



Inserção de autómato para otimização da linha de produção de antenas da Continental Advanced Antenna

Por

Beatriz Silva Pinto

Orientadora: Paula Cristina Ribeiro Coutinho de Oliveira

Colaborador: Paulo Albano Carvalheira Nogueira

Dissertação submetida à

UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO

para obtenção do grau de

MESTRE

em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, de acordo com o disposto no
Regulamento Geral dos Ciclos de Estudos Conducentes ao Grau de Mestre na UTAD

DR, 2.^a série - N^o133 - Regulamento n.^o 658/2016 de 13 de julho de 2016

Inserção de autómato para otimização da linha de produção de antenas da Continental Advanced Antenna

Por

Beatriz Silva Pinto

Orientadora: Paula Cristina Ribeiro Coutinho de Oliveira

Colaborador: Paulo Albano Carvalheira Nogueira

Dissertação submetida à

UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO

para obtenção do grau de

MESTRE

em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, de acordo com o disposto no
Regulamento Geral dos Ciclos de Estudos Conducentes ao Grau de Mestre na UTAD

DR, 2.^a série - N^o133 - Regulamento n.^o 658/2016 de 13 de julho de 2016

Orientação Científica :

Paula Cristina Ribeiro Coutinho de Oliveira

Professora Auxiliar do
Departamento de Engenharias
Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Paulo Albano Carvalheira Nogueira

Engenheiro Eletrotécnico e
Diretor do Departamento de Manufatura
Continental Advanced Antenna Portugal

“Let the future tell the truth, and evaluate each one according to his work and accomplishments. The present is theirs; the future, for which I have really worked, is mine” | “Deixem que o futuro diga a verdade e avalie cada um de acordo com o seu trabalho e realizações. O presente pertence a eles, mas o futuro pelo qual eu sempre trabalhei pertence a mim.”

Nikola Tesla (10 de julho de 1856 – 7 de janeiro de 1943)

UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Os membros do Júri recomendam à Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro a aceitação da dissertação intitulada “**Inserção de autómato para otimização da linha de produção de antenas da Continental Advanced Antenna**” realizada por **Beatriz Silva Pinto** para satisfação parcial dos requisitos do grau de **Mestre**.

janeiro 2022

Presidente: **Pedro Alexandre Mogadouro do Couto,**
Professor Auxiliar da Escola de Ciências da Universidade de
Trás-os-Montes e Alto Douro

Vogais do Júri: **Eduardo José Solteiro Pires,**
Professor Associado com Agregação da Escola de Ciências e
Tecnologia da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Paula Cristina Ribeiro Coutinho de Oliveira,
Professora Auxiliar do Departamento de Engenharias da Escola de
Ciências e Tecnologia da Universidade de Trás-os-Montes e Alto
Douro

Inserção de autómato para otimização da linha de produção de antenas da Continental Advanced Antenna

Beatriz Silva Pinto

Submetido na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
para o preenchimento dos requisitos parciais para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Resumo — Nas últimas décadas, a população mundial evoluiu e cresceu de forma exponencial, influenciando a indústria estar cada vez mais presente e ocupar um lugar importante na qualidade do nosso quotidiano. Assim, para que todas as necessidades bem como exigências mais específicas sejam satisfeitas, é necessário uma constante otimização e inovação dos equipamentos e produtos.

Este projeto visa melhorar o funcionamento de um dispositivo de aparafusamento bem como as comunicações que mantém com um controlador de aparafusamento e um dispositivo de controlo de posição. Com a utilização dos softwares AutoCAD, para a projeção de um sistema elétrico, e LOGO! Soft Comfort, para programação de um Controlador Lógico Programável (CLP), foi possível tornar este dispositivo mais autónomo a nível de *hardware*.

Os benefícios finais deste trabalho são melhorar a identificação de problemas e a sua resolução, evitando paragens na produção, no caso do surgimento de falhas no sistema informático, e otimizar a execução das funções de aparafusamento através da execução de diferentes programas no mesmo ciclo de aparafusamento.

Palavras Chave: Automação; Indústria; CLP; Ladder.

Inclusion of automaton to optimize the antenna production line at Continental Advanced Antenna

Beatriz Silva Pinto

Submitted to the University of Trás-os-Montes and Alto Douro
in partial fulfillment of the requirements for the degree of
Master of Science in Electrical Engineering and Computers

Abstract — In recent decades, the world population has evolved and grown exponentially, influencing the industry to be increasingly present, occupying an important place in the quality of our daily lives. Thus, in order that all needs as well as the most specific requirements are met, constant optimization and innovation of equipment and products is necessary.

This project aims to improve the operation of a screwing device as well as the communications it maintains with a screwing controller and a position control device. Using AutoCAD software, for the design of an electrical system, and LOGO! Soft Comfort, for programming a Programmable Logic Controller (PLC), it was possible to make this device more autonomous in terms of hardware.

The final benefits of this work are to improve problems identification and their resolution, avoiding production stoppages in the event of IT system failures and optimizing the performance of bolting functions by running different programs in the same bolting cycle.

Key Words: Automation; Industry; PLC; Ladder.

Agradecimentos

Ao crescer, ouvi muitas vezes "os anos universitários são os melhores anos da tua vida".

Estes 5 anos foram acompanhados por pessoas fantásticas que deixaram a sua marca na minha história, a quem quero agradecer.

Quero agradecer aos meus pais e à minha irmã, que me apoiaram em todas as situações, que me ajudaram a superar todas as expectativas e me deram todo o amor e todas lições que levo para sempre.

Um obrigado com muito amor a toda a minha família, em especial aos meus avós.

Ao Nuno Carneiro, que me fez sentir em casa em qualquer parte do mundo, por simplesmente estar a meu lado. Por caminhar comigo e me mostrar todo um outro lado da vida, sempre com momentos de luta superados e de felicidades inesquecíveis.

À minha orientadora, Paula Oliveira, que aceitou fazer parte e me acompanhar nesta jornada final do meu percurso académico.

À Continental Advanced Antenna que me acolheu para um estágio curricular que serviu como base para realização desta dissertação. Um obrigado especial aos engenheiros que me ajudaram a concretizar este projeto.

A todos os meus amigos e colegas, um enorme obrigada, sem estas pessoas incomparáveis não teria estas memórias inesquecíveis. Em especial à Maria Gomes, à Lúcia

Moreira, ao Ricardo Carvalho, à equipa de ERASMUS, à Tatiana Madureira, ao Carlos Francisco, ao André Barros e ao Gonçalo Monzón, que partilharam alguns dos melhores momentos da minha vida académica.

Por fim, o agradecimento mais sincero e com mais saudade destes 5 anos, a Vila Real e à UTAD, por me tornarem no que sou hoje.

UTAD,

Beatriz Silva Pinto

Vila Real, 25 de novembro de 2021.

