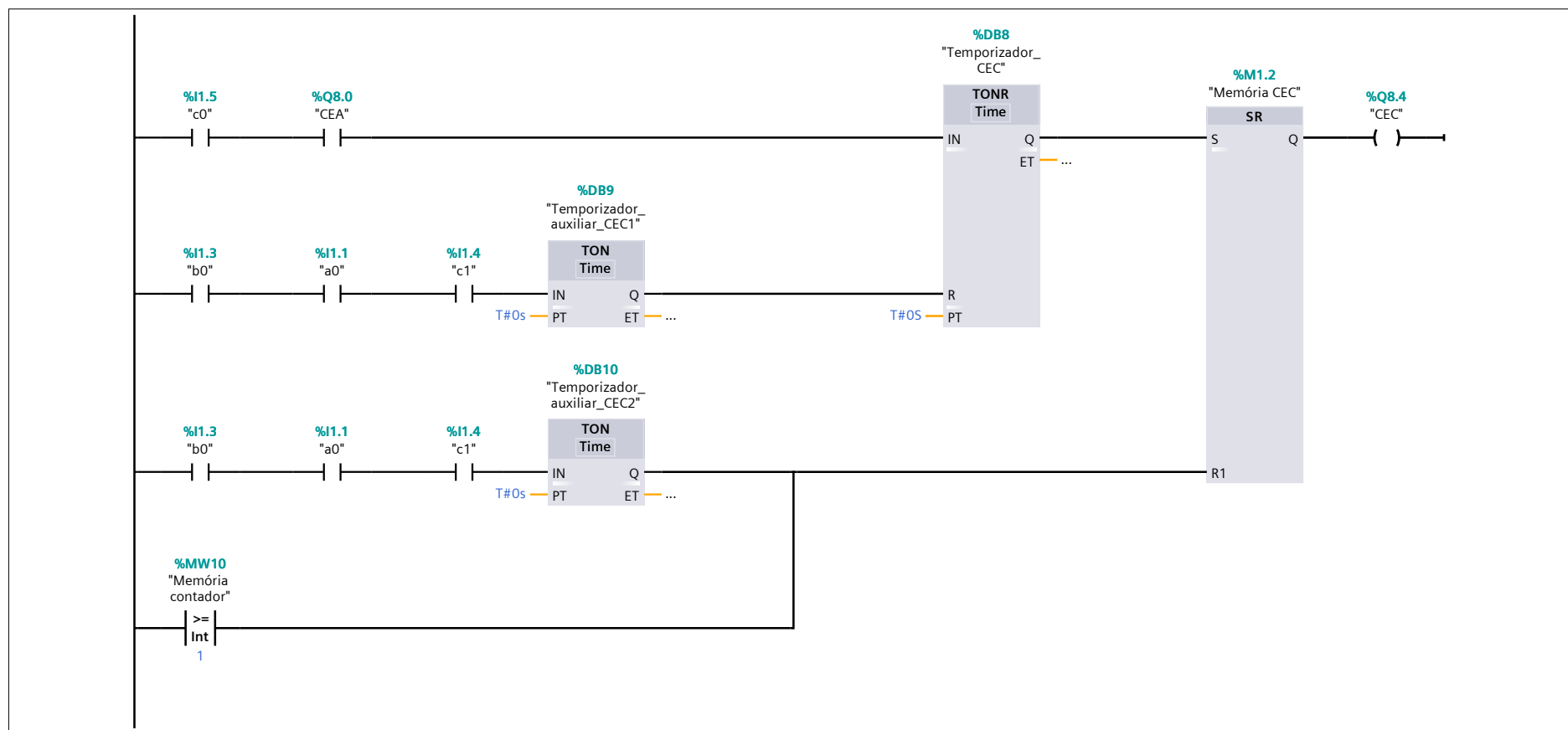
Symbol	Address	Type	Comment
"a0"	%I1.1	Bool	
"a1"	%I1.0	Bool	
"b0"	%I1.3	Bool	
"b1"	%I1.2	Bool	
"c0"	%I1.5	Bool	
"CEA"	%Q8.0	Bool	
"Memória CEA"	%M1.0	Bool	

Network 2: Quando o Cilindro "CB" deve avançar e recuar para colocação do produto no interior da embalagem.



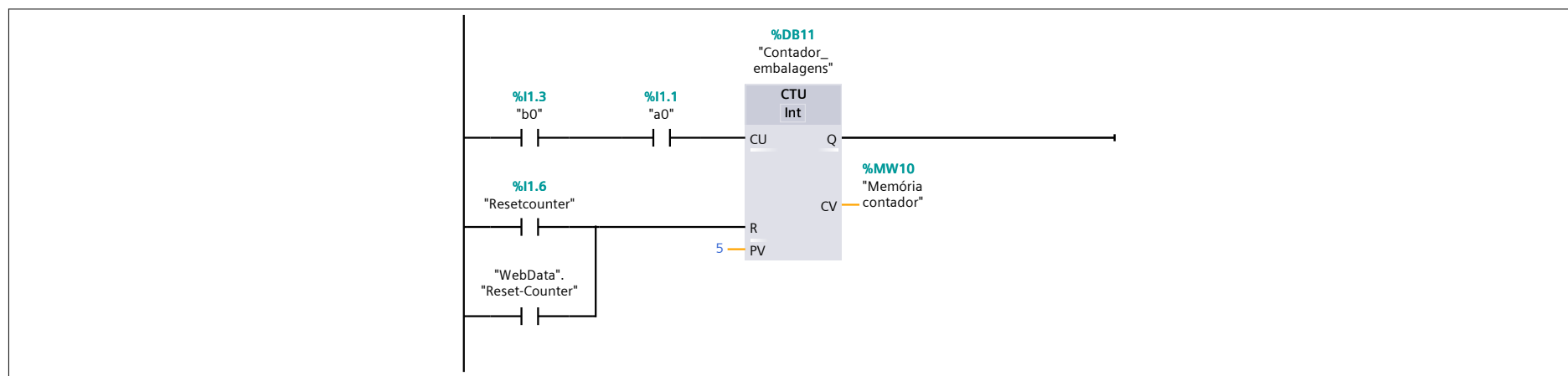
Symbol	Address	Type	Comment
"a0"	%I1.1	Bool	
"a1"	%I1.0	Bool	
"b0"	%I1.3	Bool	
"b1"	%I1.2	Bool	
"CEB"	%Q8.2	Bool	
"Memória CEB"	%M1.1	Bool	

Network 3: Quando o Cilindro "CC" deve avançar e recuar para bloquear a embalagem e permitir o fecho da aba lateral



Symbol	Address	Type	Comment
"a0"	%I1.1	Bool	
"b0"	%I1.3	Bool	
"c0"	%I1.5	Bool	
"c1"	%I1.4	Bool	
"CEA"	%Q8.0	Bool	
"CEC"	%Q8.4	Bool	
"Memória CEC"	%M1.2	Bool	
"Memória contador"	%MW10	Int	

Network 4: Contador do número de embalagens que passam pelo sistema



Symbol	Address	Type	Comment
"a0"	%I1.1	Bool	
"b0"	%I1.3	Bool	
"Memória contador"	%MW10	Int	
"Resetcounter"	%I1.6	Bool	
"WebData"."Reset-Counter"		Bool	

Programa_comando_TFM_v5.0

Table of contents

Manual_System [FB2]

3 - 1

Manual_System [FB2]

Manual_System Properties

General

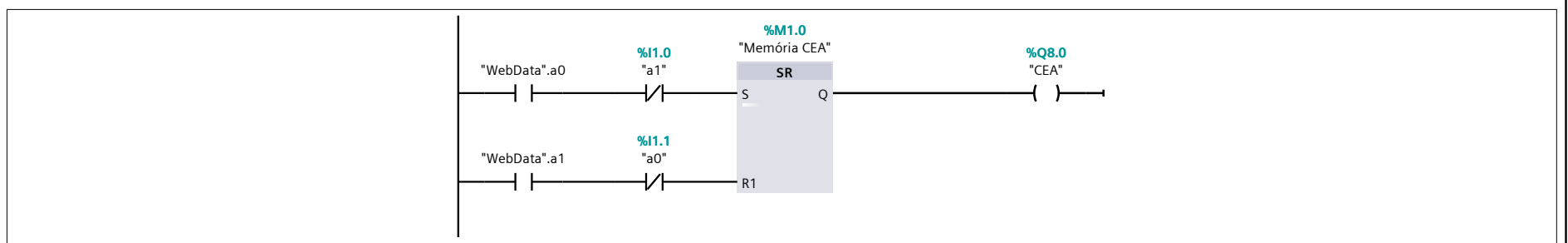
Name	Manual_System	Number	2	Type	FB	Language	LAD
Numbering	automatic						

Information

Title	Função de controlo dos cilindros electropneumáticos do sistema de forma manual	Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					

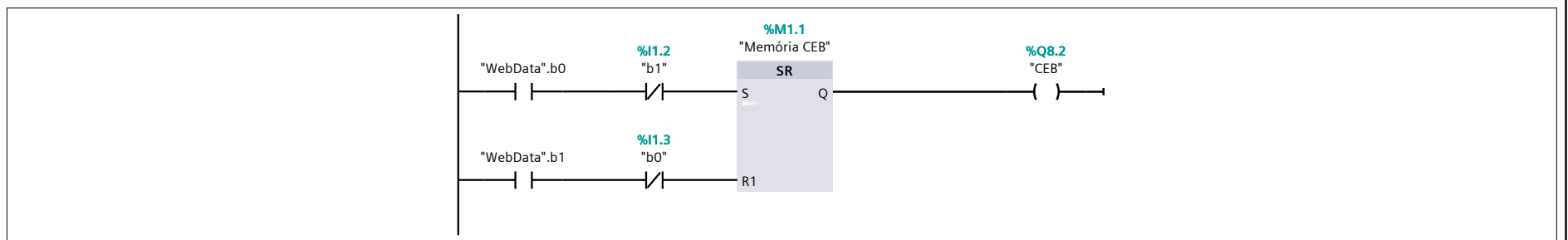
Name	Data type	Default value	Retain	Accessible from HMI	Visible in HMI	Setpoint	Comment
Input							
Output							
InOut							
Static							
Temp							
Constant							

Network 1: Atuação do cilindro electropneumático A



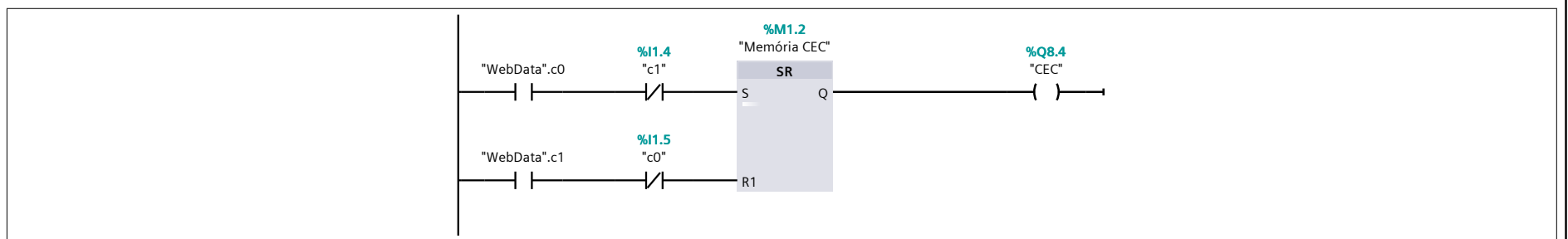
Symbol	Address	Type	Comment
"a0"	%I1.1	Bool	
"a1"	%I1.0	Bool	
"CEA"	%Q8.0	Bool	
"Memória CEA"	%M1.0	Bool	
"WebData".a0		Bool	
"WebData".a1		Bool	

Network 2: Atuação do cilindro electropneumático B



Symbol	Address	Type	Comment
"b0"	%I1.3	Bool	
"b1"	%I1.2	Bool	
"CEB"	%Q8.2	Bool	
"Memória CEB"	%M1.1	Bool	
"WebData".b0		Bool	
"WebData".b1		Bool	

Network 3: Atuação do cilindro electropneumático C



Symbol	Address	Type	Comment
"c0"	%I1.5	Bool	
"c1"	%I1.4	Bool	
"CEC"	%Q8.4	Bool	
"Memória CEC"	%M1.2	Bool	
"WebData".c0		Bool	
"WebData".c1		Bool	



















Programa_comando_TFM_v5.0

Table of contents

Default tag table [70]	
PLC tags	3 - 1
User constants	4 - 1

Default tag table [70]

PLC tags

PLC tags							
Name	Data type	Address	Retain	Visible in HMI	Accessible from HMI	Comment	
 Start	Bool	%I0.1	False	True	True		
 a1	Bool	%I1.0	False	True	True		
 a0	Bool	%I1.1	False	True	True		
 CEA	Bool	%Q8.0	False	True	True		
 b1	Bool	%I1.2	False	True	True		
 b0	Bool	%I1.3	False	True	True		
 CEB	Bool	%Q8.2	False	True	True		
 c1	Bool	%I1.4	False	True	True		
 c0	Bool	%I1.5	False	True	True		
 CEC	Bool	%Q8.4	False	True	True		
 Memória CEA	Bool	%M1.0	False	True	True		
 Memória CEB	Bool	%M1.1	False	True	True		
 Memória CEC	Bool	%M1.2	False	True	True		
 Memória contador	Int	%MW10	False	True	True		
 Resetcounter	Bool	%I1.6	False	True	True		
 Stop	Bool	%I0.2	False	True	True		
 Manual	Bool	%I0.3	False	True	True		
 Auto	Bool	%I0.4	False	True	True		

Default tag table [70]

User constants

User constants			
Name	Data type	Value	Comment

Programa_comando_TFM_v5.0

Table of contents

WebData [DB4]

3 - 1

WebData [DB4]

WebData Properties

General

Name	WebData	Number	4	Type	DB	Language	DB
Numbering	automatic						

Information

Title		Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					

Name	Data type	Start value	Retain	Accessible from HMI	Visible in HMI	Setpoint	Comment
▼ Static							
Start	Bool	false	False	True	True	False	
Stop	Bool	false	False	True	True	False	
Auto	Bool	false	False	True	True	False	
Manual	Bool	false	False	True	True	False	
a1	Bool	false	False	True	True	False	
a0	Bool	false	False	True	True	False	
b1	Bool	false	False	True	True	False	
b0	Bool	false	False	True	True	False	
c1	Bool	false	False	True	True	False	
c0	Bool	false	False	True	True	False	
CEA	Bool	false	False	True	True	False	
CEB	Bool	false	False	True	True	False	
CEC	Bool	false	False	True	True	False	
Reset-Counter	Bool	false	False	True	True	False	

Anexo C: Código HTML

```

1  <!-- Tese final de Mestrado: Projecto de Sistema Electropneumático para o Ensino de
    Conceitos da Indústria 4.0 -->
2  <!-- Autor: Miguel Brito Ribeiro Martins Francisco -->
3
4  <!-- Código de monitorização do sistema comandado pelo PLC S7-1500 menu principal-->
5
6  <!DOCTYPE html> <!-- Document type declaration -->
7
8  <html>
9
10 <head>
11 <!-- HTML metadata is data about the HTML document. Metadata is not displayed.
    Metadata typically define the document title,
12 character set, styles, links, scripts, and other meta information. -->
13
14     <meta charset="UTF-8">
15     <meta name="viewport"
16         content="width=device-width,initial-scale=0.86,maximum-scale=2,
17         minimum-scale=0.86"/>
18     <meta name="Description" content="S7-1500 Monitoring System"/>
19     <meta name="keywords" content="HTML,CSS,XML,JavaScript"/>
20     <meta name="author" content="Miguel Francisco"/>
21     <meta http-equiv="Content-Language" content="pt">
22     <meta http-equiv = "refresh" content = "5">
23     <script src="jquery-3.3.1.min.js"></script>
24     <link rel="stylesheet" type="text/css"
25         href="S7-1500_Webserver_mainstyle_v2.4.css" media="screen">
26     <link rel="stylesheet"
27         href="https://use.fontawesome.com/releases/v5.3.1/css/all.css"
28         integrity="sha384-mzrmE5qonljUremFsqc01SB46JvROS7bZs3IO2EmfFsd15uHvIt+Y8vEf7N7fWAU
29         " crossorigin="anonymous">
30
31     <style>
32
33     *{
34     box-sizing: border-box;
35     }
36
37     </style>
38
39 <!-- The <title> element defines the title of the document -->
40
41     <title>TFM - Controlo Sistema Electropneumático (S7-1500)</title>
42 </head>
43
44 <body>
45
46     <!-- Header of the webpage -->
47     <div class="header01">
48         <div class="image3">
49             <a href="https://www.isel.pt/" target="_blank">
50                 
51             </a>
52         </div>
53     </div>
54
55     <!-- Navbar -->
56     <div class="topnav">
57         <a class="active" href="#home"><i class="fa fa-home"></i></a>
58         <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_PA.html">Modo Automático</a>
59         <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_PM.html">Modo Manual</a>
60         <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_supervision.html">Modo Supervisão</a>
61         <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_news.html">Notícias</a>
62         <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_contact.html">Contactos</a>
63         <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_about.html" style="float:right">Sobre</a>
64     </div>
65
66     <!-- Content of the webpage -->
67     <div class="row">
68
69         <div class="column">

```

```

65     <div class="card0">
66         <h2>Projeto Final de Mestrado: Servidor de comando</h2>
67         <h3>Controlador lógico programável S7-1516-3 PN/DP</h3>
68
69         <div class="image">
70             
71         </div>
72
73         <p>O comando do sistema projetado é efetuado por meio de um
74         controlador lógico programável de última geração
75         S7-1500, disponibilizado pela entidade Siemens, com os seguintes
76         módulos principais:</p>
77
78         <ul>
79         <li>Unidade de processamento central (CPU) - Última geração 1516-3
80         PN/DP.<a
81         href="s71500_cpu1516_3_pn_dp_manual_en-US_en-US.pdf"></a></li>
82         <li>Fonte de alimentação - PM 190W 120/230 VAC.<a
83         href="s71500_pm_190W_120_230_vac_manual_en-US_en-US.pdf"></a></li>
84         <li>Módulo de entradas digitais - DI 32x24VDC HF.<a
85         href="s71500_di_32x24vdc_hf_manual_en-US_en-US.pdf"></a></li>
86         <li>Módulo de saídas digitais - DQ 32x24VDC/0.5A HF.<a
87         href="s71500_dq_32x24vdc_0_5a_hf_manual_en-US_en-US.pdf"></a></li>
88     </ul>
89
90     <p>Para um maior detalhe dos dispositivos enunciados anteriormente e
91     outros assuntos associados a este controlador
92     sugere-se consulta do manual disponibilizado pela entidade <a
93     href="https://www.siemens.com/global/en/home.html" target="blank">
94     Siemens</a>,
95     possível de aceder através do link a seguir apresentado.<a
96     href="https://support.industry.siemens.com/cs/document/109742691/docum
97     entation-for-the-automation-system-s7-1500-and-the-et-200mp-distribute
98     d-i-o-system?dti=0&lc=en-WW" target="blank"> Visualize e descarregue
99     o manual S7-1500 aqui!</a></p>
100
101     </div>
102 </div>
103 </div>
104
105 <!-- Footer of the webpage -->
106
107 <footer class="footer-distributed">
108
109     <div class="footer-left">
110
111         <h3>Powered by Industry 4.0</h3>
112
113         <h4>Copyright &copy; S7-1500 Webserver 2018</h4>
114
115     </div>
116
117     <div class="footer-center">
118
119         <div>
120             <i class="fa fa-map-marker"></i>
121             <p><span>R. Conselheiro Emídio Navarro 1</span> Lisboa, Portugal</p>
122         </div>
123
124         <div>
125             <i class="fa fa-envelope"></i>
126             <p><a
127             href="mailto:a39198@alunos.isel.pt">a39198@alunos.isel.pt</a></p>
128         </div>
129
130         <div id="clockbox"></div>
131
132     </div>
133
134     <div class="footer-right">
135         <div class="image3">
136             <a href="https://www.isel.pt/" target="_blank">

```

```

122         
123     </a>
124 </div>
125 </div>
126
127 </footer>
128
129 <script type="text/javascript">
130
131 <!-- Relógio/Data -->
132
133 tday=new
134 Array("Sunday","Monday","Tuesday","Wednesday","Thursday","Friday","Saturday");
135 tmonth=new
136 Array("January","February","March","April","May","June","July","August","September
137 ", "October", "November", "December");
138
139 function GetClock() {
140     var d=new Date();
141     var nday=d.getDay(), nmonth=d.getMonth(), ndate=d.getDate(), nyear=d.getFullYear();
142     var nhour=d.getHours(), nmin=d.getMinutes(), nsec=d.getSeconds();
143     if(nmin<=9) nmin="0"+nmin
144     if(nsec<=9) nsec="0"+nsec;
145
146     document.getElementById('clockbox').innerHTML="" +tday[nday]+"
147     "+tmonth[nmonth]+" "+ndate+" "+nyear+" "+nhour+": "+nmin+": "+nsec+"";
148 }
149
150 window.onload=function() {
151     GetClock();
152     setInterval(GetClock,1000);
153 }
154
155 $( function() {
156     var $winHeight = $( window ).height()
157     $( '.container' ).height( $winHeight );
158 });
159
160 $(document).on('pageinit', '#index', function() {
161     $(document).on( "slidestop", "#flip-1", function( event, ui ) {
162         console.log( $("#flip-1").val() );
163         $( '#test-form' ).submit();
164     });
165 });
166
167 </script>
168
169 </body>
170 </html>