Índice geral

Resumo	xi
<i>Abstract</i>	xiii
Agradecimentos	xv
Índice de tabelas	xix
Índice de figuras	xix
Glossário, acrónimos e abreviaturas	xxv
1 Introdução	1
1.1 Motivação e objetivos	2
1.2 Organização da dissertação	4
2 Automação Industrial	7
2.1 História da Automação	11
2.2 Automação em Portugal	14
2.3 Tipos de Manufatura Automatizada	20
2.4 Tipos de Sistemas de Processos Industriais	21
2.5 Disposição da Instalação de Produção	22
2.6 A Influência da Automação Industrial	25
2.6.1 Qualidade de vida	25
2.6.2 Criação e perdas de posto de trabalho	26

2.7	Educação e Requalificação	29
2.8	Iniciativas relativas à Automação	31
2.8.1	Comissão Europeia	31
2.8.2	Governo Português	32
3	Equipamentos	37
3.1	Controlador de Aparafusamento	37
3.2	LOGO! CE24	42
3.2.1	Expansão LOGO! DM16 24R	48
3.3	DOGA Posi-Control	50
3.4	Dispositivo de Aparafusamento	52
3.4.1	Sensores de proximidade indutivos	64
3.4.2	Cilindro pneumático	66
3.4.3	Válvula solenoide	68
3.4.4	Relé de interface	71
4	Procedimento e Implementação	73
4.1	Diagrama <i>ladder</i>	75
4.2	Mapa Redes	93
4.3	Esquema Elétrico	94
5	Resultados	97
6	Conclusão e trabalho futuro	117
6.1	Trabalho Futuros	118
	Referências bibliográficas	121
A	Apêndices	131
A.0.1	Circuito elétrico	131
A.0.2	Diagrama ladder	133

Índice de figuras

2.1	Esquema de um processo de controlo.	7
2.2	Consumo Energético (%) por setores na União Europeia, em 2019. . .	10
2.3	Emissão de gases com efeito de estufa (%) na UE por setor, em 2018. .	11
2.4	Robô Leonardo	12
2.5	Crescimento do PIB (%) entre (a) 1996 – 2016 e (b) a sua previsão futura (%) (2016 - 2030).	15
2.6	Crescimento do PIB (%) entre (a) 1996 – 2016 e (b) a sua previsão (%) com a ajuda da automação (2016 - 2030).	16
2.7	Consumo Energético (%) por setores em Portugal, em 2019.	17
2.8	Emissões de GEE (%) por setores em Portugal, em 2018.	18
2.9	Evolução das emissões de gases com efeito de estufa por setor e metas de redução estabelecidas no horizonte 2030 (Mt CO ₂ eq).	19
2.10	"Layout" fixa	23
2.11	Layout por processo	24
2.12	Layout celular	24
2.13	Layout por produto	25
2.14	Diminuição dos postos de trabalho nos diferentes setores.	27
2.15	Previsão de Perdas e Ganhos na empregabilidade.	27

2.16	Iniciativas aceleradoras das 3 linhas orientadoras.	34
3.1	Controlador de Aparafusamento CVIC II.	38
3.2	Ecrã Standart do CVIC II.	40
3.3	Esquema de Entradas e Saídas do CVIC II.	41
3.4	Esquema do " <i>hardware</i> " que constitui um CLP.	43
3.5	LOGO! 24CE da Siemens.	46
3.6	Circuito interno do LOGO! 24CE da Siemens.	48
3.7	Circuito interno do LOGO! DM16 24R da Siemens.	49
3.8	Vista frontal da DPC-990.	50
3.9	Entradas do DPC-990.	51
3.10	Dispositivo de aparafusamento - vista frontal (a) e lateral direita (b).	52
3.11	Representação elétrica do switch.	53
3.12	<i>Switch</i> seletor de 2 posições.	53
3.13	Representação elétrica do botão luminoso verde.	54
3.14	Botão luminoso verde.	54
3.15	Representação elétrica do sinalizador vermelho.	54
3.16	Sinalizador vermelho.	55
3.17	Representação elétrica botão de emergência.	55
3.18	Botão de emergência.	56
3.19	Dispositivo de aparafusamento - vista lateral direita (a) e de trás (b).	56
3.20	Conector de mangueiras de ar comprimido.	57
3.21	Fonte de alimentação MDR-60-24.	58
3.22	Conector fêmea para cabo RJ45.	59
3.23	Conector fêmea para cabo RJ45.	59
3.24	Fichas DIN macho (a) e fêmea (b) de 5 pinos.	60
3.25	Pinos do cabo WCI e cores dos fios associados.	60
3.26	Seletor manual.	61
3.27	Seletor manual e DPC na seleção do ciclo de 5 parafusos.	62
3.28	Seletor manual e DPC na seleção do ciclo de 7 parafusos.	62
3.29	Pinos do cabo WCIII e cores dos fios associados.	63
3.30	Pinos do cabo WCIV e cores dos fios associados.	64

3.31	Representação elétrica do sensor de proximidade indutivo cilíndrico PNP.	65
3.32	Legenda dos pinos do cabo WCIV e cores dos fios associados.	65
3.33	Representação elétrica do sensor <i>auto switch</i> D-A93.	66
3.34	Sensor <i>auto switch</i> D-A93.	66
3.35	Cilindro pneumático Generic Sda40X15.	67
3.36	Cilindro pneumático Compact Cylinder ISO Standard - C55.	67
3.37	Representação elétrica de uma válvula 5/2 com acionamento simples e comando manual.	69
3.38	Válvula solenoide SYJ7120-5LOU-01F-Q.	69
3.39	Representação elétrica de uma válvula solenoide 5/2 com acionamento duplo e comando manual.	70
3.40	Válvula solenoide SY3240-5L0Z-Q.	70
3.41	Representação elétrica de uma válvula solenoide.	71
3.42	Representação elétrica de um relé de interface.	72
3.43	Relé de interface.	72
4.1	Fluxograma.	74
4.2	Porta Lógica AND.	76
4.3	Diagrama <i>ladder</i> da porta lógica AND.	76
4.4	Porta lógica OR.	77
4.5	Diagrama <i>ladder</i> da porta lógica OR.	77
4.6	Porta lógica XOR.	78
4.7	Diagrama <i>ladder</i> da porta lógica XOR.	78
4.8	Diagrama <i>ladder</i> de uma <i>flag</i>	79
4.9	Diagrama <i>ladder</i> com bloco <i>on-delay</i>	79
4.10	Diagrama <i>ladder</i> com bloco <i>wiping relay</i>	80
4.11	Diagrama <i>ladder</i> com bloco <i>pulse relay</i>	81
4.12	Diagrama <i>ladder</i> com bloco <i>shift register</i>	82
4.13	Diagrama <i>ladder</i>	85
4.14	Diagrama <i>ladder</i>	85
4.15	Diagrama <i>ladder</i>	86

4.16	Diagrama <i>ladder</i>	87
4.17	Diagrama <i>ladder</i>	87
4.18	Diagrama <i>ladder</i>	88
4.19	Topo para 5 parafusos.	88
4.20	Topo para 7 parafusos.	89
4.21	Diagrama <i>ladder</i>	89
4.22	Diagrama <i>ladder</i>	90
4.23	Diagrama <i>ladder</i>	90
4.24	Diagrama <i>ladder</i>	91
4.25	Diagrama <i>ladder</i>	93
4.26	Mapa de Redes para conectar os 3 dispositivos.	94
4.27	Representação elétrica dos equipamentos e componentes.	95
5.1	Dispositivo de aparafusamento – circuito elétrico.	97
5.2	Estado de repouso do Dispositivo de Aparafusamento.	98
5.3	Validação de um PCBa no <i>scanner</i>	99
5.4	Posicionamento do PCBa no dispositivo de aparafusamento.	100
5.5	Dispositivo de Aparafusamento pronto para iniciar aparafusamento.	101
5.6	Configuração das entradas e saídas do CVIC II.	101
5.7	Final de fase bem sucedida de um ciclo na CVIC II.	103
5.8	Aparafusamento do 1 ^o parafuso (a) no dispositivo de aparafusamento, (b) na CVIC II e (c) na DPC.	104
5.9	Aparafusamento do 2 ^o parafuso (a) no dispositivo de aparafusamento, (b) na CVIC II e (c) na DPC.	105
5.10	Aparafusamento do 3 ^o parafuso (a) no dispositivo de aparafusamento, (b) na CVIC II e (c) na DPC.	106
5.11	Aparafusamento do 4 ^o parafuso (a) no dispositivo de aparafusamento, (b) na CVIC II e (c) na DPC.	107
5.12	Aparafusamento do 5 ^o parafuso (a) no dispositivo de aparafusamento, (b) na CVIC II e (c) na DPC.	108
5.13	Aparafusamento do 6 ^o parafuso (a) no dispositivo de aparafusamento, (b) na CVIC II e (c) na DPC	109

5.14	Aparafusamento do 7º parafuso (a) no dispositivo de aparafusamento, (b) na CVIC II e (c) na DPC	110
5.15	Estado final do dispositivo de aparafusamento.	111
5.16	Falha no aparafusamento (a) do terceiro parafuso e (b) posterior tentativa de correção, bem-sucedida, no CVIC II.	112
5.17	Acionamento do botão com sinalizador verde (a) no dispositivo de aparafusamento e (b) no CVIC II.	113
5.18	Acionamento do botão de emergência no (a) dispositivo de aparafusamento e (b) no CVIC II	114
5.19	Estado do dispositivo de aparafusamento (a) da base e (b) do topo quando é acionada a troca de ferramenta.	115
5.20	Estado do dispositivo de aparafusamento (a) da base e (b) do topo quando a troca de ferramenta é desativada.	116

Glossário, acrónimos e abreviaturas

Glossário de termos

Lista de acrónimos

Sigla	Expansão
2D	<i>2 Dimensões</i>
a.C.	<i>antes de Cristo</i>
A	<i>Ampères</i>
AC	<i>Corrente Alternada</i>
AOI	<i>Automatic Optical Inspection</i>
CAAP	<i>Continental Advanced Antenna Portugal</i>
CE	<i>Comissão Europeia</i>
CIP	<i>Confederação Empresarial de Portugal</i>
CLP	<i>Controlador Lógico Programável</i>
CNC	<i>Computer Numerical Control</i> (Controladores Numéricos Programáveis)
DC	<i>Corrente Contínua</i>

Sigla	Expansão
DPC	<i>DOGA Posi-Control</i>
EC	<i>Ferramenta Elétrica Manual</i>
ECPHT	<i>Ferramenta de punho de pistola</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
EUA	<i>Estados Unidos da América</i>
FMEA	<i>Análise de Modos de Falha e Efeitos (Failure Mode and Effect Analysis)</i>
GEE	<i>Gases de Efeito de Estufa</i>
HMI	<i>Human-Machine Interface</i>
IAPMEI	<i>Instituto de Apoio às Pequenas e Médias Empresas e à Inovação</i>
IoT	<i>Internet of Things (Internet das Coisas)</i>
MC	<i>Ferramenta Elétrica Fixa</i>
MCL	<i>Ferramenta Elétrica Fixa</i>
MES	<i>Manufacturing Execution System</i>
MODICON	<i>Modular Digital Controller</i>
MS	<i>Mechatronic Systems</i>
Nm	<i>Newton metro</i>
PC	<i>Computador Pessoal</i>
PCB	<i>Placa de Circuito Interno</i>
PCBa	<i>Placa de Circuito Interno montado</i>
PIB	<i>Produto Interno Bruto</i>
PME	<i>Pequenas e Médias Empresas</i>
R	<i>Reset</i>
RTOS	<i>Real-Time Operating Systems</i>
Q	<i>Saída</i>
S	<i>Set</i>
SAI	<i>Sistemas de Automação Industrial</i>
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
SDCD	<i>Sistema Digital de Controlo Distribuído</i>
SMT	<i>Surface-Mount Technology</i>
T	<i>Parameter</i>

Sigla	Expansão
tCO ₂ eq	<i>toneladas equivalente a dióxido de carbono</i>
Trg	<i>Trigger</i>
UE	<i>União Europeia</i>
V	<i>Volts</i>
V _{cc}	<i>Tensão de Curto-Circuito</i>



Introdução

A manufatura é um pilar fundamental da sociedade moderna, não só na contribuição significativa para o emprego e para o bem-estar, mas também é necessária para manter um elevado valor acrescentado de conhecimentos e competências. É um elemento indispensável da cadeia de inovação: permite que as inovações tecnológicas sejam aplicadas em mercadorias e serviços, tornando os novos produtos acessíveis a uma multidão de consumidores, aumentando assim a sociedade e os benefícios económicos. (1)

O problema mais importante para as indústrias é competir globalmente em termos de produtividade, custo e proporção entre demanda e oferta, o que levou à incorporação de sistemas automatizados cada vez mais modernos, que consistem em montagens de componentes mecânicos e elétricos comandados por controladores digitais para operações com intervenção humana mínima ou reduzida. Esta automatização surge para aumentar a produção em massa e a qualidade do produto com uma maior eficácia, obter um melhor desempenho e uma redução na percentagem de erro, entre outros, num intervalo de tempo e um investimento económico menor em comparação ao lucro obtido. (2), (3)

Algumas das estratégias para manter, e até mesmo aumentar, os números internos

das empresas é a instalação e o desenvolvimento de linhas de produção, e a avaliação constante das funções e desempenhos dos equipamentos de cada secção da empresa por parte dos integrantes responsáveis. Deste modo, é possível detetar e resolver erros e problemas antecipadamente para que não sofram perdas e haja oportunidade de evolução e otimização nas linhas com o fim de melhorar o produto final.

Assim, este projeto destina-se à implementação de um autómato programado em conjunto com um circuito funcional numa linha de produção de antenas. Este, visa melhorar a eficiência e o desempenho de um controlador de aparafusamento que atua sobre uma aparafusadora executando os programas do controlador nos pinos da peça.

1.1 Motivação e objetivos

Ao longo de toda a história, o ser humano procurou aumentar o seu conhecimento em relação ao mundo, passando-o pelas gerações para que também fosse possível não só criar, mas também desenvolver o que já existia com o objetivo de melhorar a sua qualidade de vida. Atualmente, essa procura continua, ainda que em diversas outras formas e áreas. Todo o conhecimento adquirido pelos alunos ao longo do período escolar e académico, leva à crescente ambição pela procura de experiência através da aplicação das aprendizagens e de conhecimento mais detalhado e abrangente pelas áreas de maior interesse individual, revelando assim uma motivação para a concretização desta dissertação acompanhada pelo estágio realizado na *Continental Advanced Antenna Portugal* (CAAP).