```

```

1  <!-- Tese final de Mestrado: Projecto de Sistema Electropneumático para o Ensino de
2  Conceitos da Indústria 4.0 (Passar para Inglês) -->
3
4  <!-- Código de monitorização do sistema comandado pelo PLC S7-1500 - menu programa
5  automático-->
6
7  <!DOCTYPE html> <!-- Document type declaration -->
8
9  <html>
10 <!-- AWP_In_Variable Name='"WebData".Start' -->
11 <!-- AWP_In_Variable Name='"WebData".Stop' -->
12 <!-- AWP_In_Variable Name='"WebData".Manual' -->
13 <!-- AWP_In_Variable Name='"WebData".Auto' -->
14 <!-- AWP_In_Variable Name='"WebData".a0' -->
15 <!-- AWP_In_Variable Name='"WebData".a1' -->
16 <!-- AWP_In_Variable Name='"WebData".b0' -->
17 <!-- AWP_In_Variable Name='"WebData".b1' -->
18 <!-- AWP_In_Variable Name='"WebData".c0' -->
19 <!-- AWP_In_Variable Name='"WebData".c1' -->
20 <!-- AWP_In_Variable Name='"WebData".Reset-Counter' -->
21 <!-- AWP_Out_Variable Name="CEA" Use='"WebData".CEA' -->
22 <!-- AWP_Out_Variable Name="CEB" Use='"WebData".CEB' -->
23 <!-- AWP_Out_Variable Name="CEC" Use='"WebData".CEC' -->
24 <!-- AWP_Out_Variable Name="a0" Use='"WebData".a0' -->
25 <!-- AWP_Out_Variable Name="a1" Use='"WebData".a1' -->
26 <!-- AWP_Out_Variable Name="b0" Use='"WebData".b0' -->
27 <!-- AWP_Out_Variable Name="b1" Use='"WebData".b1' -->
28 <!-- AWP_Out_Variable Name="c0" Use='"WebData".c0' -->
29 <!-- AWP_Out_Variable Name="c1" Use='"WebData".c1' -->
30 <!-- AWP_Out_Variable Name='"WebData".Reset-Counter' -->
31
32 <head>
33 <!-- HTML metadata is data about the HTML document. Metadata is not displayed.
34 Metadata typically define the
35 document title, character set, styles, links, scripts, and other meta information.
36 -->
37
38 <meta charset="UTF-8">
39 <meta name="viewport"
40 content="width=device-width,initial-scale=0.86,maximum-scale=2,
41 minimum-scale=0.86"/>
42 <meta name="Description" content="S7-1500 Monitoring System"/>
43 <meta name="keywords" content="HTML,CSS,XML,JavaScript"/>
44 <meta name="author" content="Miguel Francisco"/>
45 <meta http-equiv="Content-Language" content="pt">
46 <meta http-equiv = "refresh" content = "5">
47 <script src="jquery-3.3.1.min.js"></script>
48 <link rel="stylesheet" type="text/css"
49 href="S7-1500_Webserver_mainstyle_v2.4.css" media="screen">
50 <link rel="stylesheet"
51 href="https://use.fontawesome.com/releases/v5.3.1/css/all.css"
52 integrity="sha384-mzrmE5qonljUremFsqc01SB46JvROS7bZs3IO2EmfFsd15uHvIt+Y8vEf7N7fWAU
53 " crossorigin="anonymous">
54
55 <style>
56
57 *{
58 box-sizing: border-box;
59 }
60
61 </style>
62
63 <!-- The <title> element defines the title of the document -->
64
65 <title>TFM - Controlo Sistema Electropneumático (S7-1500)</title>
66 </head>
67
68 <body>
69
70 <!-- Header of the webpage -->

```

```

63
64
65 <!-- Navbar -->
66 <div class="topnav">
67   <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_home.html"><i class="fa fa-home"></i></a>
68   <a class="active" href="#PA">Modo Automático</a>
69   <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_PM.html">Modo Manual</a>
70   <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_supervision.html">Modo Supervisão</a>
71   <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_news.html">Notícias</a>
72   <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_contact.html">Contactos</a>
73   <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_about.html" style="float:right">Sobre</a>
74 </div>
75
76 <!-- Content of the webpage -->
77
78 <div class="row">
79
80   <div class="column">
81     <div class="card0center">
82       <h2>Secção de comando e monitorização do sistema - modo
83         automático</h2>
84     </div>
85   </div>
86 </div>
87
88 <div class="row">
89
90   <div class="leftcolumnPAPM">
91     <div class="card0left">
92
93
94     <p> Ponto de supervisão das variáveis de entrada e saída do sistema
95     em modo automático, assim como o estados das mesmas em tempo real.</p>
96     <p> Para uma informação e controlo mais detalhado pode ser
97     igualmente consultado o portal
98     de comando disponibilizado pela entidade Siemens, através do link a
99     seguir apresentado:</p>
100
101     <h3>Painel de Comando - Controlo automático</h3>
102
103     <td width="144px" height="21px">
104       <form method="post" action="">
105         <input type="submit" value="Automático">
106         <input type="hidden" name=' "WebData".Auto' value="1">
107         <input type="hidden" name=' "WebData".Manual' value="0">
108       </form>
109     </td>
110
111     <p><b>Ação start/stop para arranque e paragem do controlo
112     automático</b></p>
113
114     <td width="144px" height="21px">
115       <form method="post" action="">
116         <input type="submit" value="Start">
117         <input type="hidden" name=' "WebData".Start' value="1">
118         <input type="hidden" name=' "WebData".Stop' value="0">
119       </form>
120     </td>
121
122     <td width="144px" height="21px">
123       <form method="post" action="">
124         <input type="submit" value="Stop">
125         <input type="hidden" name=' "WebData".Stop' value="1">
126         <input type="hidden" name=' "WebData".Start' value="0">
127       </form>
128     </td>
129
130     <p><b>Redefinir valor do contador de embalagens, para "0".</b></p>
131
132     <td width="144px" height="21px">
133       <form method="post" action="">
134         <input type="submit" value="Reset-Counter-on">

```

```

130         <input type="hidden" name=' "WebData".Reset-Counter' value="1">
131     </form>
132 </td>
133 <td width="144px" height="21px">
134     <form method="post" action="">
135         <input type="submit" value="Reset-Counter-off">
136         <input type="hidden" name=' "WebData".Reset-Counter' value="0">
137     </form>
138 </td>
139 <p>On: Contador redefinido para "0" e bloqueado no mesmo;</p>
140 <p>Off: Contador desbloqueado e preparado para contagem a partir do
último valor definido.</p>
141 </div>
142 </div>
143
144 <div class="rightcolumnPAPM">
145     <div class="card0right">
146         <h3>Painel de Monitorização</h3>
147
148         <p> Através das informações a seguir apresentadas será possível
verificar o estado da variáveis de controlo
monitorizadas.</p>
149
150
151         <table>
152             <tr>
153                 <th>Variáveis de Monitorização</th>
154                 <th>Estado</th>
155             </tr>
156             <tr>
157                 <td>Start</td>
158                 <td>:= "WebData".Start:</td>
159             </tr>
160             <tr>
161                 <td>Stop</td>
162                 <td>:= "WebData".Stop:</td>
163             </tr>
164             <tr>
165                 <td>Cilindro electropneumático A</td>
166                 <td>:= "CEA":</td>
167             </tr>
168             <tr>
169                 <td>Cilindro electropneumático B</td>
170                 <td>:= "CEB":</td>
171             </tr>
172             <tr>
173                 <td>Cilindro electropneumático C</td>
174                 <td>:= "CEC":</td>
175             </tr>
176             <tr>
177                 <td>Posição de recuo - Atuador A</td>
178                 <td>:= "a0":</td>
179             </tr>
180             <tr>
181                 <td>Posição de avanço - Atuador A</td>
182                 <td>:= "a1":</td>
183             </tr>
184             <tr>
185                 <td>Posição de recuo - Atuador B</td>
186                 <td>:= "b0":</td>
187             </tr>
188             <tr>
189                 <td>Posição de avanço - Atuador B</td>
190                 <td>:= "b1":</td>
191             </tr>
192             <tr>
193                 <td>Posição de recuo - Atuador C</td>
194                 <td>:= "c0":</td>
195             </tr>
196             <tr>
197                 <td>Posição de avanço - Atuador C</td>
198                 <td>:= "c1":</td>
199             </tr>

```

```

200         <tr>
201             <td>Redefinição do contador</td>
202             <td>:= "WebData".Reset-Counter:</td>
203         </tr>
204     </table>
205
206 </div>
207
208 </div>
209
210 </div>
211
212 <!-- Footer of the webpage -->
213
214 <footer class="footer-distributed">
215
216     <div class="footer-left">
217
218         <h3>Powered by Industry 4.0</h3>
219
220         <h4>Copyright &copy; S7-1500 Webserver 2018</h4>
221
222     </div>
223
224     <div class="footer-center">
225
226         <div>
227             <i class="fa fa-map-marker"></i>
228             <p><span>R. Conselheiro Emídio Navarro 1</span> Lisboa, Portugal</p>
229         </div>
230
231         <div>
232             <i class="fa fa-envelope"></i>
233             <p><a
234                 href="mailto:a39198@alunos.isel.pt">a39198@alunos.isel.pt</a></p>
235         </div>
236
237         <div id="clockbox"></div>
238
239     </div>
240
241     <div class="footer-right">
242         <div class="image2">
243             <a href="https://www.isel.pt/" target="_blank">
244                 
245             </a>
246         </div>
247     </div>
248 </footer>
249
250 <script type="text/javascript">
251
252 <!-- Relógio/Data -->
253
254 tday=new
255 Array("Sunday","Monday","Tuesday","Wednesday","Thursday","Friday","Saturday");
256 tmonth=new
257 Array("January","February","March","April","May","June","July","August","September
258 ","October","November","December");
259
260 function GetClock(){
261     var d=new Date();
262     var nday=d.getDay(),nmonth=d.getMonth(),ndate=d.getDate(),nyear=d.getFullYear();
263     var nhour=d.getHours(),nmin=d.getMinutes(),nsec=d.getSeconds();
264     if(nmin<=9) nmin="0"+nmin
265     if(nsec<=9) nsec="0"+nsec;
266
267     document.getElementById('clockbox').innerHTML="" +tday[nday]+"
268     "+tmonth[nmonth]+" "+ndate+" " +nyear+" "+nhour+": "+nmin+": "+nsec+"";
269 }

```

```
267 window.onload=function() {
268   GetClock();
269   setInterval(GetClock,1000);
270 }
271
272 $( function() {
273     var $winHeight = $( window ).height()
274     $( '.container' ).height( $winHeight );
275 });
276
277 $(document).on('pageinit', '#index', function(){
278     $(document).on( "slidestop", "#flip-1" ,function( event, ui ) {
279         console.log($("#flip-1").val());
280         $('#test-form').submit();
281     });
282 });
283
284 </script>
285
286 </body>
287 </html>
```

```

1  <!-- Tese final de Mestrado: Projecto de Sistema Electropneumático para o Ensino de
2  Conceitos da Indústria 4.0 (Passar para Inglês) -->
3
4  <!-- Código de monitorização do sistema comandado pelo PLC S7-1500 menu programa
5  manual-->
6
7  <!DOCTYPE html> <!-- Document type declaration -->
8
9  <html>
10 <!-- AWP_In_Variable Name='"WebData".Start' -->
11 <!-- AWP_In_Variable Name='"WebData".Stop' -->
12 <!-- AWP_In_Variable Name='"WebData".Manual' -->
13 <!-- AWP_In_Variable Name='"WebData".Auto' -->
14 <!-- AWP_In_Variable Name='"WebData".a0' -->
15 <!-- AWP_In_Variable Name='"WebData".a1' -->
16 <!-- AWP_In_Variable Name='"WebData".b0' -->
17 <!-- AWP_In_Variable Name='"WebData".b1' -->
18 <!-- AWP_In_Variable Name='"WebData".c0' -->
19 <!-- AWP_In_Variable Name='"WebData".c1' -->
20 <!-- AWP_Out_Variable Name="CEA" Use='"WebData".CEA' -->
21 <!-- AWP_Out_Variable Name="CEB" Use='"WebData".CEB' -->
22 <!-- AWP_Out_Variable Name="CEC" Use='"WebData".CEC' -->
23 <!-- AWP_Out_Variable Name="a0" Use='"WebData".a0' -->
24 <!-- AWP_Out_Variable Name="a1" Use='"WebData".a1' -->
25 <!-- AWP_Out_Variable Name="b0" Use='"WebData".b0' -->
26 <!-- AWP_Out_Variable Name="b1" Use='"WebData".b1' -->
27 <!-- AWP_Out_Variable Name="c0" Use='"WebData".c0' -->
28 <!-- AWP_Out_Variable Name="c1" Use='"WebData".c1' -->
29
30 <head>
31 <!-- HTML metadata is data about the HTML document. Metadata is not displayed.
32 Metadata typically define the document title, character set, styles, links, scripts,
33 and other meta information. -->
34
35 <meta charset="UTF-8">
36 <meta name="viewport"
37 content="width=device-width,initial-scale=0.86,maximum-scale=2,
38 minimum-scale=0.86"/>
39 <meta name="Description" content="S7-1500 Monitoring System"/>
40 <meta name="keywords" content="HTML,CSS,XML,JavaScript"/>
41 <meta name="author" content="Miguel Francisco"/>
42 <meta http-equiv="Content-Language" content="pt">
43 <meta http-equiv = "refresh" content = "5">
44 <script src="jquery-3.3.1.min.js"></script>
45 <link rel="stylesheet" type="text/css"
46 href="S7-1500_Webserver_mainstyle_v2.4.css" media="screen">
47 <link rel="stylesheet"
48 href="https://use.fontawesome.com/releases/v5.3.1/css/all.css"
49 integrity="sha384-mzrmE5qonljUremFsqc01SB46JvROS7bZs3IO2EmfFsd15uHvIt+Y8vEf7N7fWAU
50 " crossorigin="anonymous">
51
52 <style>
53
54 *{
55 box-sizing: border-box;
56 }
57
58 </style>
59
60 <!-- The <title> element defines the title of the document -->
61
62 <title>TFM - Controlo Sistema Electropneumático (S7-1500)</title>
63 </head>
64
65 <body>
66
67 <!-- Header of the webpage -->
68
69 <!-- Navbar -->

```

```

63 <div class="topnav">
64 <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_home.html"><i class="fa fa-home"></i></a>
65 <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_PA.html">Modo Automático</a>
66 <a class="active" href="#PM">Modo Manual</a>
67 <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_supervision.html">Modo Supervisão</a>
68 <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_news.html">Notícias</a>
69 <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_contact.html">Contactos</a>
70 <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_about.html" style="float:right">Sobre</a>
71 </div>
72
73 <!-- Content of the webpage -->
74 <div class="row">
75
76 <div class="column">
77 <div class="card0center">
78 <h2>Secção de comando e monitorização do sistema - modo manual</h2>
79 </div>
80 </div>
81
82 </div>
83
84 <div class="row">
85
86 <div class="leftcolumnPAPM">
87 <div class="card0left">
88
89 <p> Ponto de supervisão das variáveis de entrada e saída do sistema
em modo manual, assim como o estados das mesmas em tempo real.</p>
90
91 <h3>Painel de Comando - Controlo manual</h3>
92
93 <td width="144px" height="21px">
94 <form method="post" action="">
95 <input type="submit" value="Manual">
96 <input type="hidden" name=' "WebData".Manual' value="1">
97 <input type="hidden" name=' "WebData".Auto' value="0">
98 </form>
99 </td>
100
101 <p>Cilindro Electropneumático A: </p>
102
103 <td width="144px" height="21px">
104 <form method="post" action="">
105 <input type="submit" value="Avanço atuador A">
106 <input type="hidden" name=' "WebData".a0' value="1">
107 <input type="hidden" name=' "WebData".a1' value="0">
108 </form>
109 </td>
110
111 <td width="144px" height="21px">
112 <form method="post" action="">
113 <input type="submit" value="Recuo atuador A">
114 <input type="hidden" name=' "WebData".a1' value="1">
115 <input type="hidden" name=' "WebData".a0' value="0">
116 </form>
117 </td>
118
119 <p>Cilindro Electropneumático B: </p>
120
121 <td width="144px" height="21px">
122 <form method="post" action="">
123 <input type="submit" value="Avanço atuador B">
124 <input type="hidden" name=' "WebData".b0' value="1">
125 <input type="hidden" name=' "WebData".b1' value="0">
126 </form>
127 </td>
128
129 <td width="144px" height="21px">
130 <form method="post" action="">
131 <input type="submit" value="Recuo atuador B">
132 <input type="hidden" name=' "WebData".b1' value="1">
133 <input type="hidden" name=' "WebData".b0' value="0">

```

```

134         </form>
135     </td>
136
137     <p>Cilindro Electropneumático C: </p>
138
139     <td width="144px" height="21px">
140         <form method="post" action="">
141             <input type="submit" value="Avanço atuador C">
142             <input type="hidden" name="'WebData".c0' value="1">
143             <input type="hidden" name="'WebData".c1' value="0">
144         </form>
145     </td>
146
147     <td width="144px" height="21px">
148         <form method="post" action="">
149             <input type="submit" value="Recuo atuador C">
150             <input type="hidden" name="'WebData".c1' value="1">
151             <input type="hidden" name="'WebData".c0' value="0">
152         </form>
153     </td>
154 </div>
155 </div>
156
157 <div class="rightcolumnPAPM">
158     <div class="card0right">
159         <h3>Painel de Monitorização</h3>
160
161         <p> Através das informações a seguir apresentadas será possível
162         verificar o estado da variáveis de controlo
163         monitorizadas.</p>
164
165         <table>
166             <tr>
167                 <th>Variáveis de Monitorização</th>
168                 <th>Estado</th>
169             </tr>
170             <tr>
171                 <td>Cilindro electropneumático A</td>
172                 <td>:="CEA":</td>
173             </tr>
174             <tr>
175                 <td>Cilindro electropneumático B</td>
176                 <td>:="CEB":</td>
177             </tr>
178             <tr>
179                 <td>Cilindro electropneumático C</td>
180                 <td>:="CEC":</td>
181             </tr>
182         </table>
183
184     </div>
185 </div>
186
187 </div>
188
189 <!-- Footer of the webpage -->
190
191 <footer class="footer-distributed">
192
193     <div class="footer-left">
194
195         <h3>Powered by Industry 4.0</h3>
196
197         <h4>Copyright &copy; S7-1500 Webserver 2018</h4>
198
199     </div>
200
201     <div class="footer-center">
202
203         <div>
204             <i class="fa fa-map-marker"></i>

```

```

205         <p><span>R. Conselheiro Emídio Navarro 1</span> Lisboa, Portugal</p>
206     </div>
207
208     <div>
209         <i class="fa fa-envelope"></i>
210         <p><a
211             href="mailto:a39198@alunos.isel.pt">a39198@alunos.isel.pt</a></p>
212     </div>
213
214     <div id="clockbox"></div>
215
216 </div>
217
218     <div class="footer-right">
219         <div class="image2">
220             <a href="https://www.isel.pt/" target="_blank">
221                 
222             </a>
223         </div>
224     </div>
225 </footer>
226
227 <script type="text/javascript">
228
229 <!-- Relógio/Data -->
230
231 tday=new
232 Array("Sunday","Monday","Tuesday","Wednesday","Thursday","Friday","Saturday");
233 tmonth=new
234 Array("January","February","March","April","May","June","July","August","September",
235 "","October","November","December");
236
237 function GetClock() {
238     var d=new Date();
239     var nday=d.getDay(),nmonth=d.getMonth(),ndate=d.getDate(),nyear=d.getFullYear();
240     var nhour=d.getHours(),nmin=d.getMinutes(),nsec=d.getSeconds();
241     if(nmin<=9) nmin="0"+nmin
242     if(nsec<=9) nsec="0"+nsec;
243
244     document.getElementById('clockbox').innerHTML="" +tday[nday]+"",
245     "+tmonth[nmonth]+" "+ndate+"", "+nyear+" "+nhour+": "+nmin+": "+nsec+"";
246 }
247
248 window.onload=function() {
249     GetClock();
250     setInterval(GetClock,1000);
251 }
252
253 $( function() {
254     var $winHeight = $( window ).height()
255     $( '.container' ).height( $winHeight );
256 });
257
258 $(document).on('pageinit', '#index', function(){
259     $(document).on( "slidestop", "#flip-1",function( event, ui ) {
260         console.log( $("#flip-1").val() );
261         $( '#test-form' ).submit();
262     });
263 });
264
265 </script>
266
267 </body>
268 </html>

```

```

1  <!-- Tese final de Mestrado: Projecto de Sistema Electropneumático para o Ensino de
    Conceitos da Indústria 4.0 -->
2  <!-- Autor: Miguel Brito Ribeiro Martins Francisco -->
3
4  <!-- Código de monitorização do sistema comandado pelo PLC S7-1500 menu principal-->
5
6  <!DOCTYPE html> <!-- Document type declaration -->
7
8  <html>
9
10 <head>
11 <!-- HTML metadata is data about the HTML document. Metadata is not displayed.
    Metadata typically define the document title, character set, styles, links, scripts,
    and other meta information. -->
12
13     <meta charset="UTF-8">
14     <meta name="viewport"
15         content="width=device-width,initial-scale=0.86,maximum-scale=2,
16         minimum-scale=0.86"/>
17     <meta name="Description" content="S7-1500 Monitoring System"/>
18     <meta name="keywords" content="HTML,CSS,XML,JavaScript"/>
19     <meta name="author" content="Miguel Francisco"/>
20     <meta http-equiv="Content-Language" content="pt">
21     <meta http-equiv = "refresh" content = "5">
22     <script src="jquery-3.3.1.min.js"></script>
23     <link rel="stylesheet" type="text/css"
24         href="S7-1500_Webserver_mainstyle_v2.4.css" media="screen">
25     <link rel="stylesheet"
26         href="https://use.fontawesome.com/releases/v5.3.1/css/all.css"
27         integrity="sha384-mzrmE5qonljUremFsqc01SB46JvROS7bZs3IO2EmfFsd15uHvIt+Y8vEf7N7fWAU"
28         crossorigin="anonymous">
29
30     <style>
31
32     *{
33     box-sizing: border-box;
34     }
35
36     </style>
37
38 <!-- The <title> element defines the title of the document -->
39
40     <title>TFM - Controlo Sistema Electropneumático (S7-1500)</title>
41 </head>
42
43 <body>
44
45     <!-- Header of the webpage -->
46
47     <!-- Navbar -->
48     <div class="topnav">
49         <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_home.html"><i class="fa fa-home"></i></a>
50         <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_PA.html">Modo Automático</a>
51         <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_PM.html">Modo Manual</a>
52         <a class="active" href="#PM">Modo Supervisão</a>
53         <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_news.html">Notícias</a>
54         <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_contact.html">Contactos</a>
55         <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_about.html" style="float:right">Sobre</a>
56     </div>
57
58     <!-- Content of the webpage -->
59     <div class="row">
60
61         <div class="column">
62             <div class="card0">
63                 <h2>Supervisão do modelo laboratorial</h2>
64
65                 <div class="image">
66                     
67                 </div>
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99

```

```

64     <p>Legenda de comando:</p>
65     <p>CEA - Estado do cilindro electropneumático A</p>
66     <p>CEB - Estado do cilindro electropneumático B</p>
67     <p>CEC - Estado do cilindro electropneumático C</p>
68     <p>a1; a0 - Sensor fim de curso de avanço e recuo respectivamente do
cilindro electropneumático A</p>
69     <p>b1; b0 - Sensor fim de curso de avanço e recuo respectivamente do
cilindro electropneumático B</p>
70     <p>c1; c0 - Sensor fim de curso de avanço e recuo respectivamente do
cilindro electropneumático C</p>
71
72     <p><b>Nota: No presente momento, este modo de supervisão do sistema
desenvolvido não se encontra ativo para utilização normal. O
73     presente menu pretende apenas mostrar as
possibilidades de um sistema de supervisão por meio de uma página
web. Desde já, agradecemos a vossa atenção e compreensão!</b></p>
74     </div>
75     </div>
76
77 </div>
78
79 <!-- Footer of the webpage -->
80
81 <footer class="footer-distributed">
82
83     <div class="footer-left">
84
85         <h3>Powered by Industry 4.0</h3>
86
87         <h4>Copyright &copy; S7-1500 Webserver 2018</h4>
88
89     </div>
90
91     <div class="footer-center">
92
93         <div>
94             <i class="fa fa-map-marker"></i>
95             <p><span>R. Conselheiro Emídio Navarro 1</span> Lisboa, Portugal</p>
96         </div>
97
98         <div>
99             <i class="fa fa-envelope"></i>
100            <p><a
href="mailto:a39198@alunos.isel.pt">a39198@alunos.isel.pt</a></p>
101        </div>
102
103        <div id="clockbox"></div>
104
105    </div>
106
107    <div class="footer-right">
108        <div class="image2">
109            <a href="https://www.isel.pt/" target="_blank">
110                
111            </a>
112        </div>
113    </div>
114
115 </footer>
116
117 <script type="text/javascript">
118
119 <!-- Relógio/Data -->
120
121 tday=new
Array("Sunday","Monday","Tuesday","Wednesday","Thursday","Friday","Saturday");
122 tmonth=new
Array("January","February","March","April","May","June","July","August","September
","October","November","December");
123
124 function GetClock(){
125     var d=new Date();

```

```
126     var nday=d.getDay(),nmonth=d.getMonth(),ndate=d.getDate(),nyear=d.getFullYear();
127     var nhour=d.getHours(),nmin=d.getMinutes(),nsec=d.getSeconds();
128     if(nmin<=9) nmin="0"+nmin
129     if(nsec<=9) nsec="0"+nsec;
130
131     document.getElementById('clockbox').innerHTML="" +tday[nday]+"",
132     "+tmonth[nmonth]+" "+ndate+", "+nyear+" "+nhour+": "+nmin+": "+nsec+"";
133     }
134     window.onload=function(){
135     GetClock();
136     setInterval(GetClock,1000);
137     }
138
139     $(function(){
140         var $winHeight = $( window ).height()
141         $( '.container' ).height( $winHeight );
142     });
143
144     $(document).on('pageinit', '#index', function(){
145         $(document).on( "slidestop", "#flip-1" ,function( event, ui ) {
146             console.log($("#flip-1").val());
147             $('#test-form').submit();
148         });
149     });
150
151     </script>
152
153 </body>
154 </html>
```

```

1  <!-- Tese final de Mestrado: Projecto de Sistema Electropneumático para o Ensino de
    Conceitos da Indústria 4.0 -->
2  <!-- Autor: Miguel Brito Ribeiro Martins Francisco -->
3
4  <!-- Código de monitorização do sistema comandado pelo PLC S7-1500 - menu notícias -->
5
6  <!DOCTYPE html> <!-- Document type declaration -->
7  <html>
8  <head>
9  <!-- HTML metadata is data about the HTML document. Metadata is not displayed.
    Metadata typically define the document title,
10  character set, styles, links, scripts, and other meta information. -->
11
12     <meta charset="UTF-8">
13     <meta name="viewport"
14     content="width=device-width,initial-scale=0.86,maximum-scale=2,
15     minimum-scale=0.86"/>
16     <meta name="Description" content="S7-1500 Monitoring System"/>
17     <meta name="keywords" content="HTML,CSS,XML,JavaScript"/>
18     <meta name="author" content="Miguel Francisco"/>
19     <meta http-equiv="Content-Language" content="pt">
20     <meta http-equiv = "refresh" content = "5">
21     <script src="jquery-3.3.1.min.js"></script>
22     <link rel="stylesheet" type="text/css"
23     href="S7-1500_Webserver_mainstyle_v2.4.css" media="screen">
24     <link rel="stylesheet"
25     href="https://use.fontawesome.com/releases/v5.3.1/css/all.css"
26     integrity="sha384-mzrmE5qonljUremFsqc01SB46JvROS7bZs3IO2EmfFsd15uHvIt+Y8vEf7N7fWAU"
27     " crossorigin="anonymous">
28
29     <style>
30
31     * {
32     box-sizing: border-box;
33     }
34
35     </style>
36
37 <!-- The <title> element defines the title of the document -->
38
39     <title>TFM - Controlo Sistema Electropneumático (S7-1500)</title>
40
41 </head>
42
43 <body>
44
45     <!-- Header of the webpage -->
46     <div class="header01">
47         <div class="image3">
48             <a href="https://www.isel.pt/" target="_blank">
49                 
50             </a>
51         </div>
52     </div>
53
54     <!-- Navbar -->
55     <div class="topnav">
56         <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_home.html"><i class="fa fa-home"></i></a>
57         <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_PA.html">Modo Automático</a>
58         <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_PM.html">Modo Manual</a>
59         <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_supervision.html">Modo Supervisão</a>
60         <a class="active" href="#news">Notícias</a>
61         <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_contact.html">Contactos</a>
62         <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_about.html" style="float:right">Sobre</a>
63     </div>
64
65     <!-- Content of the webpage -->
66     <div class="row">
67
68         <div class="column">
69             <div class="card0">
70                 <h2>Últimas atualizações e notícias</h2>

```

65 <h3>04/12/2018 - Atualizaçã versão 1.2.3!</h3>
66 <p>Alteração a funcionalidades da estrutura da página e respectivos
67 menus e modificação do tipo de letra para Calibri.</p>
68 <div class="hr-dots"> </div>
69 <h3>21/11/2018 - Funcionalidades modo automático!</h3>
70 <p>Adição de novas funcionalidades no painel de comando automático<a
71 href="">.</p>
72 <div class="hr-dots"> </div>
73 <h3>16/11/2018 - Atualização do modo de supervisão!</h3>
74 <p>Modificação da imagem e informações fornecidas no menu do modo de
75 supervisão.</p>
76 <div class="hr-dots"> </div>
77 <h3>16/11/2018 - Atualização versão 1.2.1!</h3>
78 <p>Menu de supervisão do modelo laboratorial, para melhor interação,
79 adicionado (em fase de testes).
80 Modificações na estrutura interna de todos os menus da página, para
81 uma melhor experiência do utilizador.</p>
82 <div class="hr-dots"> </div>
83 <h3>15/11/2018 - Atualização versão 1.1.0!</h3>
84 <p>Alteração do fundo e conceito do cabeçalho da página. Eliminação
85 do cabeçalho dos menus de supervisão manual e automático<a
86 href="">.</p>
87 <div class="hr-dots"> </div>
88 <h3>20/09/2018 - Atualização versão 1.0.0!</h3>
89 <p>Lançamento da primeira versão, para o utilizador<a
90 href="">.</p>
91 <div class="hr-dots"> </div>
92 <h3>20/09/2018 - Atualização versão 0.9.1!</h3>
93 <p>Definição de alguns links de consulta, para maior detalhe
94 informativo. Remoção do sistema de ocultação dos dados
95 de supervisão do modo automático e do modo manual assim como a
96 definição de um tabela de monitorização, para o modo
97 manual.</p>
98 <div class="hr-dots"> </div>
99 <h3>14/09/2018 - Atualização versão 0.8.0!</h3>
100 <p>Definição de uma largura fixa para a página web em geral e todos
101 os sub-menus constituintes, por forma a
102 reduzir o efeito de distorção das imagens que a compõem na expansão
103 da página do motor de busca. Colocação de
104 uma imagem no fundo da página HTML.</p>
105 <div class="hr-dots"> </div>
106 <h3>14/09/2018 - Atualização versão 0.7.0!</h3>
107 <p>Alteração da página principal e introdução de dois novos
108 sub-menus, "Painel Automático" e "Painel Manual", para melhor
109 visualização e utilização dos mesmos..</p>
110 <div class="hr-dots"> </div>
111 <h3>13/09/2018 - Atualização versão 0.6.3!</h3>
112 <p>Introdução do método de controlo e monitorização automático e
113 manual e respectivas variáveis de controlo.
114 Criação de um código protótipo que permite visualizar ou ocultar as
115 variáveis do modelo manual e/ou automático.</p>
116 <div class="hr-dots"> </div>
<h3>06/09/2018 - Atualização versão 0.6.2!</h3>
<p>Alteração da apresentação das variáveis de monitorização em
formato de tabela e instalação do recarregamento
contínuo da página.</p>
<div class="hr-dots"> </div>
<h3>02/09/2018 - Atualização versão 0.6.1!</h3>
<p>Alteração da disposição das e margens nos diferentes menus
disponibilizados.</p>
<div class="hr-dots"> </div>
<h3>02/09/2018 - Atualização versão 0.6.0!</h3>
<p>Alteração da estrutura do rodapé da página web com a introdução
da morada de
desenvolvimento do sistema e página incluindo o contacto de e-mail
disponível
para colocação de questões.</p>
<div class="hr-dots"> </div>
<h3>01/09/2018 - Acrescento do layout do formulário de contacto!</h3>
<p>Carregamento da estrutura e apresentação do formulário de
contacto do utilizador com
os desenvolvedores da página, no entanto, sem a mesma funcional<a

```

117         href=""></a>.</p>
118         <div class="hr-dots"> </div>
119 <h3>31/08/2018 - Atualização de texto informativo!</h3>
120 <p>Alteração e acrescento de texto informativo relativo à página e
121 conteúdo do menu
122 principal e notícias<a href=""></a>.</p>
123         <div class="hr-dots"> </div>
124 <h3>30/08/2018 - Atualização versão 0.5.3!</h3>
125 <p>Foram realizadas alterações à estrutura visual e funcional do
126 website,
127 nomeadamente ao nível da disposição das colunas, texto e imagem. Foi
128 ainda
129 alterada a linguagem principal da página para português<a
130 href=""></a>.</p>
131 <p class="more"><a href="">more</a></p>
132 </div>
133 </div>
134 </div>
135 <!-- Footer of the webpage -->
136 <footer class="footer-distributed">
137     <div class="footer-left">
138         <h3>Powered by Industry 4.0</h3>
139         <h4>Copyright &copy; S7-1500 Webserver 2018</h4>
140     </div>
141     <div class="footer-center">
142         <div>
143             <i class="fa fa-map-marker"></i>
144             <p><span>R. Conselheiro Emídio Navarro 1</span> Lisboa, Portugal</p>
145         </div>
146         <div>
147             <i class="fa fa-envelope"></i>
148             <p><a
149                 href="mailto:a39198@alunos.isel.pt">a39198@alunos.isel.pt</a></p>
150         </div>
151     </div>
152     <div id="clockbox"></div>
153 </div>
154 <div class="footer-right">
155     <div class="image2">
156         <a href="https://www.isel.pt/" target="_blank">
157             
158         </a>
159     </div>
160 </div>
161 </footer>
162 <script type="text/javascript">
163 <!-- Relógio/Data -->
164 tday=new
165 Array("Sunday","Monday","Tuesday","Wednesday","Thursday","Friday","Saturday");
166 tmonth=new
167 Array("January","February","March","April","May","June","July","August","September",
168 "","October","November","December");
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999

```

```
180     var d=new Date();
181     var nday=d.getDay(),nmonth=d.getMonth(),ndate=d.getDate(),nyear=d.getFullYear();
182     var nhour=d.getHours(),nmin=d.getMinutes(),nsec=d.getSeconds();
183     if(nmin<=9) nmin="0"+nmin
184     if(nsec<=9) nsec="0"+nsec;
185
186     document.getElementById('clockbox').innerHTML="" +tday[nday]+" ,
187     "+tmonth[nmonth]+" "+ndate+" , "+nyear+" "+nhour+" :"+nmin+" :"+nsec+"";
188     }
189     window.onload=function(){
190     GetClock();
191     setInterval(GetClock,1000);
192     }
193
194     $( function() {
195         var $winHeight = $( window ).height()
196         $( '.container' ).height( $winHeight );
197     });
198
199     $(document).on('pageinit', '#index', function(){
200         $(document).on( "slidestop", "#flip-1" ,function( event, ui ) {
201             console.log($("#flip-1").val());
202             $('#test-form').submit();
203         });
204     });
205
206     </script>
207
208 </body>
209 </html>
```

```

1  <!-- Tese final de Mestrado: Projecto de Sistema Electropneumático para o Ensino de
   Conceitos da Indústria 4.0 -->
2  <!-- Autor: Miguel Brito Ribeiro Martins Francisco -->
3
4  <!-- Código de monitorização do sistema comandado pelo PLC S7-1500 - menu contactos
   -->
5
6  <!DOCTYPE html> <!-- Document type declaration -->
7  <html>
8  <head>
9  <!-- HTML metadata is data about the HTML document. Metadata is not displayed.
   Metadata typically define the document title, character set, styles, links, scripts,
   and other meta information. -->
10
11     <meta charset="UTF-8">
12     <meta name="viewport"
13         content="width=device-width,initial-scale=0.86,maximum-scale=2,
14         minimum-scale=0.86"/>
15     <meta name="Description" content="S7-1500 Monitoring System"/>
16     <meta name="keywords" content="HTML,CSS,XML,JavaScript"/>
17     <meta name="author" content="Miguel Francisco"/>
18     <meta http-equiv="Content-Language" content="pt">
19     <meta http-equiv = "refresh" content = "5">
20     <script src="jquery-3.3.1.min.js"></script>
21     <link rel="stylesheet" type="text/css"
22         href="S7-1500_Webserver_mainstyle_v2.4.css" media="screen">
23     <link rel="stylesheet"
24         href="https://use.fontawesome.com/releases/v5.3.1/css/all.css"
25         integrity="sha384-mzrmE5qonljUremFsqc01SB46JvROS7bZs3IO2EmfFsd15uHvIt+Y8vEf7N7fWAU"
26         crossorigin="anonymous">
27
28     <style>
29
30     * {
31     box-sizing: border-box;
32     }
33
34     </style>
35
36 <!-- The <title> element defines the title of the document -->
37
38     <title>TFM - Controlo Sistema Electropneumático (S7-1500)</title>
39 </head>
40
41 <body>
42
43     <!-- Header of the webpage -->
44     <div class="header01">
45         <div class="image3">
46             <a href="https://www.isel.pt/" target="_blank">
47                 
48             </a>
49         </div>
50     </div>
51
52     <!-- Navbar -->
53     <div class="topnav">
54         <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_home.html"><i class="fa fa-home"></i></a>
55         <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_PA.html">Modo Automático</a>
56         <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_PM.html">Modo Manual</a>
57         <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_supervision.html">Modo Supervisão</a>
58         <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_news.html">Notícias</a>
59         <a class="active" href="#contact">Contactos</a>
60         <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_about.html" style="float:right">Sobre</a>
61     </div>
62
63     <!-- Content of the webpage -->
64     <div class="row">
65
66         <div class="column">
67             <div class="card0">

```

```

63      <h2>Formulário de contacto</h2>
64      <p>Os campos enunciados com * deverão ser correctamente
        preenchidos</h3>
65
66      <form name="S7-1500_Webserver_withmobilesupport_v0.6.0_contact"
        method="post" action="html_form_send.php">
67      <table width="450px">
68      <tr>
69          <td valign="top">
70              <label for="first_name">First Name *</label>
71          </td>
72          <td valign="top">
73              <input type="text" name="first_name" maxlength="50" size="30">
74          </td>
75      </tr>
76      <tr>
77          <td valign="top">
78              <label for="last_name">Last Name *</label>
79          </td>
80          <td valign="top">
81              <input type="text" name="last_name" maxlength="50" size="30">
82          </td>
83      </tr>
84      <tr>
85          <td valign="top">
86              <label for="email">Email Address *</label>
87          </td>
88          <td valign="top">
89              <input type="text" name="email" maxlength="80" size="30">
90          </td>
91      </tr>
92      <tr>
93          <td valign="top">
94              <label for="telephone">Telephone Number</label>
95          </td>
96          <td valign="top">
97              <input type="text" name="telephone" maxlength="30" size="30">
98          </td>
99      </tr>
100     <tr>
101         <td valign="top">
102             <label for="comments">Comments *</label>
103         </td>
104         <td valign="top">
105             <textarea name="comments" maxlength="1000" cols="25"
                rows="6"></textarea>
106         </td>
107     </tr>
108     <tr>
109         <td colspan="2" style="text-align:center">
110             <input type="submit" value="Submit">
111         <p></p>
112         <div>Form provided by: <a
                href="http://www.freecontactform.com">FreeContactForm.com</a></div>
113     </td>
114 </tr>
115 </table>
116 </form>
117
118 <b>Nota: No presente momento, este formulário não se encontra ativo
        para utilização normal. Sugere-se a utilização do contacto
119 disponibilizado no rodapé desta página caso deseje colocar qualquer
        tipo questão. Desde já, agradecemos a vossa atenção e compreensão!</b>
120
121 </div>
122
123
124 </div>
125
126 </div>
127
128

```

```

129 <!-- Footer of the webpage -->
130
131 <footer class="footer-distributed">
132
133     <div class="footer-left">
134
135         <h3>Powered by Industry 4.0</h3>
136
137         <h4>Copyright &copy; S7-1500 Webserver 2018</h4>
138
139     </div>
140
141     <div class="footer-center">
142
143         <div>
144             <i class="fa fa-map-marker"></i>
145             <p><span>R. Conselheiro Emídio Navarro 1</span> Lisboa, Portugal</p>
146         </div>
147
148         <div>
149             <i class="fa fa-envelope"></i>
150             <p><a
151                 href="mailto:a39198@alunos.isel.pt">a39198@alunos.isel.pt</a></p>
152         </div>
153
154         <div id="clockbox"></div>
155
156     </div>
157
158     <div class="footer-right">
159         <div class="image2">
160             <a href="https://www.isel.pt/" target="_blank">
161                 
162             </a>
163         </div>
164     </div>
165 </footer>
166
167
168 <script type="text/javascript">
169
170 <!-- Relógio/Data -->
171
172 tday=new
173 Array("Sunday","Monday","Tuesday","Wednesday","Thursday","Friday","Saturday");
174 tmonth=new
175 Array("January","February","March","April","May","June","July","August","September
176 ","October","November","December");
177
178 function GetClock(){
179     var d=new Date();
180     var nday=d.getDay(),nmonth=d.getMonth(),ndate=d.getDate(),nyear=d.getFullYear();
181     var nhour=d.getHours(),nmin=d.getMinutes(),nsec=d.getSeconds();
182     if(nmin<=9) nmin="0"+nmin
183     if(nsec<=9) nsec="0"+nsec;
184
185     document.getElementById('clockbox').innerHTML=""+tday[nday]+"
186     "+tmonth[nmonth]+" "+ndate+" "+nyear+" "+nhour+": "+nmin+": "+nsec+"";
187 }
188
189 window.onload=function(){
190     GetClock();
191     setInterval(GetClock,1000);
192 }
193
194 $(function(){
195     var $winHeight = $(window).height()
196     $(' .container' ).height( $winHeight );
197 });
198
199 $(document).on('pageinit', '#index', function(){

```

```
196     $(document).on( "slidestop", "#flip-1" ,function( event, ui ) {
197         console.log($("#flip-1").val());
198         $('#test-form').submit();
199     });
200 });
201
202 </script>
203
204 </body>
205 </html>
```

```

1  <!-- Tese final de Mestrado: Projecto de Sistema Electropneumático para o Ensino de
    Conceitos da Indústria 4.0 -->
2  <!-- Autor: Miguel Brito Ribeiro Martins Francisco -->
3
4  <!-- Código de monitorização do sistema comandado pelo PLC S7-1500 - menu sobre -->
5
6  <!DOCTYPE html> <!-- Document type declaration -->
7  <html>
8  <head>
9  <!-- HTML metadata is data about the HTML document. Metadata is not displayed.
    Metadata typically define the document title, character set, styles, links, scripts,
    and other meta information. -->
10
11     <meta charset="UTF-8">
12     <meta name="viewport"
13     content="width=device-width,initial-scale=0.86,maximum-scale=2,
14     minimum-scale=0.86"/>
15     <meta name="Description" content="S7-1500 Monitoring System"/>
16     <meta name="keywords" content="HTML,CSS,XML,JavaScript"/>
17     <meta name="author" content="Miguel Francisco"/>
18     <meta http-equiv="Content-Language" content="pt">
19     <meta http-equiv = "refresh" content = "5">
20     <script src="jquery-3.3.1.min.js"></script>
21     <link rel="stylesheet" type="text/css"
22     href="S7-1500_Webserver_mainstyle_v2.4.css" media="screen">
23     <link rel="stylesheet"
24     href="https://use.fontawesome.com/releases/v5.3.1/css/all.css"
25     integrity="sha384-mzrmE5qonljUremFsqc01SB46JvROS7bZs3IO2EmfFsd15uHvIt+Y8vEf7N7fWAU"
26     " crossorigin="anonymous">
27
28     <style>
29     *{
30     box-sizing: border-box;
31     }
32
33     </style>
34
35 <!-- The <title> element defines the title of the document -->
36
37     <title>TFM - Controlo Sistema Electropneumático (S7-1500)</title>
38 </head>
39
40 <body>
41
42     <!-- Header of the webpage -->
43     <div class="header01">
44         <div class="image3">
45             <a href="https://www.isel.pt/" target="_blank">
46                 
47             </a>
48         </div>
49     </div>
50
51     <!-- Navbar -->
52     <div class="topnav">
53         <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_home.html"><i class="fa fa-home"></i></a>
54         <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_PA.html">Modo Automático</a>
55         <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_PM.html">Modo Manual</a>
56         <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_supervision.html">Modo Supervisão</a>
57         <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_news.html">Notícias</a>
58         <a href="S7-1500_Webserver_v1.2.3_contact.html">Contactos</a>
59         <a class="active" href="#about" style="float:right">Sobre</a>
60     </div>
61
62     <!-- Content of the webpage -->
63     <div class="row">
64
65         <div class="leftcolumnabout">
66             <div class="card0left">
67                 <h2>Sobre Nós</h2>
68                 <p></p>