Projetos já desenvolvidos podem ser alvo de otimização, para melhorar a performance e a eficiência dos equipamentos a um custo reduzido, ou até mesmo de adaptações de acordo com os requerimentos dos clientes com o aproveitamento dos recursos já usados noutras produções e que podem ser úteis nas novas. As linhas de produção de antenas podem também ser otimizadas e adaptadas através da inserção e remoção de equipamentos e programas para um melhor desempenho, uma melhor qualidade

do produto final e uma gestão eficiente de recursos.

A CAAP, sediada em Vila Real, é uma das principais especialistas e fabricantes de antenas para veículos da Europa. Completou a aquisição da “Kathrein Automotive” Portugal em 2019, que por sua vez foi fundada em 1919 na Alemanha pelo Senhor Anton Kathrein. A CAAP continuou o trabalho da empresa anterior, adicionando um segmento importante à riqueza da experiência da Continental, pois as antenas de veículos inteligentes são uma solução chave para concretizar o conceito de conectividade holística. (4)

A fábrica é responsável por produzir a maior parte das antenas, podendo assim, garantir uma produção com qualidade quer a nível de componentes individualmente quer a nível de produto final após todas as operações serem efetuadas na antena. Alguns operacionais da empresa, com funções mais direcionadas para a inovação e reparação de máquinas, realizaram uma análise cuidada de uma secção de uma linha de produção responsável pelo aparafusamento do *Printed Circuit Board assembled* (PCBa), com uma base metálica.

Cada parafuso do mesmo PCB pode apresentar características diferentes no aparafusamento, como o torque e o ângulo a que deve ser apertado. O controlador de aparafusamento contém diversos programas, em que cada programa tem um torque e um ângulo diferente já definido. Se todos os parafusos receberem as mesmas características de aperto, pode levar a uma danificação ou a um desgaste mais acelerado do material que foi sujeito a um ângulo de aparafusamento maior ou menor, e/ou a um torque com uma pressão que não seria a mais indicada.

Deste modo, seria necessário incluir um autómato para auxiliar o controlador de aparafusamento a executar um conjunto de programas, cujo número depende do número de aparafusamentos necessários, numa ordem definida de acordo com as características dos furos apresentados por cada peça.

É então esperado que o autómato realize a contagem dos relatórios aceites de cada parafuso ao longo do ciclo e envie, ao controlador de aparafusamento, um conjunto de 3 sinais, ativados sequencialmente em binário de 3 bits. O controlador tem

configurado um programa a ser aplicado a cada parafuso sempre que é chamado através da contagem que o autómato envia.

Assim, o objetivo apresentado passa pela programação de um CLP (Controlador Lógico Programável), o desenho de um circuito, a sua inserção na linha de produção e a apresentação e a análise dos resultados obtidos.

1.2 Organização da dissertação

Esta dissertação está organizada em 6 capítulos, no capítulo 1 é apresentada uma introdução do tema, a motivação, uma resumida biografia da empresa CAAP (que colaborou neste projeto), os objetivos deste projeto, e ainda a forma como está organizada a presente dissertação.

No capítulo 2 efetuando o enquadramento teórico deste projeto, desde a evolução da automação ao longo da história, os tipos de manufatura, de processos de produção e de linhas de produção que engloba, a educação e a requalificação na área, a influência da automação provocada no quotidiano, e por fim algumas iniciativas consideradas mais relevantes por parte da Comissão Europeia e do Governo Português.

Para um melhor enquadramento, no capítulo 3 são descritos os equipamentos fulcrais desta experiência, como por exemplo, o controlador de aparafusamento e o CLP LOGO! da Siemens.

No capítulo 4 é efetuada uma descrição do procedimento, como a implementação do diagrama no CLP e a execução do esquema elétrico.

No capítulo 5 são expostos os resultados obtidos após a realização de testes a fim de determinar a eficiência da experiência, bem como uma análise aos resultados.

Por fim, no capítulo 6 são apresentadas as conclusões retiradas ao longo de todo o projeto, desde os conhecimentos adquiridos com o estudo de diversas áreas que formam a automação, até à análise do projeto para um melhor desempenho da linha

de produção e o impacto do resultado no produto final. No final deste capítulo, são apontados possíveis trabalhos futuros relacionados com este projeto.

2

Automação Industrial

A Automação Industrial trata da automatização dos processos de fabrico, controlo de qualidade e manuseamento de materiais. Tem como principais objetivos o aumento da quantidade e qualidade dos produtos produzidos e ainda a precisão do fabrico.

Os sistemas automatizados podem ser implementados não só em máquinas simples, mas também em toda a indústria. O processo de controlo destes sistemas pode ser esquematizado tal como apresenta a figura 2.1.

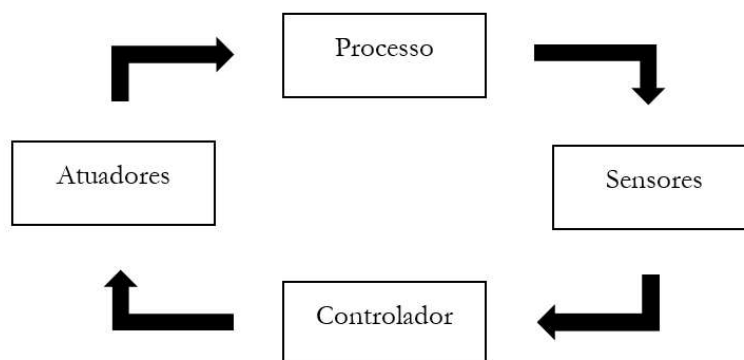


Figura 2.1 – Esquema de um processo de controlo.

Os sensores são os elementos que fornecem informações sobre o sistema, correspondendo

as entradas do controlador. Estes podem indicar variáveis físicas, como a pressão e a temperatura, ou estados, como o posicionamento de um cilindro pneumático.

Os atuadores realizam o trabalho no processo. Podem ser pneumáticos, elétricos, de acionamento misto, entre outros. São normalmente conectados às saídas do controlador.

O controlador é o elemento responsável pelo acionamento dos atuadores, de acordo o estado das entradas e as instruções do programa inserido na memória.