```

```
64 <h3>Quem somos?</h3>
65 <p> Este projeto é a realizado com colaboração de um aluno de final
66 mestrado,
67 mestrado em Engenharia Mecânica na área de Energia, Climatização e
68 Refrigeração, e o
69 respectivo orientador no Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
70 Todo o conteúdo foi
71 realizado no âmbito do trabalho final de mestrado proposto no ano
72 lectivo de 2017/2018.
73 Os detalhes relativos aos colaboradores deste projeto podem ser
74 visualizados à vossa direita.
75 </p>
76 <h3>Projeto:</h3>
77 <p> Como já enunciado, este projeto acenta numa proposta de trabalho
78 final de mestrado realizada
79 no ano lectivo de 2017/2018 e com os seguintes objetivos.
80 Este projeto consistiu na criação de um modelo laboratorial com o
81 intuito de apoiar o ensino de alguns dos
82 conceitos da Indústria 4.0 num ambiente académico. Para a construção
83 do sistema laboratorial foi idealizado
84 um processo electropneumático industrial típico (à escala), para o
85 qual se desenvolveram por modelação 3D
86 (em SOLIDWORKS®) alguns dos constituintes de suporte do mesmo, bem
87 como a seleção de equipamentos necessários
88 ao desenvolvimento e correto funcionamento do processo. Na aplicação
89 do processo de automação foi definida a
90 plataforma de comando do controlador lógico programável, tipo de
91 linguagem de programação e criação do código
92 de controlo do processo. Para aplicação do sistema de controlo e
93 supervisão digital foi definida uma página web,
94 a sua linguagem de programação e o código de controlo. De entre os
95 conceitos destacam-se a simulação e automação de processos,
96 a prototipagem rápida e fabrico por impressão 3D, a internet
97 industrial das coisas, comunicação entre máquinas e a supervisão
98 digital
99 dos processos.
100 </p>
101 </div>
102 </div>
103 <div class="rightcolumnabout">
104 <div class="card0right">
105 <h2>Colaboradores</h2>
106 <h3>Desenvolvedor</h3>
107 <div class="image">
108 
110 </div>
111 <h4>Miguel Brito Ribeiro Martins Francisco</h4>
112 <h4>Informação Profissional:</h4>
113 <p>Grau acadécimo - Licenciado em Engenharia Mecânica</p>
114 <p>Categoria - Aluno</p>
115 <p>Área de especialização - Energia, Climatização e Refrigeração</p>
116 <h3>Orientador</h3>
117 <div class="image">
118 
119 </div>
120 <h4>Doutor Mário José Gonçalves Mendes</h4>
121 <h4>Informação Profissional:</h4>
122 <p>Grau acadécimo - Doutor em Engenharia Mecânica</p>
123 <p>Categoria - Professor Adjunto</p>
124 <p>Área de especialização - Controlo tolerante a falhas, Sistemas
125 multi-agente,
126 Controlo de energias alternativas e eficiência energética </p>
127 </div>
128 </div>
129 </div>
```

```

118 <!-- Footer of the webpage -->
119 <footer class="footer-distributed">
120
121     <div class="footer-left">
122
123         <h3>Powered by Industry 4.0</h3>
124
125         <h4>Copyright &copy; S7-1500 Webserver 2018</h4>
126
127     </div>
128
129     <div class="footer-center">
130
131         <div>
132             <i class="fa fa-map-marker"></i>
133             <p><span>R. Conselheiro Emídio Navarro 1</span> Lisboa, Portugal</p>
134         </div>
135
136         <div>
137             <i class="fa fa-envelope"></i>
138             <p><a
139                 href="mailto:a39198@alunos.isel.pt">a39198@alunos.isel.pt</a></p>
140         </div>
141
142         <div id="clockbox"></div>
143
144     </div>
145
146     <div class="footer-right">
147         <div class="image2">
148             <a href="https://www.isel.pt/" target="_blank">
149                 
150             </a>
151         </div>
152     </div>
153 </footer>
154
155 <script type="text/javascript">
156
157 <!-- Relógio/Data -->
158
159 tday=new
160 Array("Sunday","Monday","Tuesday","Wednesday","Thursday","Friday","Saturday");
161 tmonth=new
162 Array("January","February","March","April","May","June","July","August","September",
163 "","October","November","December");
164
165 function GetClock(){
166     var d=new Date();
167     var nday=d.getDay(),nmonth=d.getMonth(),ndate=d.getDate(),nyear=d.getFullYear();
168     var nhour=d.getHours(),nmin=d.getMinutes(),nsec=d.getSeconds();
169     if(nmin<=9) nmin="0"+nmin
170     if(nsec<=9) nsec="0"+nsec;
171
172     document.getElementById('clockbox').innerHTML="" +tday[nday]+",
173     "+tmonth[nmonth]+ " "+ndate+", "+nyear+" "+nhour+": "+nmin+": "+nsec+"";
174 }
175
176 window.onload=function(){
177     GetClock();
178     setInterval(GetClock,1000);
179 }
180
181 $( function() {
182     var $winHeight = $( window ).height()
183     $( '.container' ).height( $winHeight );
184 });
185
186 $(document).on('pageinit', '#index', function(){
187     $(document).on( "slidestop", "#flip-1",function( event, ui ) {

```

```
185         console.log($("#flip-1").val());
186         $('#test-form').submit();
187     });
188 });
189
190 </script>
191
192 </body>
193 </html>
```

Anexo D: Código CSS

```
1  /* BODY STYLE */
2
3  html {
4      background-image: url("digital factory.d0242ae4fa66ead67606d5a591062ba73943.jpg");
5      background-repeat: no-repeat;
6      background-size: cover;
7      max-width: 100%;
8      margin: auto;
9  }
10
11
12  body{
13      font-family: "Calibri";
14      background: #f1f1f1;
15      padding: 0;
16      margin: auto;
17      max-width: 1054px;
18      min-width: 480px;
19  }
20
21  /* HEADER STYLE */
22
23  .header {
24      padding: 160px;
25      text-align: center;
26      background-image: url("industry4.0.gif");
27      background-repeat: no-repeat;
28      background-position: center center;
29      background-color: white;
30      background-size: 100% 100%;
31  }
32
33  .header01 {
34      padding: 10px;
35      background-image: url("341Logo - Industria4.0 - cmyk.png");
36      background-repeat: no-repeat;
37      background-position: center center;
38      background-color: white;
39      background-size: 100% 100%;
40  }
41
42  /* NAVIGATION BAR STYLE */
43
44  .topnav{
45      overflow: hidden;
46      background-color: #333;
47      position: sticky;
48      top: 0;
49  }
50
51  /* Style the topnav links */
52
53  .topnav a{
54      float: left;
55      display: block;
56      color: #f2f2f2;
57      text-align: center;
58      padding: 14px 16px;
59      text-decoration: none;
60  }
61
62  /* Change color on hover */
63
64  .topnav a:hover{
65      background-color: rgb(76, 211, 87);
66      color: black;
67  }
68
69  /*Active/Current Navigation Link */
70
71  .active{
72      background-color: #4CAF50;
73  }
```

```
74
75 /* COLUMNS STYLE */
76
77 /* Create two unequal columns that floats next to each other */
78
79 /* Left column */
80
81 .column{
82     flex: 100%;
83     width: 100%;
84     margin-left: 20px;
85     margin-right: 20px;
86     margin-bottom: 5px;
87     margin-top: 5px;
88 }
89
90 /* Left column model 2 */
91
92 .leftcolumnPAPM{
93     background-color: white;
94     flex: 50%;
95     margin-left: 10px;
96     margin-right: 10px;
97     margin-bottom: auto;
98 }
99
100
101 /* Right column */
102
103 .rightcolumnPAPM{
104     background-color: white;
105     flex: 50%;
106     margin-left: 10px;
107     margin-right: 10px;
108     margin-bottom: auto;
109 }
110
111
112 .leftcolumnabout{
113     background-color: white;
114     flex: 60%;
115     margin-left: 10px;
116     margin-right: 10px;
117     margin-bottom: auto;
118     margin-top: 5px;
119 }
120
121 /* Right column */
122
123 .rightcolumnabout{
124     background-color: white;
125     flex: 40%;
126     margin-left: 10px;
127     margin-right: 10px;
128     margin-bottom: auto;
129     margin-top: 5px;
130 }
131
132 /* IMAGE STYLE */
133
134 img {
135     display: block;
136     margin-left: auto;
137     margin-right: auto;
138     max-width: 100%;
139     max-height: 100%;
140 }
141
142 .image{
143     width:auto;
144     height:auto;
145 }
146
```

```
147 .image2{
148     width: 200px;
149     height: 200px;
150 }
151
152 .image3{
153     width: 180px;
154     height: 180px;
155 }
156
157 /* ARTICLE STYLE */
158
159 /* Add a card effect for articles */
160
161 .card0{
162     background-color: white;
163     padding-top: 20px;
164     padding-left: 60px;
165     padding-right: 60px;
166     padding-bottom: 20px;
167     text-align: justify;
168 }
169
170 .card0center{
171     background-color: white;
172     text-align: justify;
173 }
174 }
175
176 .card0left{
177     background-color: white;
178     padding-top: 20px;
179     padding-left: 40px;
180     padding-bottom: 20px;
181     text-align: justify;
182 }
183 }
184
185 .card0right{
186     background-color: white;
187     padding-top: 20px;
188     padding-right: 40px;
189     padding-bottom: 20px;
190     text-align: justify;
191 }
192
193 /* ROW STYLE */
194
195 /* Clear floats after the columns */
196
197 .row{
198     background-color: white;
199     display: flex;
200     align-items: flex-start;
201 }
202
203 /* FOOTER STYLE */
204
205 /* Footer */
206
207 .footer-distributed{
208     background-color: rgb(76, 211, 87);
209     width: auto;
210     height: auto;
211     text-align: left;
212     padding: 30px 30px;
213 }
214
215 .footer-distributed .footer-left,
216 .footer-distributed .footer-center,
217 .footer-distributed .footer-right{
218     display: inline-block;
219     vertical-align: middle;
```

```

220 }
221
222 /* Footer left */
223
224 .footer-distributed .footer-left{
225     width: 40%;
226     vertical-align: middle;
227     text-align: left;
228 }
229
230 /* Footer Center */
231
232 .footer-distributed .footer-center{
233     width: 35%;
234 }
235
236 .footer-distributed .footer-center i{
237     font-size: 25px;
238     width: 38px;
239     height: 38px;
240     border-radius: 50%;
241     text-align: center;
242     line-height: 42px;
243     margin: 10px 15px;
244     vertical-align: middle;
245 }
246
247 .footer-distributed .footer-center i.fa-envelope{
248     font-size: 17px;
249     line-height: 38px;
250 }
251
252 .footer-distributed .footer-center p{
253     display: inline-block;
254     vertical-align: middle;
255     margin:0;
256 }
257
258 .footer-distributed .footer-center p span{
259     display:block;
260     font-weight: normal;
261     font-size:14px;
262     line-height:2;
263 }
264
265 .footer-distributed .footer-center p a{
266     text-decoration: none;
267 }
268
269 /* Footer Right */
270
271 .footer-distributed .footer-right{
272     float: right;
273     width: 25%;
274 }
275 }
276
277 /* TABLE STYLE*/
278
279 table {
280     font-family: Calibri;
281     border-collapse: collapse;
282     width: 100%;
283 }
284
285 td, th {
286     border: 1px solid #dddddd;
287     text-align: left;
288     padding: 8px;
289 }
290
291 tr:nth-child(even) {
292     background-color: #dddddd;

```

```

293 }
294
295 /* NEWS STYLE*/
296
297 .more {
298     font-size: 15px;
299 }
300
301 .hr-dots {
302
303     height: 10px;
304 }
305
306 /* RESPONSIVE LAYOUT STYLE */
307
308
309 /* Extra small devices (phones, 480px and down) */
310 @media only screen and (max-width: 480px) {
311     body:after{content:"480px and smaller"}
312     .leftcolumn, .rightcolumn{
313         width: 100%;
314         padding: 0;
315     }
316     .topnav a{
317         float: none;
318         width: 100%;
319     }
320
321     .footer-distributed .footer-left,
322     .footer-distributed .footer-center,
323     .footer-distributed .footer-right{
324         display: inline-block;
325         width: 100%;
326         margin-bottom: 40px;
327         text-align: center;
328     }
329
330     .footer-distributed .footer-center i{
331         margin-left: 0;
332     }
333 }
334
335 /* Extra small devices (phones, 480px and up) */
336 @media only screen and (min-width: 480px) {
337     body:after{content:"480px and larger"}
338     .leftcolumn, .rightcolumn{
339         width: 100%;
340         padding: 0;
341     }
342     .topnav a{
343         float: none;
344         width: 100%;
345     }
346
347     .footer-distributed .footer-left,
348     .footer-distributed .footer-center,
349     .footer-distributed .footer-right{
350         display: inline-block;
351         width: 100%;
352         margin-bottom: 40px;
353         text-align: center;
354     }
355
356     .footer-distributed .footer-center i{
357         margin-left: 0;
358     }
359 }
360
361 /* Smmall devices (phones, 769px and up) */
362 @media only screen and (min-width: 769px) {
363     body:after{content:"769px and larger"}
364     .leftcolumn{
365         width: 75%;

```

```

366     margin: auto;
367 }
368 .rightcolumn{
369     width: 25%;
370 }
371 .topnav a{
372     float: left;
373     width: auto;
374 }
375
376 .footer-distributed .footer-left,
377 .footer-distributed .footer-center,
378 .footer-distributed .footer-right{
379     display: inline-block;
380     margin-bottom: 0;
381 }
382
383
384 .footer-distributed .footer-left{
385     width: 40%;
386     text-align: left;
387 }
388
389 .footer-distributed .footer-center{
390     width: 35%;
391     text-align: left;
392 }
393
394 .footer-distributed .footer-center i{
395     margin-left: 0;
396 }
397
398 .footer-distributed .footer-right{
399     width: 20%;
400     text-align: right;
401 }
402 }
403
404 /* Large devices (laptops/desktops, 900px and up) */
405 @media only screen and (min-width: 900px) {
406     body:after{content:"900px and larger"}
407
408     .leftcolumn{
409         width: 75%;
410         margin: auto;
411     }
412     .rightcolumn{
413         width: 25%;
414     }
415     .topnav a{
416         float: left;
417         width: auto;
418     }
419
420     .footer-distributed .footer-left,
421     .footer-distributed .footer-center,
422     .footer-distributed .footer-right{
423         display: inline-block;
424         margin-bottom: 0;
425     }
426 }
427
428 .footer-distributed .footer-left{
429     width: 40%;
430     text-align: left;
431 }
432
433 .footer-distributed .footer-center{
434     width: 35%;
435     text-align: left;
436 }
437
438 .footer-distributed .footer-center i{

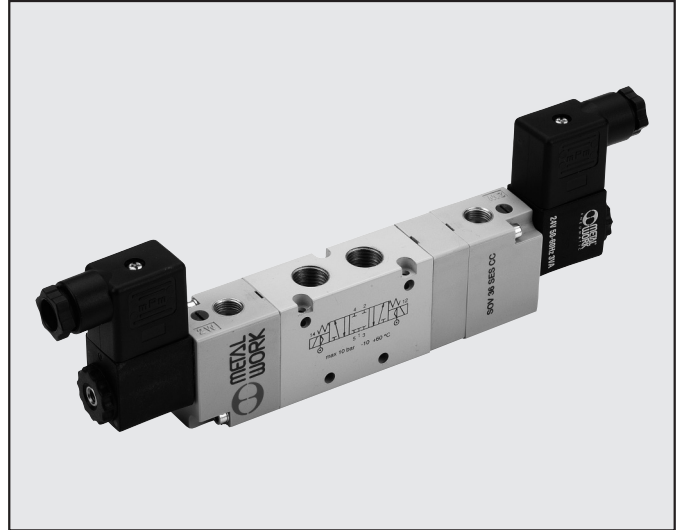
```

```
439     margin-left: 0;
440 }
441
442 .footer-distributed .footer-right{
443     width: 20%;
444     text-align: right;
445 }
446 }
447
```

Anexo E: Electroválvula

VALVES SERIES 70, SOLENOID/PNEUMATIC

TECHNICAL DATA	1/8"	1/4"	1/2"
Operating pressure:	2.5 bar ÷ 10 bar		
	1 ÷ 10 bar		
	Vacuum ÷ 10		
Minimum actuation pressure	2.5 bar		
Operating temperature range	-10° to 60°C		
Nominal diameter	5 mm	7.5 mm	15 mm
Conductance C [NI/min · bar]	121.43	264.26	971.43
Critical ratio b	0.32 bar/bar	0.27 bar/bar	0.43 bar/bar
Flow rate at 6 bar ΔP 0.5 bar	400 NI/min	750 NI/min	3200 NI/min
Flow rate at 6 bar ΔP 1 bar	550 NI/min	1100 NI/min	4600 NI/min
TRA/TRR monostable at 6 bar	15 ms / 35 ms	19 ms / 45 ms	36 ms / 60 ms
TRA /TRR bistable at 6 bar	20 ms / 20 ms	21 ms / 21 ms	30 ms / 30 ms
Hand operation	bistable		
Coil voltage values	24VDC ÷ 24VAC ÷ 110VAC ÷ 220VAC 50/60Hz		
Power	2 W (DC) 3VA (AC) 2 W (DC) 3VA (AC) 5W (DC) 5VA (AC)		
Voltage tolerance	-10% ÷ +15%		
Insulation class	F 155		
Maximum coil nut torque	1 Nm		

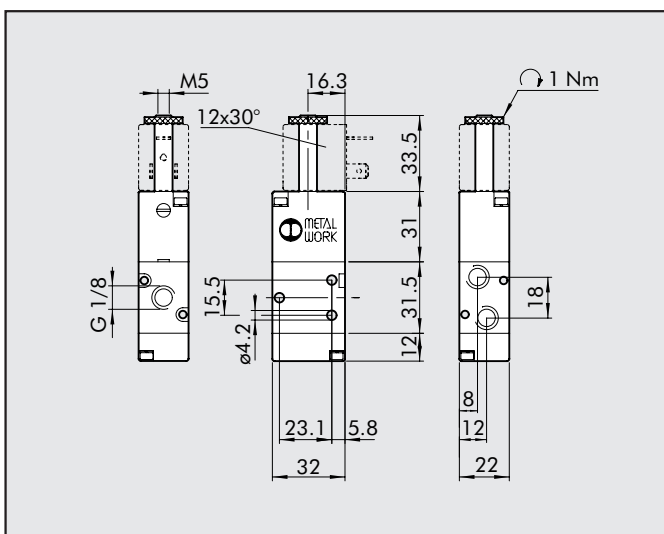


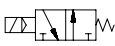
KEY TO CODES

S	O	V	2	3	S	O	S	N	C		
FAMILY		PORT		FUNCTION		OPERATORS 14		RESETTING 12		FURTHER DETAILS	
SOV	Solenoid / pneumatic	2	1/8"	3	3/2	SO	Solenoid	S	mechanical spring	NC	normally closed
		3	1/4"	5	5/2	SE	Solenoid assisted	B	bistable	NO	normally open
		4	1/2"	6	5/3			D	differential pneumatic*	CC	closed centres
								P	pneumatic/mechanical spring*	OC	open centres
								A	on demand	PC	pressure centres
										OO	5/2

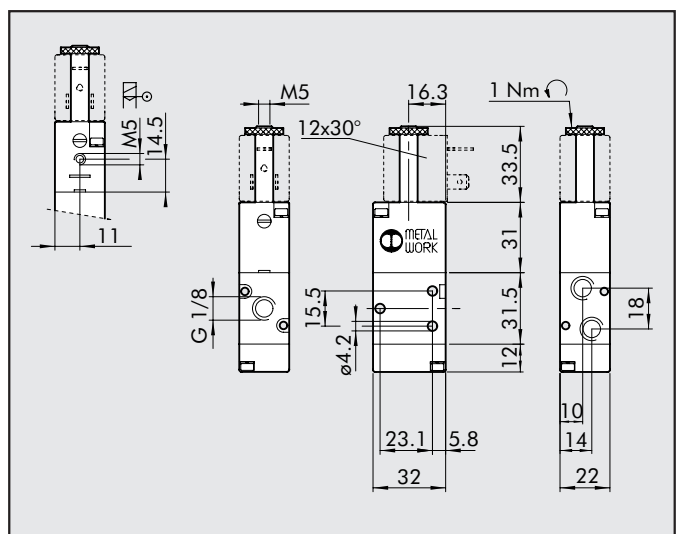
VALVES SERIES 70, SOLENOID/PNEUMATIC-PILOT-ASSISTED SOLENOID/PNEUMATIC, 1/8"

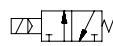

MONOSTABLE 3/2 NO, 1/8"

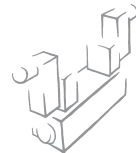


Symbol	Abbrev.	Code	Weight [g]
	SOV 23 SOS NO	7010020400	100

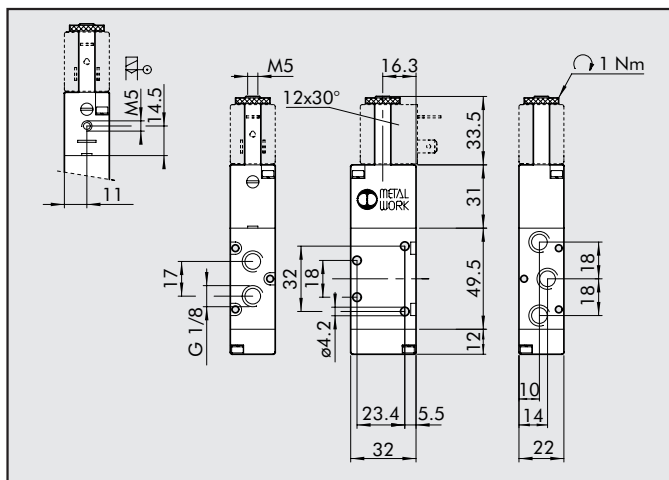
MONOSTABLE 3/2 NC, 1/8"



Symbol	Abbrev.	Code	Weight [g]
	SOV 23 SOS NC	7010020200	100
	SOV 23 SES NC	7010020500	100

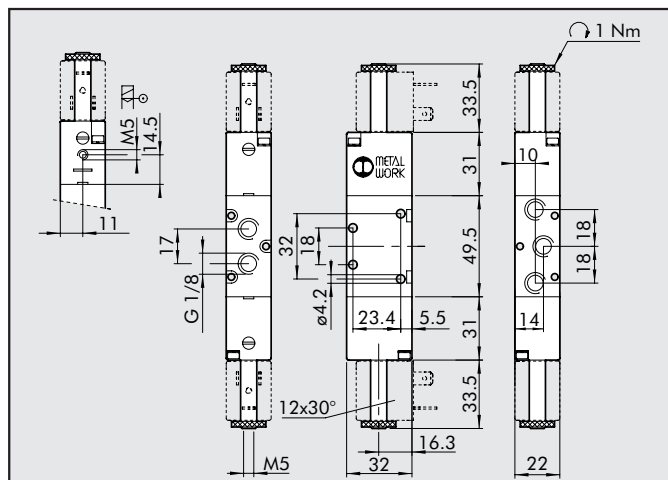


MONOSTABLE 5/2, 1/8"



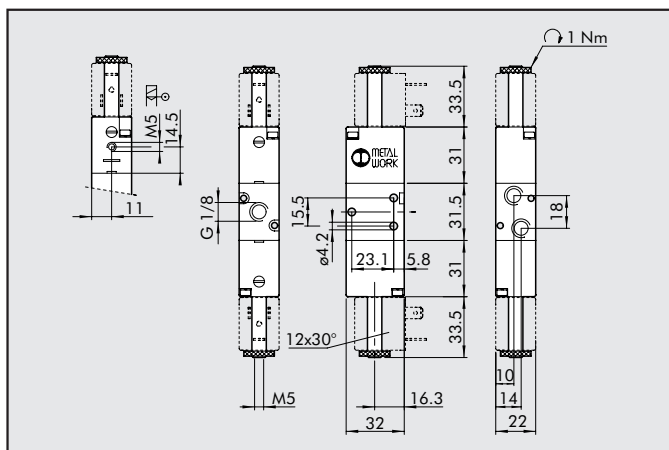
Symbol	Abbrev.	Code	Weight [g]
	SOV 25 SOS OO	7010021100	128
	SOV 25 SES OO	7010021500	129

BISTABLE 5/2, 1/8"



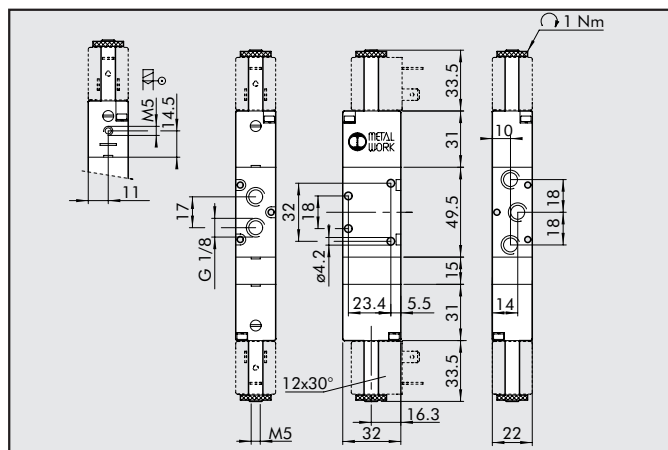
Symbol	Abbrev.	Code	Weight [g]
	SOV 25 SOB OO	7010021200	160
	SOV 25 SOD OO	7010021300	166
	SOV 25 SEB OO	7010021600	160

BISTABLE 3/2, 1/8"



Symbol	Abbrev.	Code	Weight [g]
	SOV 23 SOB OO	7010020100	135
	SOV 23 SEB OO	7010020300	136

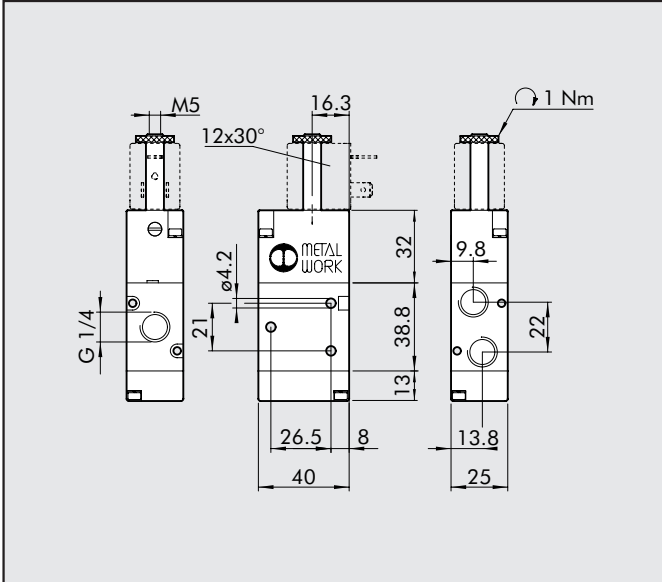
MONOSTABLE 5/3, 1/8"




Symbol	Abbrev.	Code	Weight [g]
	SOV 26 SOS CC	7010022100	190
	SOV 26 SOS OC	7010022200	190
	SOV 26 SOS PC	7010022300	190
	SOV 26 SES CC	7010022400	188
	SOV 26 SES OC	7010022500	188
	SOV 26 SES PC	7010022600	188

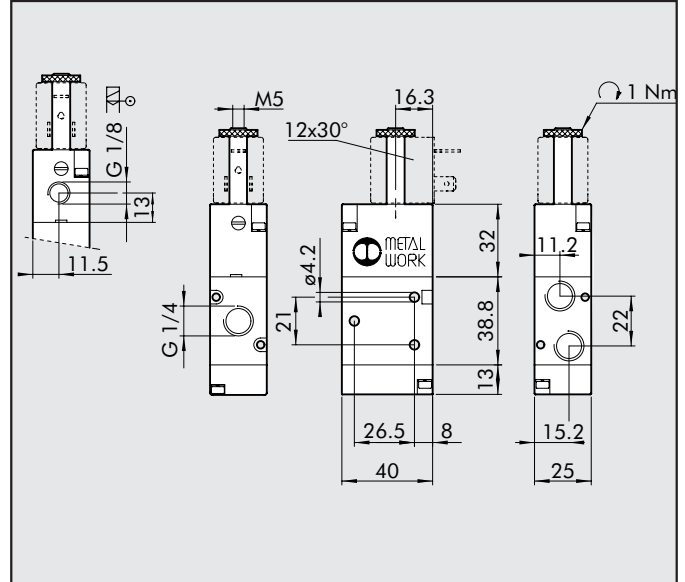
VALVES SERIES 70, SOLENOID/PNEUMATIC-PILOT-ASSISTED SOLENOID/ PNEUMATIC, 1/4"



MONOSTABLE 3/2 NO, 1/4"



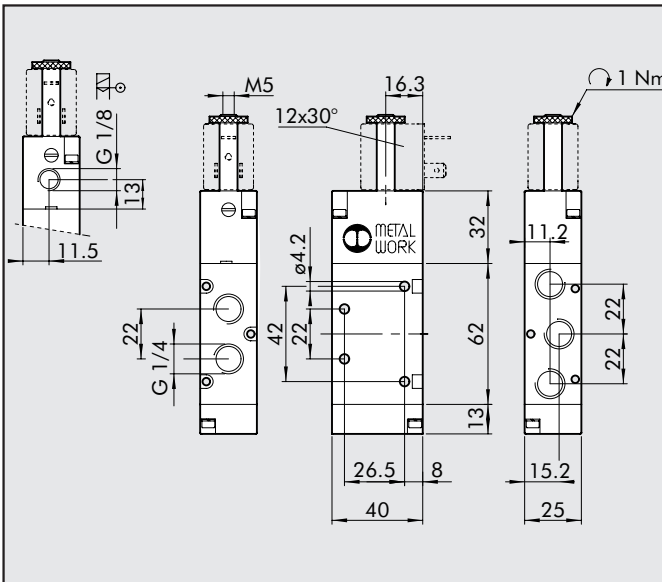
Symbol	Abbrev.	Code	Weight [g]
	SOV 33 SOS NO	7020020400	152


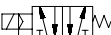
MONOSTABLE 3/2 NC, 1/4"



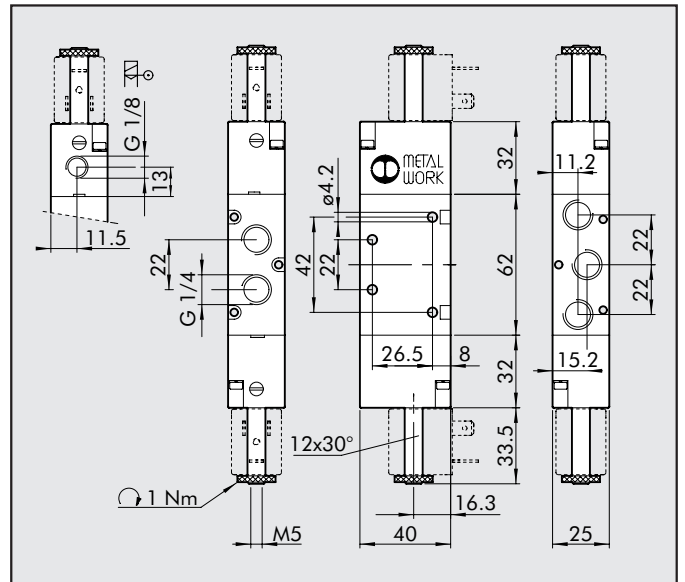
Symbol	Abbrev.	Code	Weight [g]
	SOV 33 SOS NC	7020020200	152
	SOV 33 SES NC	7020020500	152

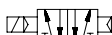


5/2 1/4" MONOSTABLE



Symbol	Abbrev.	Code	Weight [g]
	SOV 35 SOS OO	7020021100	200
	SOV 35 SES OO	7020021500	200

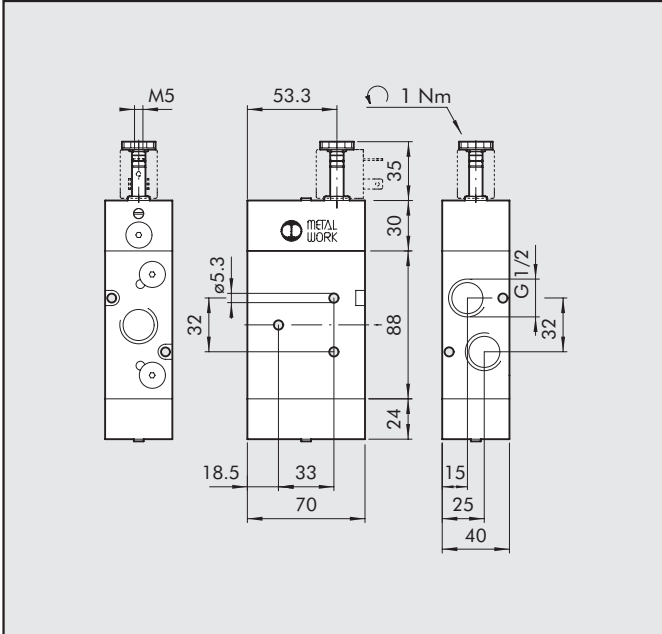
5/2 1/4" BISTABLE




Symbol	Abbrev.	Code	Weight [g]
	SOV 35 SOB OO	7020021200	236
	SOV 35 SOD OO	7020021300	252
	SOV 35 SEB OO	7020021600	242

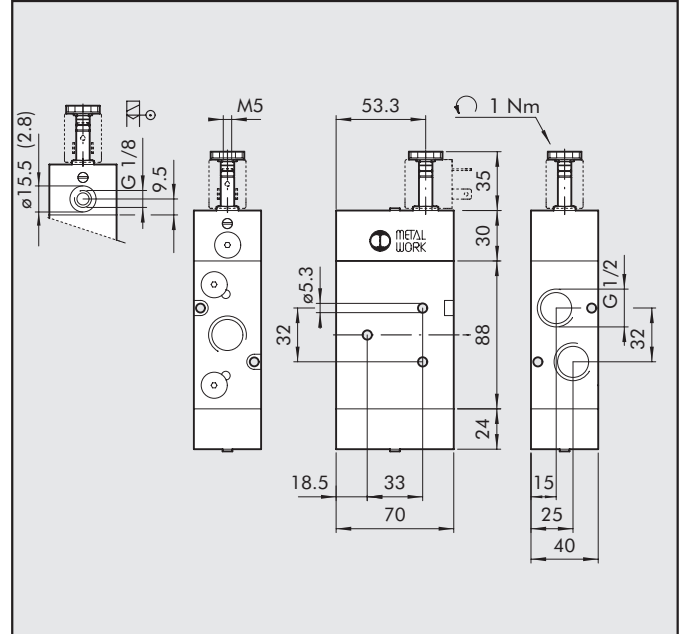
VALVES SERIES 70, SOLENOID/PNEUMATIC-PILOT-ASSISTED SOLENOID/PNEUMATIC, 1/2"

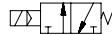
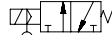
MONOSTABLE 3/2 NO, 1/2"



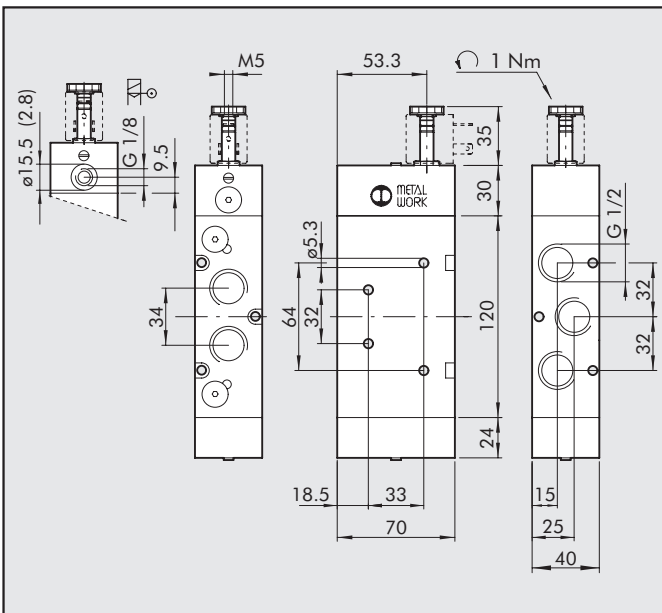
Symbol	Abbrev.	Code	Weight [g]
	SOV 43 SOS NO	7030020400	930



MONOSTABLE 3/2 NC, 1/2"



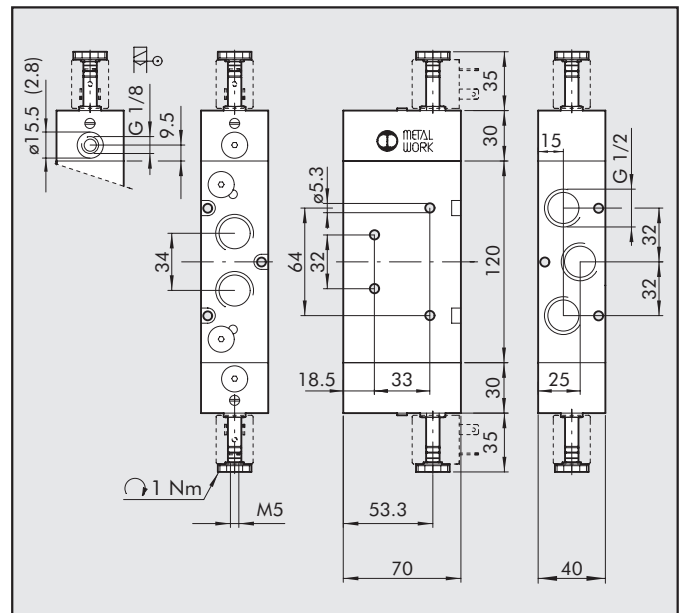
Symbol	Abbrev.	Code	Weight [g]
	SOV 43 SOS NC	7030020200	930
	SOV 43 SES NC	7030020500	923

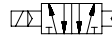


MONOSTABLE 5/2, 1/2"

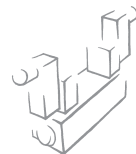


Symbol	Abbrev.	Code	Weight [g]
	SOV 45 SOS OO	7030021100	1120
	SOV 45 SES OO	7030021500	1113

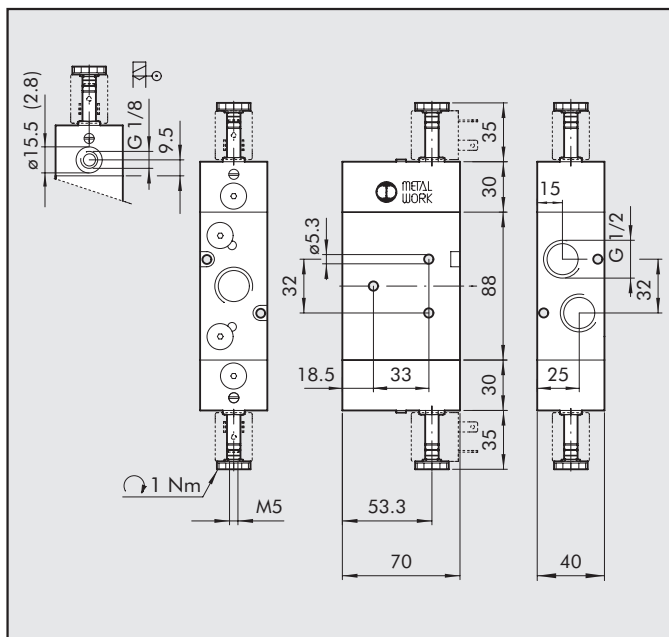
BISTABLE 5/2, 1/2"



Symbol	Abbrev.	Code	Weight [g]
	SOV 45 SOB OO	7030021200	1140
	SOV 45 SOD OO	7030021300	1152
	SOV 45 SEB OO	7030021600	1127

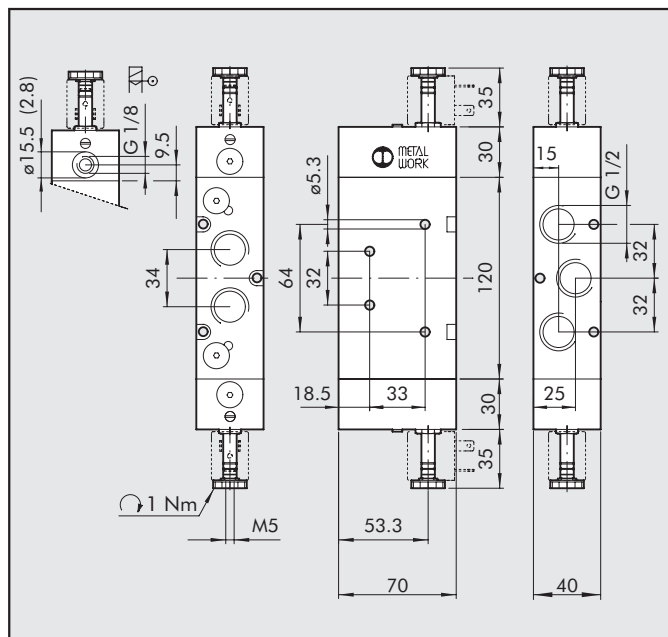


BISTABLE 3/2, 1/2"



Symbol	Abbrev.	Code	Weight [g]
	SOV 43 SOB OO	7030020100	955
	SOV 43 SEB OO	7030020300	942

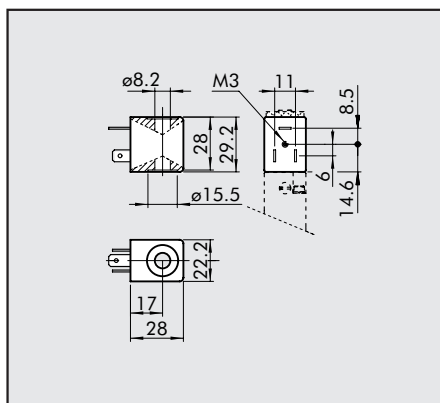
MONOSTABLE 5/3, 1/2"



Symbol	Abbrev.	Code	Weight [g]
	SOV 46 SOS CC	7030022100	1265
	SOV 46 SOS OC	7030022200	1265
	SOV 46 SOS PC	7030022300	1265
	SOV 46 SES CC	7030022400	1252
	SOV 46 SES OC	7030022500	1252
	SOV 46 SES PC	7030022600	1252

ACCESSORIES FOR SERIES 70 SOLENOID/PNEUMATIC VALVES

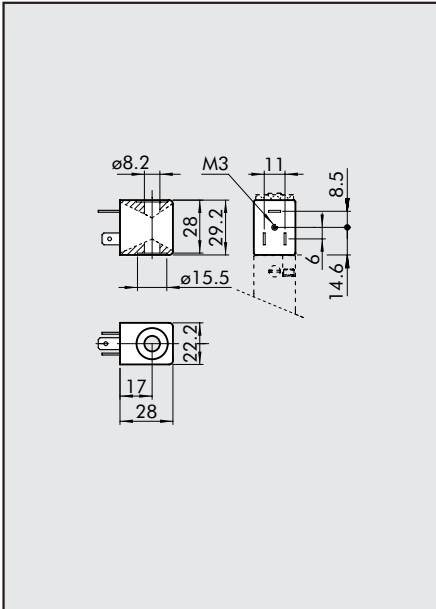
COILS FOR SERIES 70 SOV 1/8" 1/4" VALVES



- Voltage tolerance: -10% + 15%
- Insulation class: F155
- Degree of protection: IP65 EN60529 with connector
- Avoid prolonged exposure to the atmospheric agents
- Coil temperature 100% ED: from 70°C to 20°C – Ambient temperature
- According to Atex 94/9 CE rule, group 2, category 3 GD

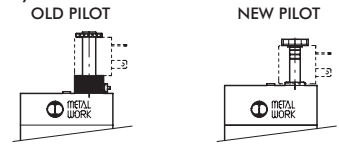
Nominal voltage	Absorption		Abbrev.	Code
	Inrush	Holding		
12Vcc	2W	2W	Coil 22 Ø8 BA 2W-12VDC	W0215000151
24Vcc	2W	2W	Coil 22 Ø8 BA 2W-24VDC	W0215000101
24V 50/60Hz	5.3VA	3.5VA	Coil 22 Ø8 BA 3VA-24VAC	W0215000111
110V 50/60Hz	5.3VA	3.5VA	Coil 22 Ø8 BA 3VA-110VAC	W0215000121
220V 50/60Hz	5.3VA	3.5VA	Coil 22 Ø8 BA 3VA-220VAC	W0215000131

COILS FOR SERIES 70 SOV 1/2" VALVES



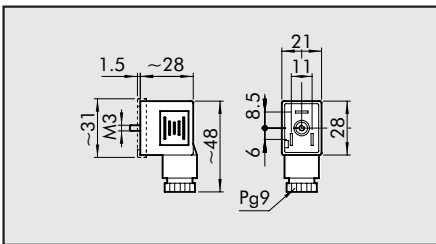
- Voltage tolerance: -10% + 15%
- Insulation class: F155
- Degree of protection: IP65 EN60529 with connector
- Avoid prolonged exposure to the atmospheric agents
- Coil temperature 100% ED: from 70°C to 20°C – Ambient temperature
- According to Atex 94/9 CE rule, group 2, category 3 GD