Um sistema automatizado pode sofrer transformações de forma a ser adaptado quando existem novos requisitos. O objetivo de uma adaptação é a adição de novas funcionalidades através da reutilização e combinação dos recursos existentes com um investimento mínimo em novos recursos. As vantagens deste procedimento são a redução dos custos de investimento e planeamento, assim como uma maior fiabilidade do sistema de automação industrial através da reutilização de combinações de recursos já testadas. (5)

Existem diversas vantagens a usufruir com a implementação da automação nas diferentes indústrias. Quando existe uma deslocação de seres humanos no ciclo de produção e a sua substituição por autómatos na produção em massa, a expansão das capacidades dos autómatos e a sua redução de custos com as despesas de mão de obra, torna a sua utilização rentável. (5)

Há muitas causas de acidentes industriais como erro humano, defeitos de fabrico, e manutenção inadequada que podem levar a acidentes fatais e desastrosos. Todos os anos, em acidentes industriais, ocorrem em todo o mundo uma série de mortes, ferimentos e perdas de propriedade. A fim de satisfazer os requisitos de produção sem perder a vida dos trabalhadores, melhorando a segurança e a higiene no trabalho, é necessário um sistema completo de automação industrial para realizar tarefas e funções de forma segura para todas as entidades envolvidas. (2)

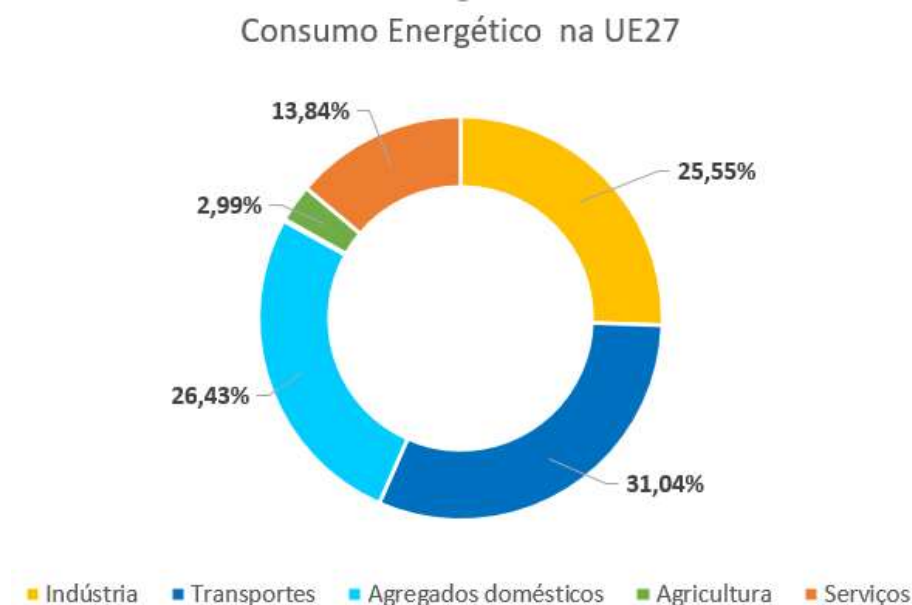
A implementação de um sistema automatizado reduz o tempo de fabrico e de retenção na linha de montagem, e ainda tende a eliminar as quebras de produção.

(2)

A transformação digital abriu novas portas para uma automação mais tecnológica com processos robotizados, fluxos de trabalho inteligentes, *Machine Learning*, entre outros. Isto levou a que diversos processos, que poderiam durar dias, fossem realizados em minutos e com um conhecimento mais profundo, ofereceu mais flexibilidade e melhor qualidade dos serviços, tornando a experiência do cliente 30% melhor. (6)

Uma das preocupações que envolve a automação industrial é a eficiência energética, os recursos envolvidos e ainda a poluição que liberta para a atmosfera. (1)

É um facto que a indústria absorve uma fração significativa da energia e de materiais produzidos, e, como é possível observar pela figura 2.2, numa avaliação que englobou os 27 países pertencentes à União Europeia (UE), a indústria é responsável pelo consumo de 25,55% do total da energia primária produzida. Os setores que apresentam percentagens maiores são o setor dos transportes e o setor dos agregados domésticos, com 31,04% e 26,43%, respetivamente. O setor dos serviços e o setor da agricultura consomem, respetivamente, 13,84% e 2,99%, os valores mais baixos dos 5 setores considerados no estudo. (7)



(7)

Figura 2.2 – Consumo Energético (%) por setores na União Europeia, em 2019.

Para além da energia consumida, também foi estudada a quantidade de Gases de Efeito Estufa (GEE) emitida, medida em tonelada equivalente a dióxido de carbono (tCO₂eq). A figura 2.3 resume os dados de um estudo realizado com os 27 países pertencentes à UE, classificados em função das principais fontes de emissão, em 2018. O setor da indústria energética foi responsável por 32,25% das emissões de GEE, sendo o valor em percentagem mais alto dos 6 setores considerados. O setor dos transportes contribui com 26,30%, as indústrias transformadores e construção com 14,82%, o setor de resíduos com 12,53%, os processos industriais relativos à produção com 10,91% e a agricultura, o valor em percentagem mais baixo nas emissões de GEE com 3,72%. (7)

Apesar do setor dos processos industriais não possuir uma percentagem alta em comparação aos restantes setores, o valor de 343.508 tCO₂eq é determinante na quantidade total de emissões de GEE no mundo. Para diminuir as emissões, podem ser aplicadas mudanças significativas nos processos e nas empresas, e assim contribuir para a diminuição do nível de poluição na atmosfera, e desta forma ajudar a proteger

o planeta. (7)



(7)

Figura 2.3 – Emissão de gases com efeito de estufa (%) na UE por setor, em 2018.

2.1 História da Automação

O sonho de reproduzir mecanicamente a capacidade de decisão e ação de um ser vivo tem intrigado o Homem há muitos séculos. Apesar de haver poucas fontes confiáveis, acredita-se que, em Alexandria, Ctesibius (285–222 a.C.) foi o autor do primeiro livro sobre pneumática e ainda desenvolveu uma série de máquinas baseadas em ações pneumáticas. (8)

O talento visionário de Leonardo da Vinci concebeu um autômato, agora conhecido como o robô de Leonardo, por volta de 1495, que foi construído recentemente a partir dos desenhos originais, como é apresentado na figura 2.4. Para além do robô, Da Vinci ainda concebeu máquinas destinadas a melhorar a qualidade e a acelerar

o fabrico ao mesmo tempo. Algumas delas antecipavam as inovações de séculos da revolução industrial. (8)



(9)

Figura 2.4 – Robô Leonardo

A navegação em mar aberto dos séculos XVII e XVIII exigiu a construção de cronómetros marítimos para a medição da longitude e na mesma altura, os autómatos de lazer tornaram-se uma moda na Europa. Jacques de Vaucanson era um mestre proeminente dessa arte. É-lhe creditada a criação dos primeiros verdadeiros robôs do mundo. (8)

Ainda assim, algumas pessoas consideram que o início da Automação Industrial coincide com a Revolução Industrial, no século XVIII. A descoberta da utilidade do carvão como meio de fonte de energia foi um impulso para a criação inglesa da máquina a vapor e da locomotiva, o que levou ao aumento da produção de artigos manufaturados e o seu transporte, assim como revolucionou a deslocação das pessoas. A Primeira Revolução Industrial marca a era da Indústria 1.0, com a introdução de máquinas nas indústrias para automatizar processos que até ao momento eram fabricados manualmente. (10)