- Coils usable with valves having either new pilot and old pilot
- ◆ Coils at low absorption usable only with valves having new pilot



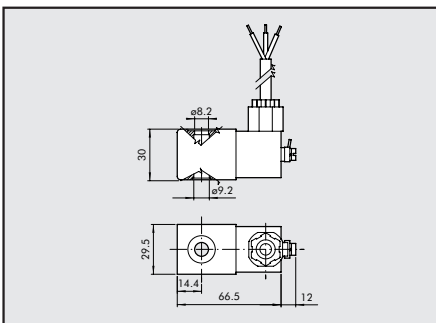
Nominal voltage	Absorption		Abbrev.	Code
	Inrush	Holding		
12Vcc	5W	5W	Coil 22 Ø8 5W-12VDC	W0215000051 ■
24Vcc	5W	5W	Coil 22 Ø8 5W-24VDC	W0215000001 ■
24V 50/60Hz	8VA	5VA	Coil 22 Ø8 5VA-24VAC	W0215000011 ■
110V 50/60Hz	8VA	5VA	Coil 22 Ø8 5VA-110VAC	W0215000021 ■
220V 50/60Hz	8VA	5VA	Coil 22 Ø8 5VA-220VAC	W0215000031 ■
12Vcc	2W	2W	Coil 22 Ø8 BA 2W-12VDC	W0215000151 ◆
24Vcc	2W	2W	Coil 22 Ø8 BA 2W-24VDC	W0215000101 ◆
24V 50/60Hz	5.3VA	3.5VA	Coil 22 Ø8 BA 3.5VA-24VAC	W0215000111 ◆
110V 50/60Hz	5.3VA	3.5VA	Coil 22 Ø8 BA 3.5VA-110VAC	W0215000121 ◆
220V 50/60Hz	5.3VA	3.5VA	Coil 22 Ø8 BA 3.5VA-220VAC	W0215000131 ◆

COIL CONNECTORS



Colour	Ø Cable	Type	Code
Black	PG9	Standard	W0970510011
Transparent	PG9	LED 24V	W0970510012
Transparent	PG9	LED 110V	W0970510013
Transparent	PG9	LED 220V	W0970510014
Transparent	PG9	LED + VDR 24V	W0970510015
Transparent	PG9	LED + VDR 110V	W0970510016
Transparent	PG9	LED + VDR 220V	W0970510017

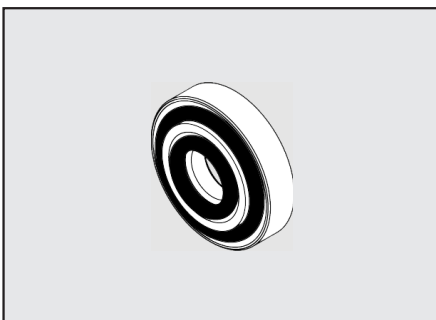
KIT COIL EEXM



Code	Description
0227606913	KIT FOR COIL 30 24 VDC EEXMT5 CABLE 3M
0227606915	KIT FOR COIL 30 24 VDC EEXMT5 CABLE 5M
0227608013	KIT FOR COIL 30 24 VAC EEXMT5 CABLE 3M
0227608015	KIT FOR COIL 30 24 VAC EEXMT5 CABLE 5M
0227608023	KIT FOR COIL 30 110 VAC EEXMT5 CABLE 3M
0227608025	KIT FOR COIL 30 110 VAC EEXMT5 CABLE 5M
0227608033	KIT FOR COIL 30 230 VAC EEXMT5 CABLE 3M
0227608035	KIT FOR COIL 30 230 VAC EEXMT5 CABLE 5M

according to Atex 94/9 CE rule, group 2, category 2 GD

KIT COILS SIDE 22 IP65



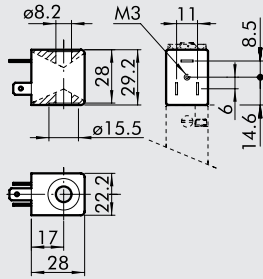
Code	Description
0222100100	KIT FOR COILS 22 - IP65

Improved IP65 protection, even after prolonged exposure to atmospheric agents.
Applicable to valves with a technopolymer control.

Anexo F: Bobinas e Conectores

COILS AND CONNECTORS FOR SERIES 70 AND NAMUR VALVES

COILS SIDE 22 mm

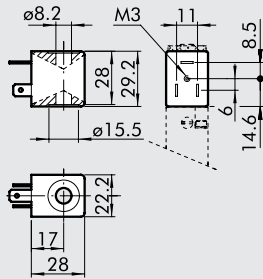


- Voltage tolerance: -10% + 15%
- Insulation class: F155
- Degree of protection: IP65 DIN 40050 with connector
- Avoid prolonged exposure to atmospheric agents

- Coil temperature 100% ED: from 70°C to 20°C – Ambient temperature
- According to Atex 94/9 CE rule, group 2, category 3 GD

Code	Abbrev.	Nominal voltage	Absorption	
			Inrush	Holding
W0215000151	Coil 22 Ø 8 BA 2W-12VDC	12Vcc	2W	2W
W0215000101	Coil 22 Ø 8 BA 2W-24VDC	24Vcc	2W	2W
W0215000111	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-24VAC	24V 50/60Hz	5.3VA	3.5VA
W0215000121	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-110VAC	110V 50/60Hz	5.3VA	3.5VA
W0215000131	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-220VAC	220V 50/60Hz	5.3VA	3.5VA

"UL" AND "CSA" COILS 22 mm



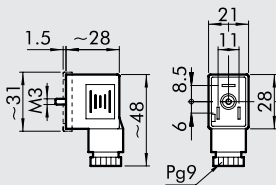
- Voltage tolerance: -10% to + 15%
- Insulation class: F155
- Degree of protection: IP65 EN60529 with connector
- Avoid prolonged exposure to the atmospheric agents

- Coil temperature 100% ED: 70°C at 20°C – Ambient temperature
- According to Atex 94/9 CE rule, group 2, category 3 GD
- For the standards description look at page 6-29

Code	Abbrev.	Nominal voltage	Absorption	
			Inrush	Holding
W0215000251	Coil 22 Ø 8 BA 2W-12VDC UR	12Vcc	2W	2W
W0215000201	Coil 22 Ø 8 BA 2W-24VDC UR	24Vcc	2W	2W
W0215000211	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-24VAC UR	24V 50/60Hz	5.3VA	3.5VA
W0215000221	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-110VAC UR	110V 50/60Hz	5.3VA	3.5VA
W0215000231	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-220VAC UR	220V 50/60Hz	5.3VA	3.5VA

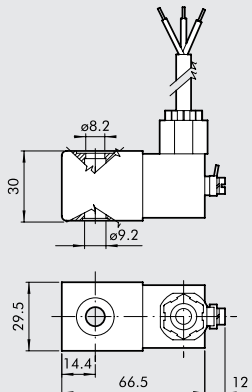


CONNECTOR FOR COILS SIDE 22 mm



Code	Tipo	Colour	Ø Cable
W0970510011	Standard	Black	PG9
W0970510012	LED 24V	Transparent	PG9
W0970510013	LED 110V	Transparent	PG9
W0970510014	LED 220V	Transparent	PG9
W0970510015	LED + VDR 24V	Transparent	PG9
W0970510016	LED + VDR 110V	Transparent	PG9
W0970510017	LED + VDR 220V	Transparent	PG9
W0970510070	Atex II 3 GD	Black	PG9

KIT COIL EEXM



Code	Description
0227606913	Kit for coil 30 24VDC EEXMT5 cable 3 m
0227606915	Kit for coil 30 24VDC EEXMT5 cable 5 m
0227608013	Kit for coil 30 24VAC EEXMT5 cable 3 m
0227608015	Kit for coil 30 24VAC EEXMT5 cable 5 m
0227608023	Kit for coil 30 110VAC EEXMT5 cable 3 m
0227608025	Kit for coil 30 110VAC EEXMT5 cable 5 m
0227608033	Kit for coil 30 230VAC EEXMT5 cable 3 m
0227608035	Kit for coil 30 230VAC EEXMT5 cable 5 m

According to Atex 94/9 CE rule,
 ⓧ II 2G Ex mb IIC T4/T5 Gb
 ⓧ II 2D Ex tb IIIC T130/T95 °C IP66 Db

KIT COILS SIDE 22 IP65

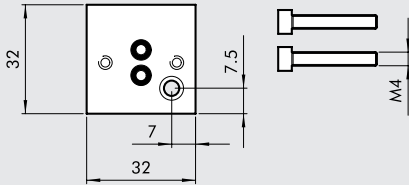
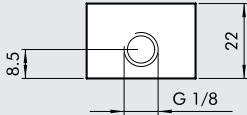


Code	Description
0222100100	Kit for coils 22 - IP65

Improved IP65 protection, even after prolonged exposure to atmospheric agents.
 Applicable to valves with a technopolymer control.

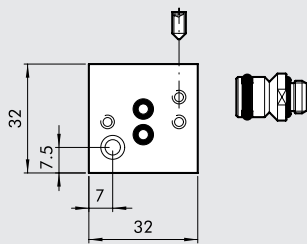
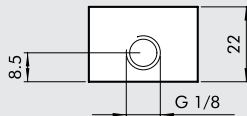
ACCESSORIES

CNOMO MANIFOLD BASE INPUT KIT



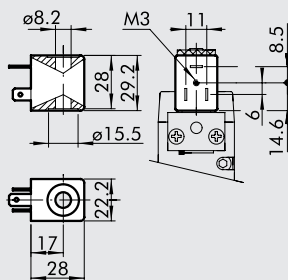
Code	Description
0227000200	Cnomo manifold base input kit

CNOMO MANIFOLD BASE KIT



Code	Description
0227000150	Cnomo manifold base kit

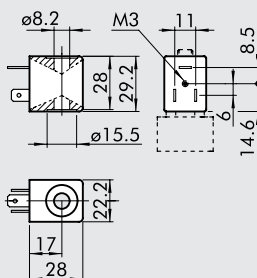
COILS SIDE 22 mm



- Voltage tolerance: -10% to + 15%
- Insulation class: F155
- Degree of protection: IP65 EN60529 with connector
- Avoid prolonged exposure to the atmospheric agents
- Coil temperature 100% ED: 70°C at 20°C – Ambient temperature
- According to Atex 94/9 CE rule, group 2, category 3 GD

Code	Abbrev.	Nominal voltage	Absorption	
			Inrush	Holding
W0215000151	Coil 22 Ø 8 BA 2W-12VDC	12Vcc	2W	2W
W0215000101	Coil 22 Ø 8 BA 2W-24VDC	24Vcc	2W	2W
W0215000111	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-24VAC	24V 50/60Hz	5.3VA	3.5VA
W0215000121	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-110VAC	110V 50/60Hz	5.3VA	3.5VA
W0215000131	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-220VAC	220V 50/60Hz	5.3VA	3.5VA

"UL" AND "CSA" COILS 22 mm

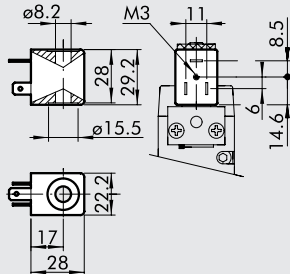


- Voltage tolerance: -10% to + 15%
- Insulation class: F155
- Degree of protection: IP65 EN60529 with connector
- Avoid prolonged exposure to the atmospheric agents
- Coil temperature 100% ED: 70°C at 20°C – Ambient temperature
- According to Atex 94/9 CE rule, group 2, category 3 GD
- For the standards description look at page 6-29

Code	Abbrev.	Nominal voltage	Absorption	
			Inrush	Holding
W0215000251	Coil 22 Ø 8 BA 2W-12VDC UR	12Vcc	2W	2W
W0215000201	Coil 22 Ø 8 BA 2W-24VDC UR	24Vcc	2W	2W
W0215000211	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-24VAC UR	24V 50/60Hz	5.3VA	3.5VA
W0215000221	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-110VAC UR	110V 50/60Hz	5.3VA	3.5VA
W0215000231	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-220VAC UR	220V 50/60Hz	5.3VA	3.5VA

COILS AND CONNECTORS FOR ISO 5599/1 SOLENOID VALVES SERIES ISV

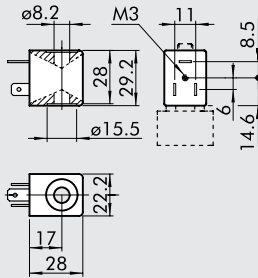
COILS SIDE 22 mm



- Voltage tolerance: -10% to + 15%
- Insulation class: F155
- Degree of protection: IP65 EN60529 with connector
- Avoid prolonged exposure to the atmospheric agents
- Coil temperature 100% ED: 70°C at 20°C – Ambient temperature
- According to Atex 94/9 CE rule, group 2, category 3 GD

Code	Abbrev.	Nominal voltage	Absorption	
			Inrush	Holding
W0215000151	Coil 22 Ø 8 BA 2W-12VDC	12Vcc	2W	2W
W0215000101	Coil 22 Ø 8 BA 2W-24VDC	24Vcc	2W	2W
W0215000111	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-24VAC	24V 50/60Hz	5.3VA	3.5VA
W0215000121	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-110VAC	110V 50/60Hz	5.3VA	3.5VA
W0215000131	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-220VAC	220V 50/60Hz	5.3VA	3.5VA

"UL" AND "CSA" COILS 22 mm

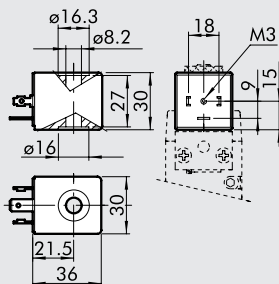


- Voltage tolerance: -10% to + 15%
- Insulation class: F155
- Degree of protection: IP65 EN60529 with connector
- Avoid prolonged exposure to the atmospheric agents
- Coil temperature 100% ED: 70°C at 20°C – Ambient temperature
- According to Atex 94/9 CE rule, group 2, category 3 GD
- For the standards description look at page 6-29

Code	Abbrev.	Nominal voltage	Absorption	
			Inrush	Holding
W0215000251	Coil 22 Ø 8 BA 2W-12VDC UR	12Vcc	2W	2W
W0215000201	Coil 22 Ø 8 BA 2W-24VDC UR	24Vcc	2W	2W
W0215000211	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-24VAC UR	24V 50/60Hz	5.3VA	3.5VA
W0215000221	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-110VAC UR	110V 50/60Hz	5.3VA	3.5VA
W0215000231	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-220VAC UR	220V 50/60Hz	5.3VA	3.5VA



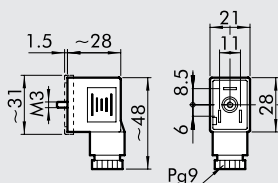
COILS SIDE 30 mm



- Electric contact DIN43650 shape A – ISO 4400
- Voltage tolerance: -10% + 10%
- Insulation class: F155
- Degree of protection: IP65 EN60529 with connector
- Avoid prolonged exposure to the atmospheric agents
- According to Atex 94/9 CE rule, group 2, category 3 GD

Code	Abbrev.	Nominal voltage	Absorption	
			Inrush	Holding
W0210010100	Bobina 30 Ø 8 4W-24VDC	24Vcc	5W	4W
W0210011100	Bobina 30 Ø 8 4VA-24VAC	24V 50/60Hz	10VA	4VA
W0210012100	Bobina 30 Ø 8 4VA-110VAC	110V 50/60Hz	10VA	4VA
W0210013100	Bobina 30 Ø 8 4VA-220VAC	220V 50/60Hz	10VA	4VA

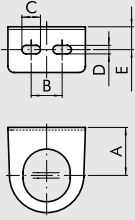
CONNECTOR FOR COILS SIDE 22 mm



Code	Type	Colour	Ø Cable
W0970510011	Standard	Black	PG9
W0970510012	LED 24V	Transparent	PG9
W0970510013	LED 110V	Transparent	PG9
W0970510014	LED 220V	Transparent	PG9
W0970510015	LED + VDR 24V	Transparent	PG9
W0970510016	LED + VDR 110V	Transparent	PG9
W0970510017	LED + VDR 220V	Transparent	PG9
W0970510070	Atex II 3 GD	Black	PG9

SYNTESI[®] ACCESSORIES

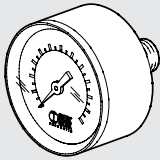
MOUNTING BRACKET FOR REG. AND FR



Code	Description
9200701	SF100- BIT-ND 1/4 - SY1
9400701	SF200-ND-3/8 1/2 - SY2

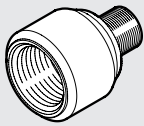
Code	A	B	C	D	E
9200701	32	20	12	5.5	14.2
9400701	42	40	12	5.5	15

PRESSURE GAUGES



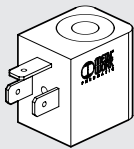
Code	Description
9700101	M 40 1/8 12
9700102	M 40 1/8 04
9800101	M 50 1/8 12
9800102	M 50 1/8 04
9900101	M 63 1/4 04

ADAPTERS FOR PRESSURE GAUGES (SY2)



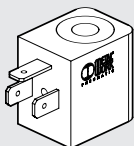
Code	Description
9210005	1/4 adapter for 1/8 pressure gauge

COIL 22 mm FOR APR AND V3V ELPN



Code	Description
W0215000151	Coil 22 Ø 8 BA 2W-12VDC
W0215000101	Coil 22 Ø 8 BA 2W-24VDC
W0215000111	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-24VAC
W0215000121	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-110VAC
W0215000131	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-220VAC

"UL" AND "CSA" COILS 22 mm

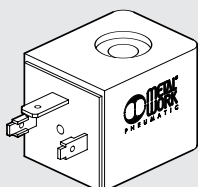


Code	Description
W0215000251	Coil 22 Ø 8 BA 2W-12VDC UR
W0215000201	Coil 22 Ø 8 BA 2W-24VDC UR
W0215000211	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-24VAC UR
W0215000221	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-110VAC UR
W0215000231	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-220VAC UR

For the standards description look at page 6-29

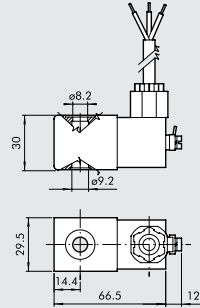


COIL 30 mm FOR APR AND V3V ELPN



Code	Description
W0210010100	Coil 30 Ø 8 4W-24VDC
W0210011100	Coil 30 Ø 8 4VA-24VAC 50/60 HZ
W0210012100	Coil 30 Ø 8 4VA-110VAC 50/60 HZ
W0210013100	Coil 30 Ø 8 4VA-220VAC 50/60 HZ

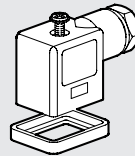
KIT FOR COIL EEXM



Code	Description
0227606913	Kit for coil 30 24 VDC EEXMT5 cable 3m
0227606915	Kit for coil 30 24 VDC EEXMT5 cable 5m
0227608013	Kit for coil 30 24 VAC EEXMT5 cable 3m
0227608015	Kit for coil 30 24 VAC EEXMT5 cable 5m
0227608023	Kit for coil 30 110 VAC EEXMT5 cable 3m
0227608025	Kit for coil 30 110 VAC EEXMT5 cable 5m
0227608033	Kit for coil 30 230 VAC EEXMT5 cable 3m
0227608035	Kit for coil 30 230 VAC EEXMT5 cable 5m

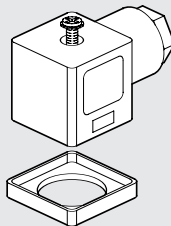
According to Atex 94/9 CE rule,
 Ⓢ II 2G Ex mb IIC T4/T5 Gb
 Ⓢ II 2D Ex tb IIIC T130/T95 °C IP66 Db

ELECTRIC CONNECTOR 22 mm FOR APR AND V3V ELPN



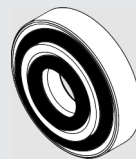
Code	Description
W0970510011	Connector standard
W0970510012	Connector 22 LED 24V
W0970510013	Connector 22 LED 110V
W0970510014	Connector 22 LED 220V
W0970510015	Connector 22 LED VDR 24V
W0970510016	Connector 22 LED VDR 110V
W0970510017	Connector 22 LED VDR 220V
W0970510070	Connector 22 II 3 GD ATEX

ELECTRIC CONNECTOR 30 mm FOR APR AND V3V ELPN



Code	Description
W0970520033	Connector 30 STD
W0970520034	Connector 30 LED 24V
W0970520035	Connector 30 LED 110V
W0970520036	Connector 30 LED 220V
W0970520037	Connector 30 LED VDR 24V
W0970520038	Connector 30 LED VDR 110V
W0970520039	Connector 30 LED VDR 220V

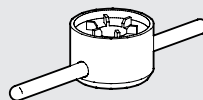
KIT COIL SIDE 22 IP65



Code	Description
0222100100	Kit for coils 22 - IP65

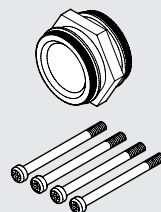
Improved IP65 protection, even after prolonged exposure to atmospheric agents.

BOWL DISASSEMBLY SPANNER



Code	Description
9170601	CS TF - TL BIT/SY1
9210050	CS TF - TL SY2

CONNECTING NIPPLE KIT



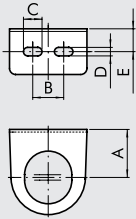
Code	Description
9210000	Connecting nipple kit SY1
9210010	Connecting nipple kit SY2

Max torque 0.4 Nm for SY1
 Max torque 2.5 Nm for SY2

Skillair® ACCESSORIES



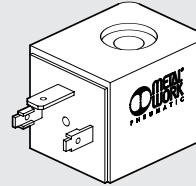
MOUNTING BRACKET FOR REG.



Code	Description
9200701	SF100- BIT-ND1/4
9400701	SF200-ND-3/8 1/2
9400702	SF300

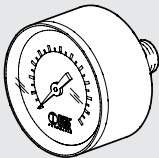
CodE	A	B	C	D	E
9200701	32	20	12	5.5	14.2
9400701	42	40	12	5.5	15
9400702	48	49	12	5.5	17

COIL 30 mm FOR APR AND V3V ELPN



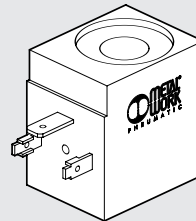
Code	Description
W0210010100	Coil 30 Ø 8 4W-24VDC
W0210011100	Coil 30 Ø 8 4VA-24VAC 50/60 HZ
W0210012100	Coil 30 Ø 8 4VA-110VAC 50/60 HZ
W0210013100	Coil 30 Ø 8 4VA-220VAC 50/60 HZ

PRESSURE GAUGES



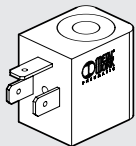
Code	Description
9700101	M 40 1/8 12
9700102	M 40 1/8 04
9800101	M 50 1/8 12
9800102	M 50 1/8 04
9900101	M 63 1/4 12

COIL FOR CDV CDML LUBRICATOR



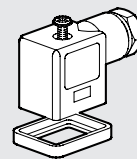
Code	Description
W0216001001	Coil 24 V CC
W0216001011	Coil 24V 50/60HZ
W0216001021	Coil 110V 50/60HZ
W0216001031	Coil 220V 50/60HZ

COIL 22 mm FOR APR AND V3V ELPN



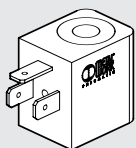
Code	Description
W0215000151	Coil 22 Ø 8 BA 2W-12VDC
W0215000101	Coil 22 Ø 8 BA 2W-24VDC
W0215000111	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-24VAC
W0215000121	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-110VAC
W0215000131	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-220VAC

ELECTRIC CONNECTOR 22 mm FOR APR AND V3V ELPN



Code	Description
W0970510011	Connector standard
W0970510012	Connector 22 LED 24V
W0970510013	Connector 22 LED 110V
W0970510014	Connector 22 LED 220V
W0970510015	Connector 22 LED VDR 24V
W0970510016	Connector 22 LED VDR 110V
W0970510017	Connector 22 LED VDR 220V
W0970510070	Connector 22 ATEX II 3 GD

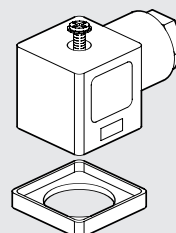
COIL 22 mm FOR APR AND V3V ELPN



Code	Description
W0215000251	Coil 22 Ø 8 BA 2W-12VDC UR
W0215000201	Coil 22 Ø 8 BA 2W-24VDC UR
W0215000211	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-24VAC UR
W0215000221	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-110VAC UR
W0215000231	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-220VAC UR

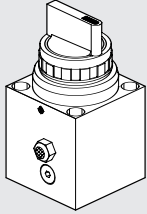
For the standards description look at page 6-29

ELECTRIC CONNECTOR 30 mm FOR APR AND V3V ELPN



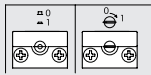
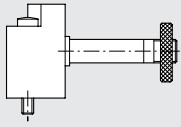
Code	Description
W0970520033	Connector 30 STD
W0970520034	Connector 30 LED 24V
W0970520035	Connector 30 LED 110V
W0970520036	Connector 30 LED 220V
W0970520037	Connector 30 LED VDR 24V
W0970520038	Connector 30 LED VDR 110V
W0970520039	Connector 30 LED VDR 220V

MANUAL CONTROL FOR V3V 3/4"-1"



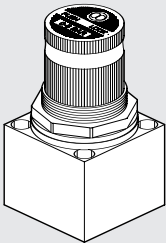
Code	Description	Weight [g]
9640401	Manual control kit for V3V	340

CNOMO CONTROL FOR V3V 3/4"-1"



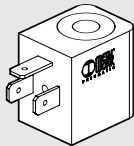
Code	Description
9453920	Elpn cnomo control kit, manual monostable
9453922	Elpn cnomo control kit, manual bistable

PILOT REGULATOR FOR ND 3/4"-1"



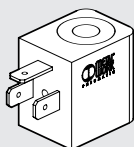
Code	Description	Weight [g]
9640501	02 pilot regulator kit	220
9640502	04 pilot regulator kit	220
9640503	08 pilot regulator kit	220
9640504	012 pilot regulator kit	220

COIL 22 mm FOR V3V ELPN



Code	Description
W0215000151	Coil 22 Ø 8 BA 2W-12VDC
W0215000101	Coil 22 Ø 8 BA 2W-24VDC
W0215000111	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-24VAC
W0215000121	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-110VAC
W0215000131	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-220VAC

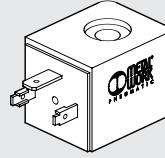
COIL 22 mm FOR V3V ELPN



Code	Description
W0215000251	Coil 22 Ø 8 BA 2W-12VDC UR
W0215000201	Coil 22 Ø 8 BA 2W-24VDC UR
W0215000211	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-24VAC UR
W0215000221	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-110VAC UR
W0215000231	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-220VAC UR

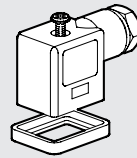
For the standards description look at page 6-29

COIL 30 mm FOR V3V ELPN



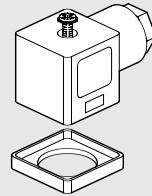
Code	Description
W0210010100	Coil 30 Ø 8 4W 24VDC
W0210011100	Coil 30 Ø 8 4VA 24VAC 50/60HZ
W0210012100	Coil 30 Ø 8 4VA 110VAC 50/60HZ
W0210013100	Coil 30 Ø 8 4VA 220VAC 50/60HZ

ELECTRIC CONNECTOR 22 mm FOR V3V ELPN



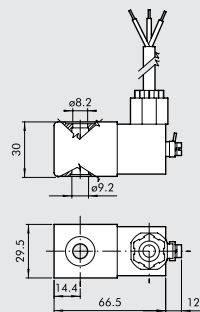
Code	Description
W0970510011	Connector standard
W0970510012	Connector 22 LED 24V
W0970510013	Connector 22 LED 110V
W0970510014	Connector 22 LED 220V
W0970510015	Connector 22 LED VDR 24V
W0970510016	Connector 22 LED VDR 110V
W0970510017	Connector 22 LED VDR 220V
W0970510070	Connector 22 ATEX II 3 GD

ELECTRIC CONNECTOR 30 mm FOR V3V ELPN



Code	Description
W0970520033	Connector standard
W0970520034	Connector 30 LED 24V
W0970520035	Connector 30 LED 110V
W0970520036	Connector 30 LED 220V
W0970520037	Connector 30 VDR 24V
W0970520038	Connector 30 VDR 110V
W0970520039	Connector 30 VDR 220V

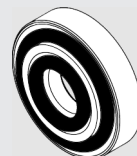
KIT COIL EEXM



Code	Description
0227606913	Kit for coil 30 24 VDC EEXMT5 cable 3m
0227606915	Kit for coil 30 24 VDC EEXMT5 cable 5m
0227608013	Kit for coil 30 24 VAC EEXMT5 cable 3m
0227608015	Kit for coil 30 24 VAC EEXMT5 cable 5m
0227608023	Kit for coil 30 110 VAC EEXMT5 cable 3m
0227608025	Kit for coil 30 110 VAC EEXMT5 cable 5m
0227608033	Kit for coil 30 230 VAC EEXMT5 cable 3m
0227608035	Kit for coil 30 230 VAC EEXMT5 cable 5m

According to Atex 94/9 CE rule,
 ⓧ II 2G Ex mb IIC T4/T5 Gb
 ⓧ II 2D Ex tb IIIC T130/T95 °C IP66 Db

KIT FOR COIL SIDE 22 IP65



Code	Description
0222100100	Kit for coil 22 - IP65

Improved IP65 protection, even after prolonged exposure to atmospheric agents.
 Applicable to valves with a technopolymer control.



UL is an independent organisation involved in the safety certification of products for the North American market. The coils are certified to UL standard 429 - electrically-operated valves.

The UR mark concerns UL-recognised components and is used for the components that are part of a larger product or system. This is why UR can be read on the coil.

The certification of these components is only valid if they are used under the manufacturer's stated conditions (e.g. in our case, voltage +10%).

Companies manufacturing certified components are included in the UL-list of certified manufacturers.

The list does not include the name Metal Work but rather the name AMISCO (UL file E343908), with which we have an agreement for the supply and customisation of coils.

The use of approved coils does not automatically certify its application on a specific machine or plant. Such approval will therefore be up to the manufacturer of the machine or plant.

CSA (Canadian Standard Association) safety standards are applicable in Canada. The coil complies with CSA 22.2.

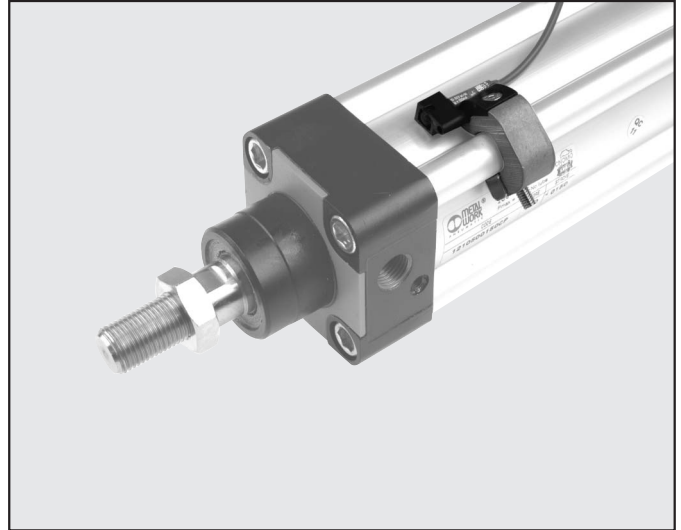
Anexo G: Sensores

RETRACTABLE SENSORS ON ISO 15552 (EX ISO 6431) CYLINDERS

Retractable sensors can also be mounted on ISO 15552 cylinders for all diameters, from $\varnothing 32$ to $\varnothing 200$. The same brackets as for conventional DSM sensors can be used, interposing an adapter.

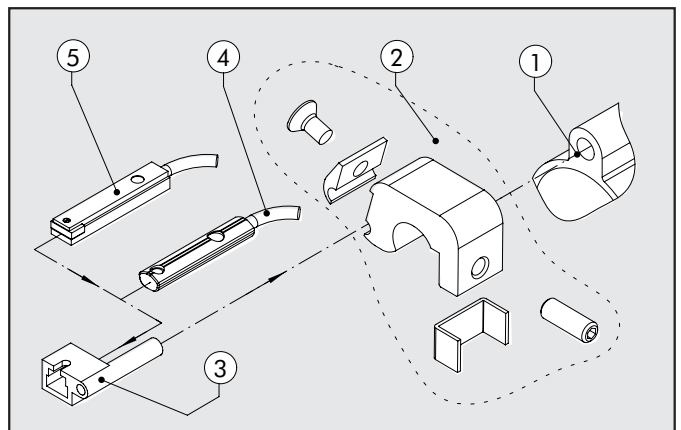
The following can be used:

- DSL retractable sensors
- retractable sensors with insertion from above ; the only exception is diameter 32 cylinders, which cannot be used as the magnetic field reading may be inaccurate.

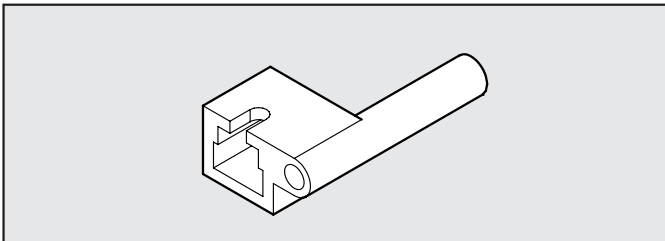


ASSEMBLY DIAGRAM

- ① ISO 15552 cylinder with traditional barrel
- ② Sensor bracket mod. DST ($\varnothing 32 \div 125$) and ST ($\varnothing 160$ e 200)
- ③ Adaptor
- ④ Retractable sensor with insertion from above
- ⑤ Retractable sensor

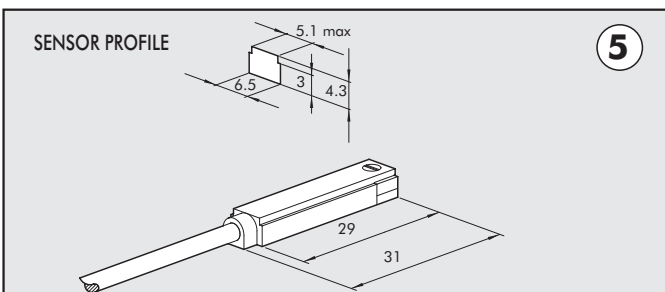


ADAPTOR



Code	Description
W0950001001	Adaptor DSS005 for DST/ST brackets

RETRACTING SENSOR (FOR $\varnothing 32 \div 200$)



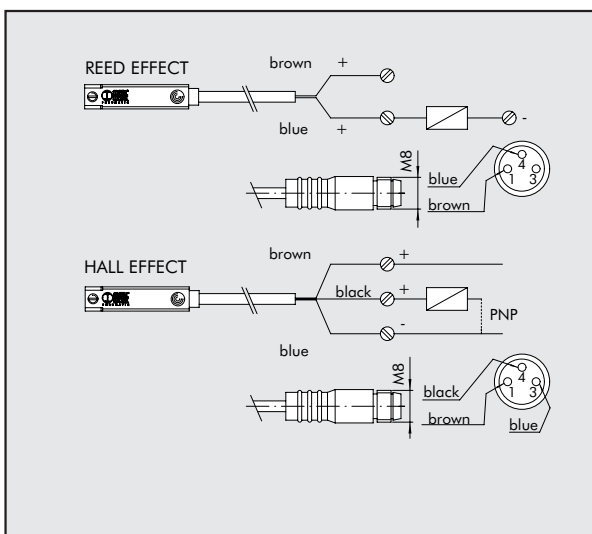
Code	Description
W0950025390	Hall sensor DSL, 3 wires, NO 2.5 m
W0950029394	Hall sensor DSL, 3 wires, NO 300 mm M8
W0950022180	REED sensor DSL, 2 wires, NO 2.5 m
W0950028184	REED sensor DSL, 2 wires, NO 300 mm M8

Note: Individually packed



WIRING DIAGRAM

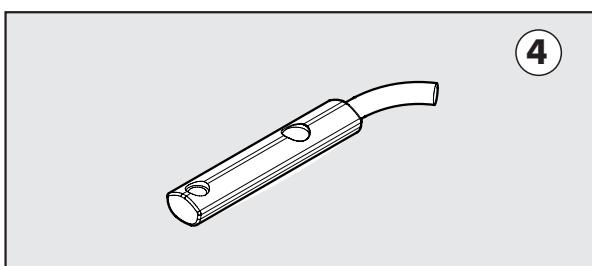
TECHNICAL DATA



	Reed	Hall effect
Type of contact	N.O.	N.O.
Switch	-	PNP
DC voltage range	3÷30	6÷30
AC voltage range	3÷30	-
Absorption	0.1	0.2
DC power	6	4
AC power	6	-
Temperature range	-20 ÷ +85	
Activation time	0.5µs	0.8µs
Risk time	0.1µs	0.3µs
Life	10 million	10 ³ million
Contact resistance	0.1	-
Degree of protection	IP 65	
Voltage drop	3	1
Number of wires	2	3

RETRACTABLE SENSOR WITH INSERTION FROM ABOVE (FOR Ø40÷200)

Code Description



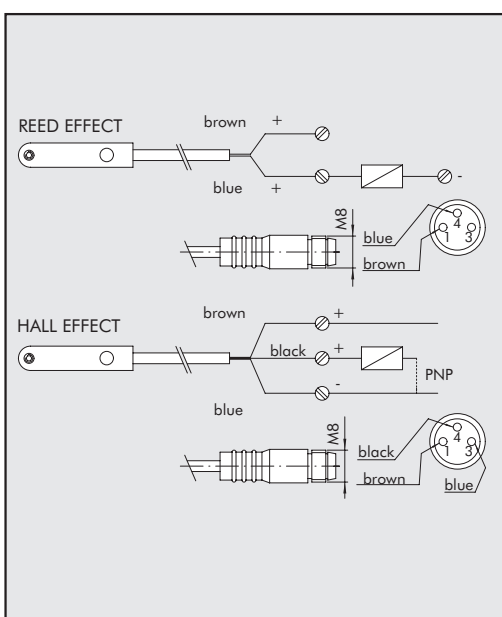
W0952025390	HALL N.O. SENSOR, VERTICAL INSERTION 2.5m
W0952029394	HALL N.O. SENSOR, VERTICAL INSERTION 300 mm M8
W0952022180	REED N.O. SENSOR, VERTICAL INSERTION 2.5m
W0952028184	REED N.O. SENSOR, VERTICAL INSERTION 300 mm M8
W0952125556	HALL N.O. SENSOR VETICAL INSERTION 2m ATEX

Note: Individually packed
N.B.: NOT USE FOR CYLINDER Ø32

WIRING DIAGRAM

TECHNICAL DATA

ATEX



	Reed	Effetto Hall	Effetto Hall
Type of contact	N.O.	N.O.	N.O.
Switch	-	PNP	PNP
Supply voltage (U _b)	10 ÷ 30 AC/DC	10 ÷ 30 DC	18 ÷ 30 DC
Power	3 (peak valve=6)	3	≤ 1.7
Voltage variation	-	≤ 10% di U _b	≤ 10% di U _b
Voltage drop	-	≤ 2	≤ 2.2
Input current	-	≤ 10	≤ 10
Output current	≤ 100	≤ 100	≤ 70
Switching frequency	≤ 400	≤ 5	1000
Short-circuit protection	-	Yes	Yes
Over-voltage suppression	-	Yes	Yes
Polarity inversion protection	-	Yes	Yes
EMC	EN 60 947-5-2	EN 60 947-5-2	EN 60 947-5-2
LED display	Yellow	Yellow	Yellow
Magnetic sensitivity	2,8 mT ±25%	2,8 mT ±25%	2.6
Repeatability	≤ 0,1 mT	≤ 0,1 mT	≤ 0,1 (U _b and ta fixed)
Degree of protection (EN 60529)	IP 67	IP 67	IP 68, IP 69K
Vibration and shock resistance	30 g, 11 ms, 10÷55 Hz, 1mm	30 g, 11 ms, 10÷55 Hz, 1mm	30 g, 11 ms, 10÷55 Hz, 1mm
Temperature range	-25 ÷ +75	-25 ÷ +75	-20 ÷ +45
Sensor capsule material	PA66 + PA6I/6T	PA66 + PA6I/6T	PA
2.5m/2m connecting cable	PVC; 2 x 0,12 mm ²	PVC; 3 x 0,14 mm ²	PVC; 3 x 0,12 mm ²
Connecting cable with M8x1	Polyurethane; 2 x 0,14 mm ²	Polyurethane; 3 x 0,14 mm ²	-
Wire NO.	2	3	3

METAL WORK S.p.A

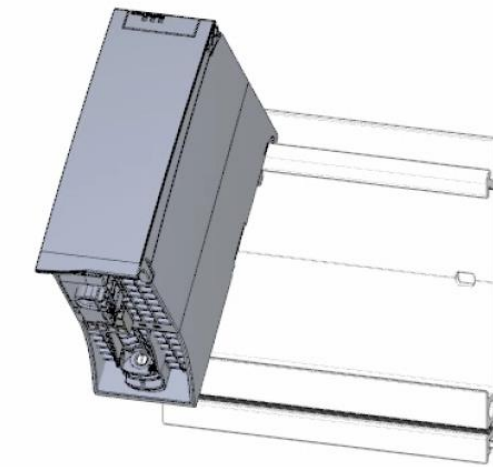
Head office: Via Segni, 5-7-9 25062 - Concesio (Brescia) Italy - Tel. 030 21 87 11 - Fax 030 21 80 569
 www.metalwork.it - metalwork@metalwork.it

The dimensions shown in this catalogue are subject to variations at any time without prior notice

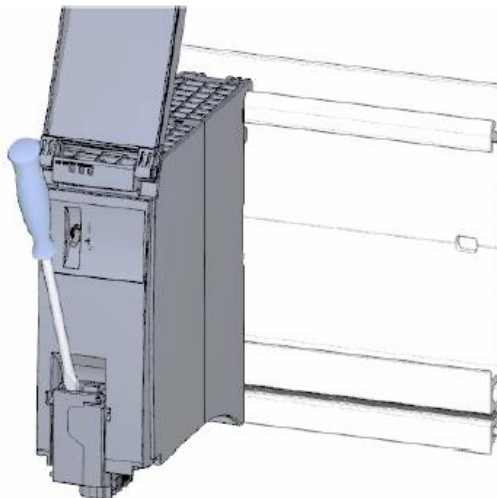
Anexo H: Instalação do PLC S7-1500

Procedimento de montagem do controlador

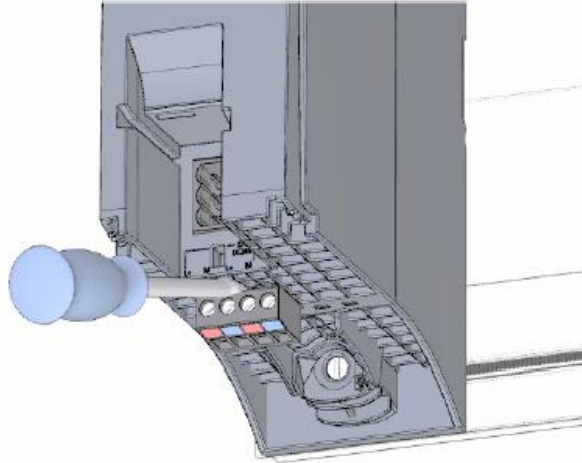
1. Montagem da fonte de alimentação *PM 190W 120/230 VAC* (6EP1333-4BA00), mais à esquerda, na grelha de montagem (6ES7590-1AE80-0AA0) [51 , 31, 32].



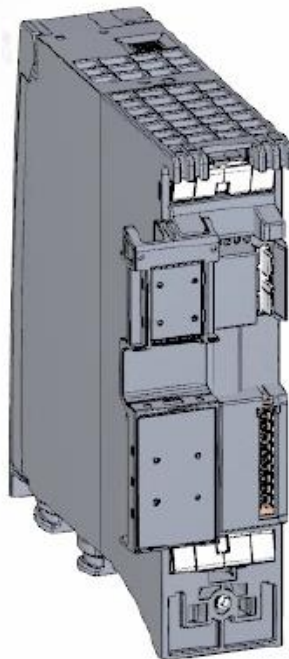
2. Abertura da cobertura frontal e recolha da tomada principal de ligação da alimentação elétrica [50].