No século seguinte e nos inícios do século XX, a indústria cresceu e nasceu a Segunda Revolução Industrial. O aproveitamento de outras fontes de energia, o uso do motor a explosão, a invenção do telégrafo e a substituição do ferro pelo aço e alumínio impulsionaram o desenvolvimento das indústrias na Europa e EUA. Vários cientistas passaram a divulgar informações sobre as descobertas e teorias de máquinas capazes de reduzir os custos e o tempo de fabrico de produtos para que pudessem ser consumidos em escalas cada vez maiores. (8), (10)

O início do século XX foi marcado pelo aumento da produtividade, do lucro, da qualidade, entre outros. Surgiram nos industriais daquela época, novos conceitos de produção em escala que começaram a ser esboçados. Em 1909, Henry Ford teve a grande ideia que mudou o pensamento da indústria contemporânea, idealizou algo que chamou de Linha de Montagem, que, quando aplicada, levou à produção em massa. Em diversas áreas, a programação das máquinas industriais era extremamente complexa, o que exigia grande conexão e muita energia. Assim, a Indústria 2.0 aprimorou e aperfeiçoou as tecnologias da Indústria 1.0, usando novas fontes de energia como o petróleo e a eletricidade. (10), (11)

Em 1968, a empresa Bedford Association, em Bedford – USA, foi contratada para desenvolver um dispositivo eletrónico que substituíssem os relés. O MODICON (Modular Digital Controller) foi o primeiro Controlador Lógico Programável inventado e substituiu toda a parafernália, tornando o sistema muito mais flexível, económico e eficiente. Esta e outras invenções formaram a Terceira Revolução Industrial, a era da Indústria 3.0, onde as áreas da Informática, Robótica, Telecomunicações, Biotecnologia e Nanotecnologia sofreram um processo de inovação notável, sendo decisivo para consolidar a fase do capitalismo e divisão internacional do trabalho, a globalização. (10), (11)

A era da Indústria 4.0 é marcada pela interligação dos mundos digital e real e a inclusão de sistemas cada vez mais inteligentes. Esta está a ser implementada e embora não sendo acessível para todos, os cientistas acreditam que brevemente será algo comum até no interior nas habitações, um possível início para a Quarta Revolução Industrial.(11)

2.2 Automação em Portugal

Nas poucas décadas que antecederam a primeira guerra mundial, a indústria começava a dar os primeiros passos com a difusão do setor fabril e da produção mecanizada alimentada a vapor. Foi também neste período que se sucedeu um alargamento do mercado, um aumento da especialização da produção, a criação duma rede de transportes moderna, o aparecimento de bancos e a assimilação da tecnologia moderna por alguns setores da economia, todo um processo denominado de “a penetração do capitalismo”. (12)

Estes desenvolvimentos não se expandiram muito, pois, na época, a atividade industrial era bastante menos importante em termos económicos do que a agricultura, e Portugal não foi exceção. Diversas outras razões podem explicar o baixo interesse e investimento na área, como por exemplo, a perda das colónias, a devastação deixadas pelas invasões e guerras civis, a concorrência estrangeira resultante de barreiras alfandegárias baixas, um mercado interno de pequenas dimensões baseado numa economia agrária atrasada, uma burguesia débil e dividida e, como tal, incapaz de promover os seus interesses ao nível do estado, escassez de capital, em geral, e, particularmente, para fins industrial, a deficiência do ensino ao nível elementar e técnico. (12)

Atualmente, em todos os países industrializados, a automação e o aumento da produtividade são muito importantes para o crescimento económico e financeiro das respetivas nações. Portugal também aproveitou os novos recursos para aumentar o seu desenvolvimento económico. Um estudo realizado pela Confederação Empresarial de Portugal (CIP) apresenta que entre 1996 e 2016, o Produto Interno Bruto (PIB) teve um crescimento de 110%. Para além da análise dos dados recolhidos neste período, na figura 2.5 também podemos observar uma previsão do crescimento do PIB entre 2016-2030. (6)

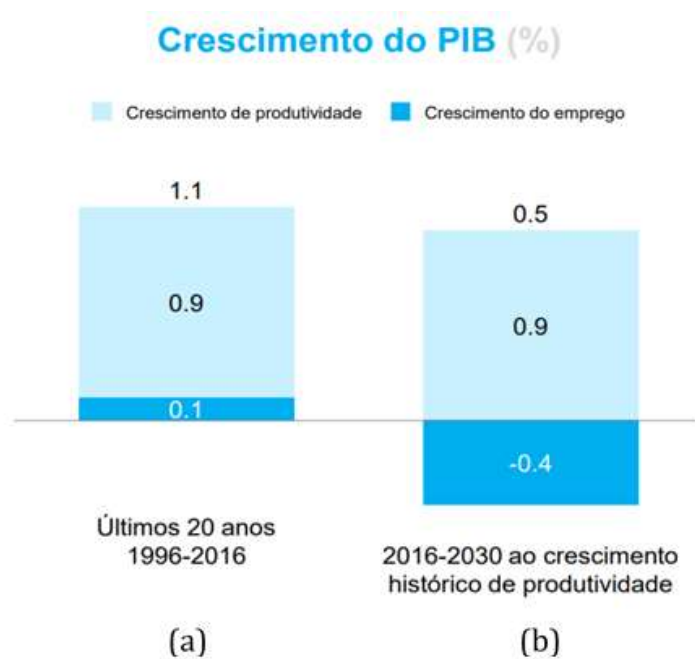
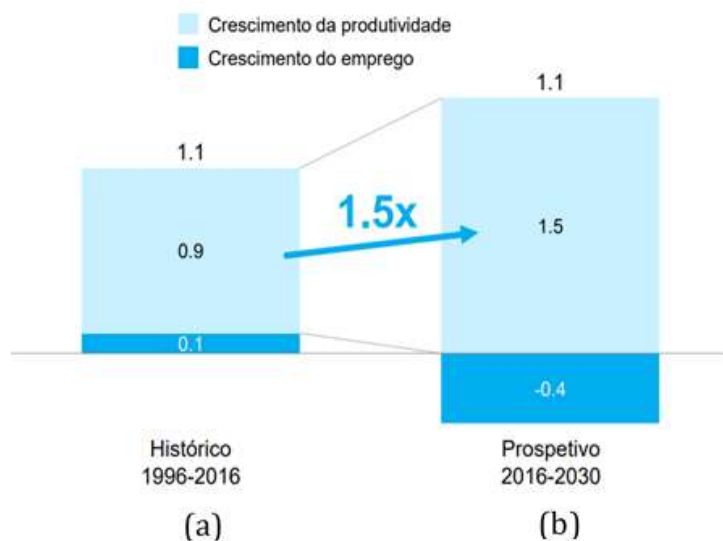


Figura 2.5 – Crescimento do PIB (%) entre (a) 1996 – 2016 e (b) a sua previsão futura (%) (2016 - 2030).

Para Portugal, o aumento da produtividade foi essencial para que o país conseguisse sustentar o crescimento do PIB entre 1996 e 2016. A automação é uma vertente que permite acelerar este aumento previsto, de cerca de 150%, bem como ajudar a sustentar as taxas históricas de crescimento como é visualizado nos gráficos da figura 2.6. (6)



(6)

Figura 2.6 – Crescimento do PIB (%) entre (a) 1996 – 2016 e (b) a sua previsão (%) com a ajuda da automação (2016 - 2030).