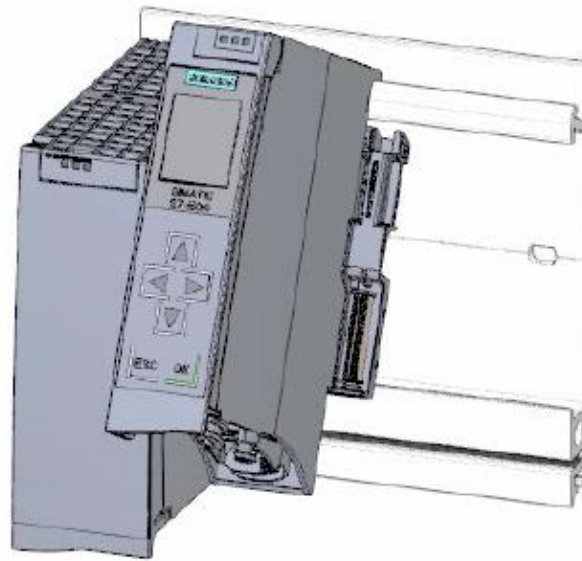
3. Remoção da tomada de ligação de 4 polos e aperto da fonte de alimentação à grelha de forma segura [50].



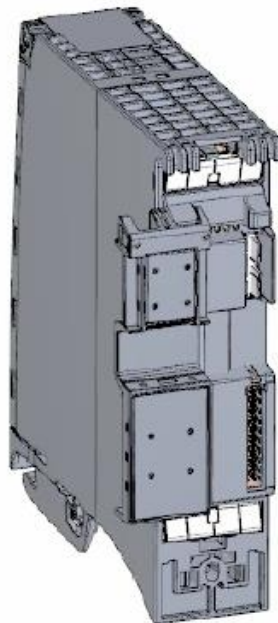
4. Inserção do conector em “U” na retaguarda da unidade de processamento central 1516-3 PN/DP (6ES7516-3AN00-0AB0) [51 , 27].



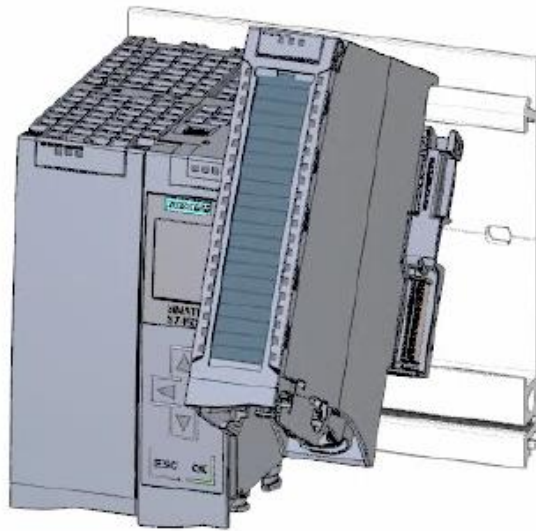
5. Montagem da unidade de processamento central na grelha de montagem e aperto da primeira com segurança [50].



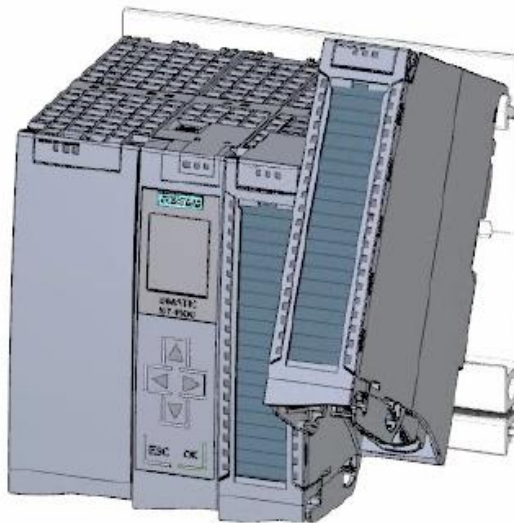
6. Instalação do conector “U” na retaguarda do módulo de entradas digital, *DI 32x24VDC HF* (6ES7521-1BL00-0AB0) [51 , 29].



7. Montagem do módulo de entradas digital na grelha de montagem e aperto da primeira com segurança [50].



8. Montagem do módulo de saídas digital, *DQ 32x24VDC/0.5A HF* (6ES7522-1BL01-0AB0), na grelha de montagem e aperto da primeira com segurança [51, 30].



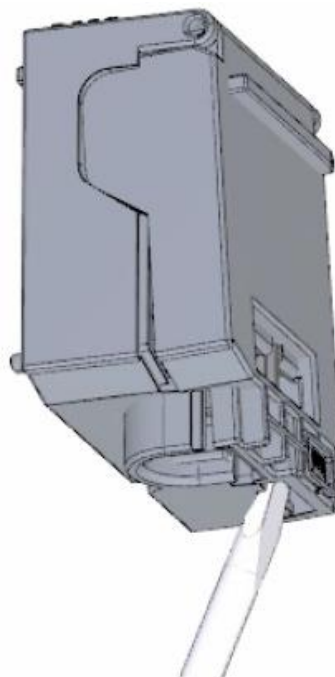
Procedimento de instalação de fios e cabos elétricos

O funcionamento com o controlador lógico S7-1500 e da sua unidade de processamento central 1516-3 PN/DP em centrais ou sistemas é definido por um conjunto especial de regras e regulamentos, que são baseados no seu campo de aplicação relevante.

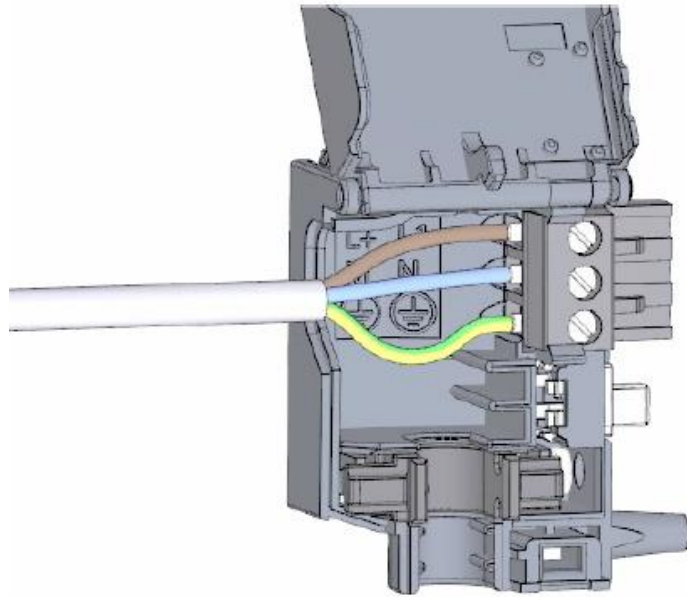
Na escolha do tipo de ligações deste sistema de controlo será necessário ter em conta, principalmente ao nível da unidade de processamento central, um conjunto de regras na instalação elétrica do mesmo.

Instalação elétrica da alimentação da fonte de alimentação

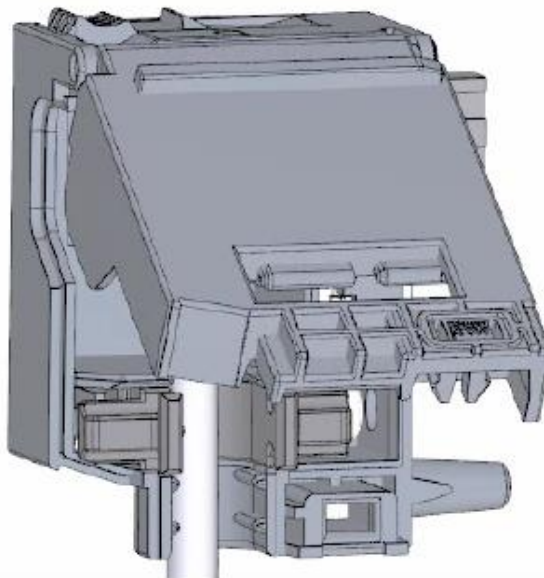
1. Levantar a tampa do conector da fonte de alimentação através da utilização de uma ferramenta adequada.



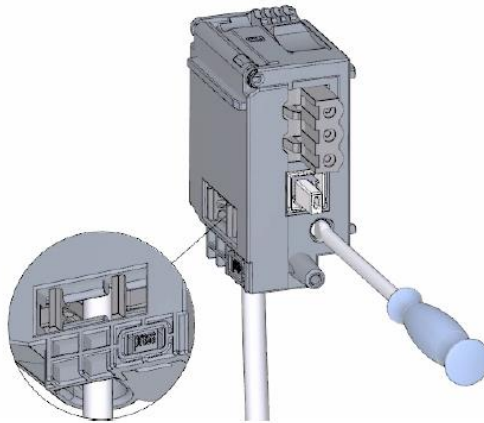
2. Ligação do cabo de alimentação principal de acordo com o diagrama de ligações.



3. Fecho da tampa do conector.

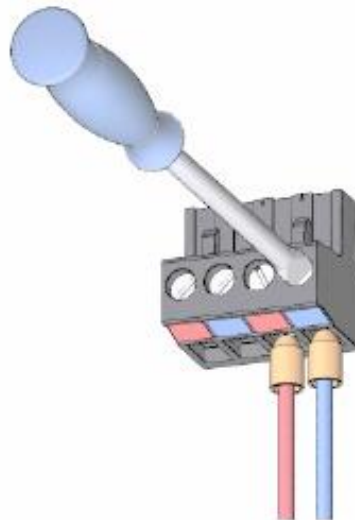


4. Aperto do parafuso na zona frontal da ligação principal à fonte de alimentação.

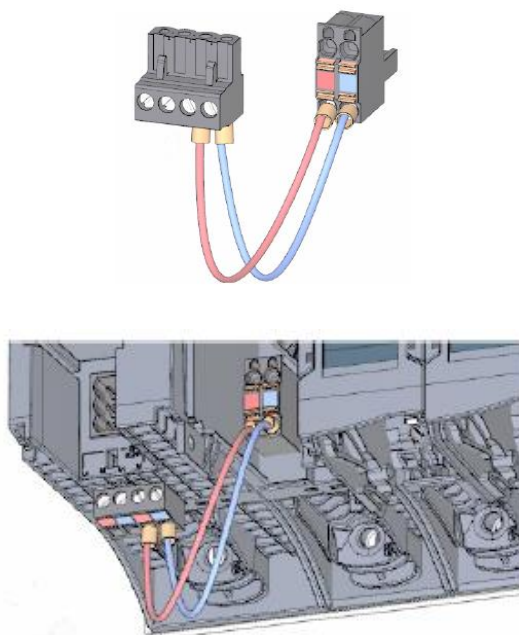


Instalação elétrica da fonte de alimentação ao CPU e Módulos de entradas e saídas

1. Montagem da ligação do conector de 4 pinos da fonte de alimentação em causa.

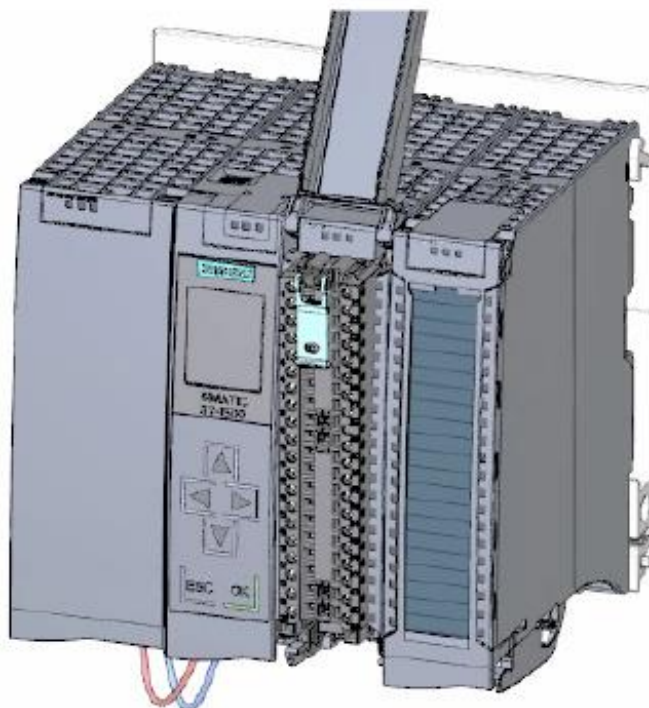


2. Montagem da ligação entre o conector de 4 pinos da fonte de alimentação à unidade de processamento central.

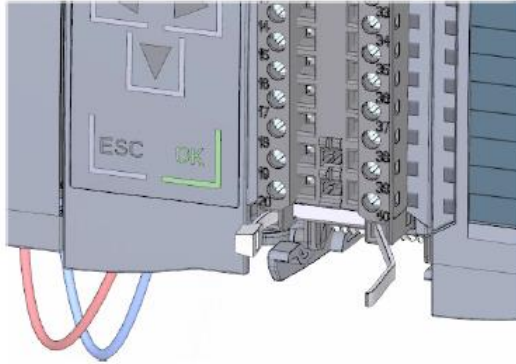


Instalação eléctrica da alimentação dos módulos de entrada e saída

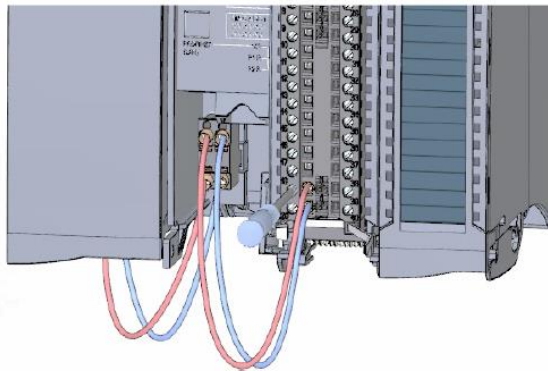
1. Introdução do conector frontal do módulo de entradas digital na posição de preparação da instalação eléctrica.



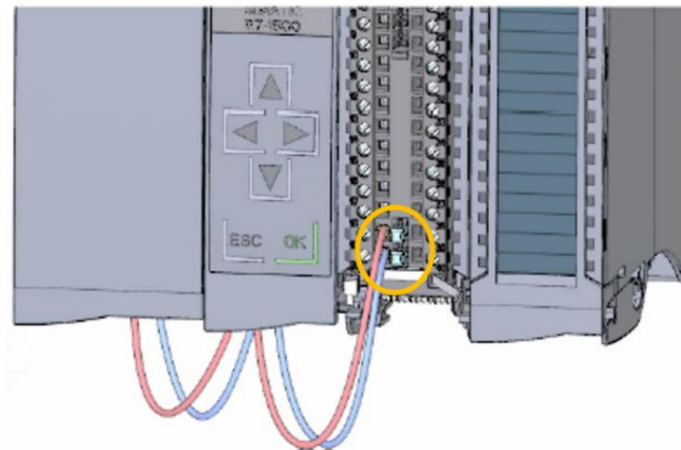
2. Introdução de uma abraçadeira de suporte dos fios (opcional).



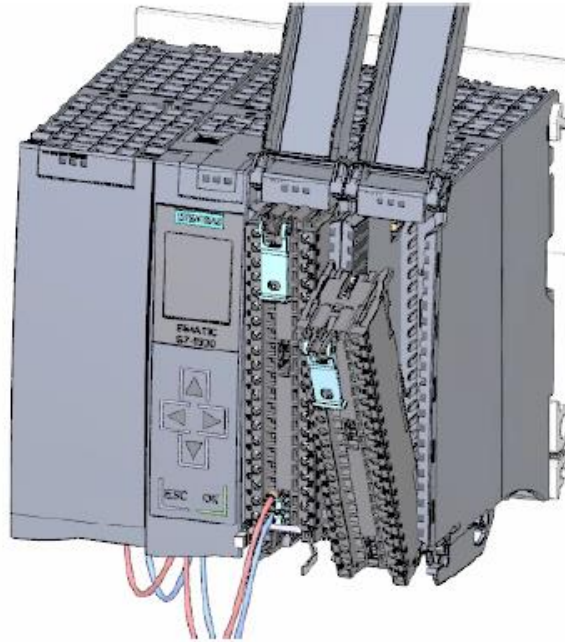
3. Ligação da tensão de alimentação 24 V DC aos terminais 20 (M) e 19 (L+) indicados na parte interior da tampa frontal do módulo de entradas digital.



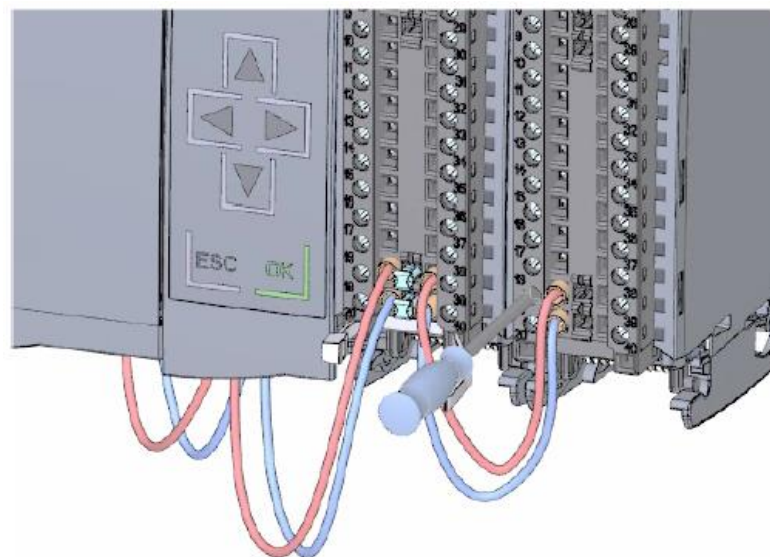
4. Introdução das pontes de circuito potencial entre os últimos dois terminais.



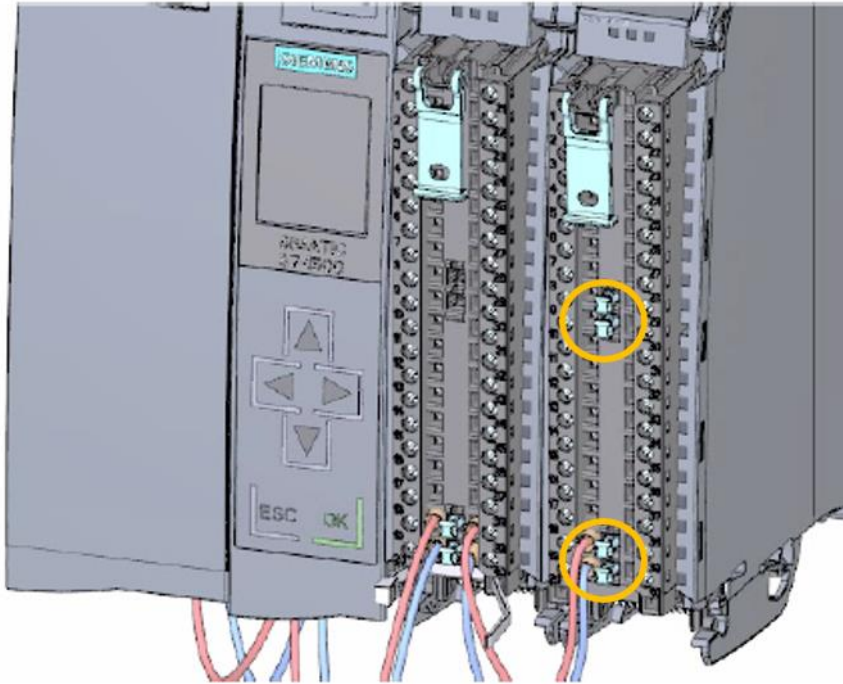
5. Introdução do conector frontal do módulo de saídas digital na posição de preparação da instalação elétrica.



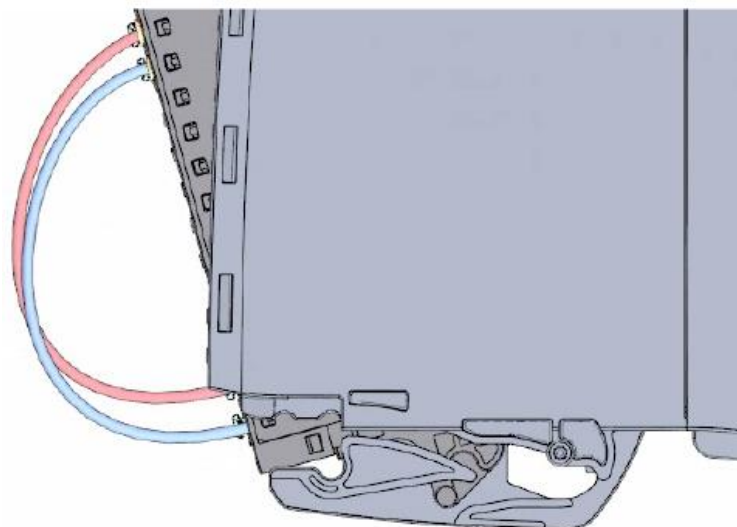
6. Ligação dos terminais 40 (M) e 39 (L+), indicados na parte interior da tampa frontal do módulo, do módulo de entradas digital aos terminais 20 (M) e 19 (L+) do módulo de saídas digital permitindo o fornecimento de energia ao último.



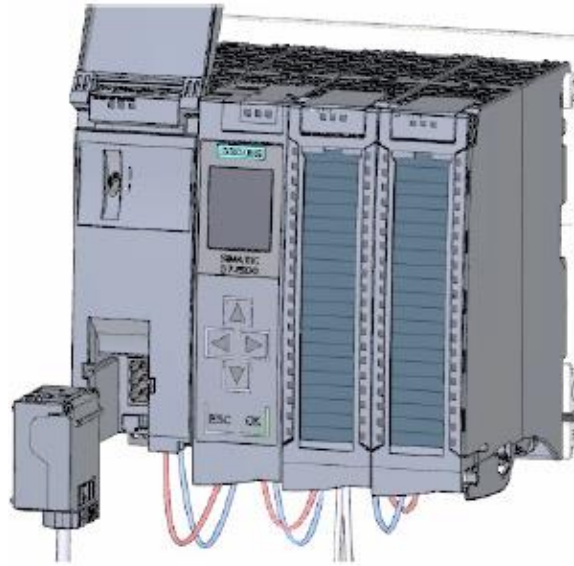
7. Ligação das quatro pontes de circuito potencial nas respetivas posições do módulo de saídas digital.



8. Alteração do conector frontal da posição de pré-instalação elétrica para a sua posição final, criando uma ligação elétrica com o módulo total.



9. Instalação da ligação de alimentação elétrica da fonte de alimentação



De notar, que no procedimento de instalação elétrica e do controlador lógico programável, demonstrado até ao momento, apenas foram tidos em conta os módulos de entradas e saídas digitais, no entanto, na montagem do sistema real foram acrescentados ao controlador lógico programável mais dois módulos, de entradas e saídas analógicas, que apesar de não terem qualquer relevância para o projeto em causa farão parte deste mesmo controlador.