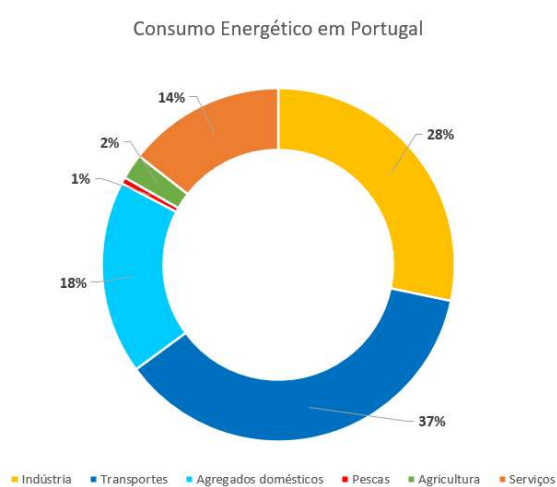
Esta previsão, apresentada nas duas figuras anteriores, baseou-se na aplicação da automação a médio prazo e que os empregos deslocados voltassem a integrar a economia. Desta forma o PIB aumentará, bem como a produtividade laboral mantendo o índice de empregabilidade. (6)

Em termos ambientais e energéticos, Portugal também possui estudos que estimam o consumo de energia primária e as emissões de gases de efeito de estufa para a atmosfera por parte dos setores principais.

A figura 2.7 apresenta um gráfico que resume os dados do consumo energético por setor em Portugal no ano de 2019.

Assim como no estudo que englobou os países membros da União Europeia, os setores considerados no estudo do consumo energético, em Portugal, são setor dos transportes, com um consumo de 36,64%, da indústria, com 28,28%, o setor de agregados domésticos, que consome 17,71%, o setor dos serviços responsável por 14,45% do consumo e a agricultura que consome 2,33%. Ainda é adicionado outro setor a este estudo em Portugal, o setor das pescas, visto que apresenta um consumo

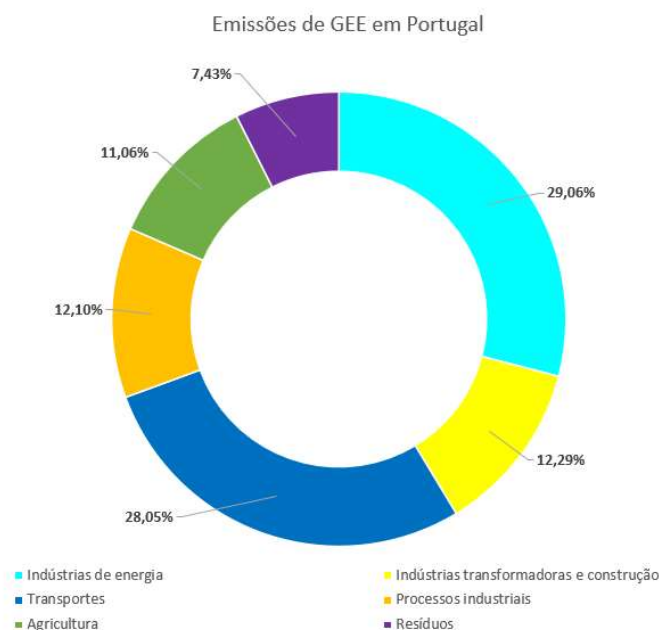
energético considerável de 0,60% da energia primária total produzida. (7)



(7)

Figura 2.7 – Consumo Energético (%) por setores em Portugal, em 2019.

Também é importante ter uma perspetiva dos dados relativos às emissões de GEE em território nacional, a figura 2.8 resume estes dados por setores, os mesmos considerados no estudo anteriormente apresentado para a UE.



(7)

Figura 2.8 – Emissões de GEE (%) por setores em Portugal, em 2018.

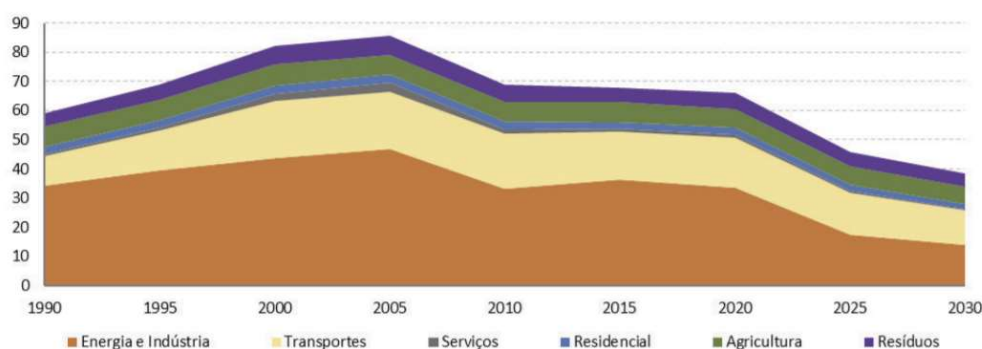
Em Portugal, o setor com mais emissões de GEE é o das indústrias de energia que possui uma percentagem de 29,06% das emissões totais do país. Outro setor que possui um valor em percentagem elevada de emissões é o setor dos transportes com 28,05%, seguido pelo setor das indústrias transformadoras e construção, com 12,29%. (7)

De todos os setores considerados neste estudo, o dos processos industriais, da agricultura e dos resíduos são os que apresentam menor percentagem, com 12,10%, 11,06% e 7,43%, respetivamente. (7)

A evolução das emissões nacionais aponta para uma descarbonização muito significativa na economia nacional no horizonte 2030, pelo que será necessário que os vários setores de atividade contribuam para este objetivo. Todos os setores possuem potencial para reduzir as suas emissões, que depende essencialmente do grau de maturidade das tecnologias e da sua relação custo-eficácia. Assim, prevê-se que, na próxima década, a descarbonização seja mais acentuada na produção de eletricidade, nos transportes

e nas construções.

A nível setorial, foram definidas metas nacionais para o horizonte 2030, tal como observado na figura 2.9.



(13)

Figura 2.9 – Evolução das emissões de gases com efeito de estufa por setor e metas de redução estabelecidas no horizonte 2030 (Mt CO₂eq).

A meta para 2030 para o setor da energia e indústria é reduzir as emissões para aproximadamente 15 mil tCO₂eq, o que significa uma redução acentuada no espaço de uma década, assim como nos restantes setores apresentados. O setor dos transportes tem uma meta de emissões de 11 mil tCO₂eq, o setor dos serviços prevê uma emissão praticamente nula dentro de uma década, o setor residencial tem uma meta de emissões de apenas 1,5 mil tCO₂eq, e por fim, os setores da agricultura e dos resíduos preveem emitir aproximadamente 4,5 mil tCO₂eq e 5 mil tCO₂eq, respetivamente.

(13)

A redução das emissões de GEE a nível nacional é muito importante para ajudar no combate às alterações climáticas, pois para além de incentivar outros países a seguir o mesmo exemplo e assim obter um maior impacto, também fortalece a sua presença na UE, através da adesão às propostas aprovadas e o seu cumprimento.

2.3 Tipos de Manufatura Automatizada

1. Automação Fixa

Os sistemas de automação fixa consistem numa série de operações simples com equipamentos especializados utilizados para sequências fixas de montagem e processamento, são escolhidos por razões de custo, velocidade e precisão. É difícil acomodar alterações na concepção do produto quando é utilizada a automação fixa na sua produção. (14)

2. Automação Programável

Neste tipo de automação, o equipamento é concebido de tal forma que a sequência das operações de produção e multi-estações seja controlada por um programa, isto é, um conjunto de instruções codificadas que podem ser lidas e interpretadas pelo sistema. Assim, a sequência de operações pode ser facilmente alterada para permitir que diferentes configurações de produtos sejam produzidos no mesmo equipamento. Algumas das características da automação programável são a flexibilidade para lidar com alterações na configuração do produto, e a adequação à baixa e/ou média produção de produtos ou peças semelhantes. (15)

3. Automação Flexível

Uma automação permite uma reconfiguração rápida do sistema de produção de modo a fabricar vários produtos diferentes, conseguindo um elevado grau de utilização da máquina, redução do inventário em processo, bem como uma diminuição dos tempos de resposta para satisfazer as preferências dos clientes em mudança. Este tipo de automação é considerado uma evolução da automação programável. (16)

2.4 Tipos de Sistemas de Processos Industriais

Atualmente, existe um desafio para a gestão e organização do fabrico, pois, para cada produto, são necessários estudos para determinar o tipo de processo de produção mais rentável, tendo em conta a quantidade, a qualidade, a complexidade e os custos da produção.

Por exemplo, um método de estudo muito utilizado é a Análise de Modos de Falha e Efeitos (FMEA), uma técnica popular devido à sua simplicidade de consulta e eficácia, normalmente implementada na gestão de risco para melhorar a qualidade, quer com base em falhas pré-existentes, quer para evitar a ocorrência de falhas potenciais. Esta técnica conta com ações de prevenção e de deteção de parâmetros como ocorrência, severidade, deteção, aos quais serão atribuídos uma classificação no intervalo de 1 a 10, onde 1 é uma ação menos importante, pois representa maior segurança e menores riscos envolvidos, e 10 é a classificação máxima onde a ação tem uma segurança menor e mais riscos envolvidos. O resultado é uma maior qualidade no produto, satisfação do cliente e confiança na marca. (17)

De seguida, são apresentados alguns tipos de processos de produção.

- Processo Contínuo

No processo de produção contínua, a programação da produção é mais difícil do que para os restantes processos, pois para além de existirem muitos equipamentos complexos que operam continuamente nos materiais de entrada, também exige requisitos especiais, tais como continuidade e estabilidade, para que na saída seja apresentado o produto final desejado. (18)

No processo contínuo, as regras de experiência desempenham geralmente papéis muito importantes. Neste tipo de processo não há apenas alterações físicas, mas também existem reações químicas, e os processos de produção são não lineares, estocásticos e incertos. Os equipamentos são mais complexos e as relações entre o planeamento e a programação da produção são mais estreitas. (18)

- Processo por lotes

Este é a escolha preferida para o fabrico de produtos de tamanho médio e de alto valor acrescentado, tais como produtos químicos especializados e produtos de consumo. Ao contrário do processo contínuo, um processo por lotes tem uma duração de operação finita e repete-se até que a quantidade especificada de produtos tenha sido fabricada. Utiliza equipamento de carácter genérico para uma taxa de produção superior. (19)

- Produção *Job-Shop*

A Produção *Job-Shop* pode obter grandes quantidades de dados de produção em tempo real no processo de fabrico, porém não é conducente uma coordenação e uma ligação entre a programação e o sistema de controlo da produção devido à falta de feedback da informação de alteração do estado da produção após a execução das instruções de produção. Este processo é implementado em produções de encomendas específicas de clientes, caracterizadas geralmente por pequenas quantidades e alta variedade, onde cada produto compartilha recurso de produção com diversos outros. O equipamento usado na produção é manuseado por operadores especializados. (20)

2.5 Disposição da Instalação de Produção

Existem diversos layouts industriais na disposição das instalações de produção, alguns exemplos são *layout* de posição fixa, *layout* por processo, *layout* celular e *layout* por produto. Todos eles são estudados e otimizados constantemente para satisfazer todos os requisitos da produção de forma mais eficiente, mais rápida e com custos controlados.

- *Layout* com posição fixa

Uma linha de montagem de posição fixa é uma linha de montagem onde, como mostra a figura 2.10, os produtos são colocados nos centros de trabalho,

os trabalhadores deslocam-se de um centro para outro, e as ferramentas e componentes são trazidos para o local para montagem de acordo com o processo e o plano de produção. Esta configuração de montagem não só é adequada à produção de produtos grandes, volumosos, pesados ou frágeis, como também oferece a flexibilidade necessária e eficiência operacional competitiva para produtos diferenciados e volumes de produção modestos. No entanto, os espaços são limitados e de elevada dinâmica dos fluxos de materiais e de mão-de-obra. (21)

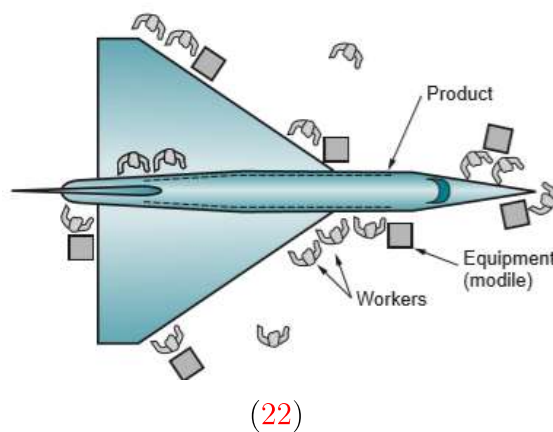
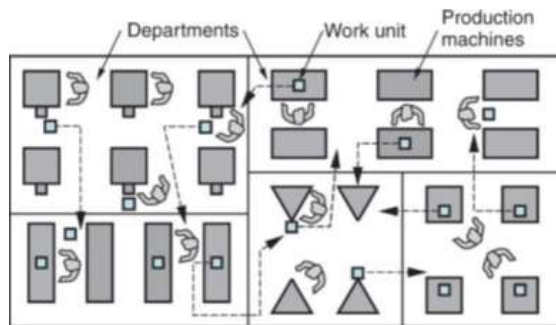


Figura 2.10 – "Layout" fixa

- *Layout* por processo

Num *layout* por processo os equipamentos são distribuídos de acordo a sua funcionalidade e as máquinas do mesmo tipo são agrupadas para obter o máximo da sua potencialidade. Apesar de requerer um menor investimento e de ter uma grande flexibilidade nos meios de produção, necessita de uma maior área, de mais mão-de-obra devido à complexidade do planeamento e controlo da produção, de uma inspeção mais frequente e maior tempo para a produção. (23)

A figura 2.11 oferece uma melhor perceção de uma disposição deste tipo.

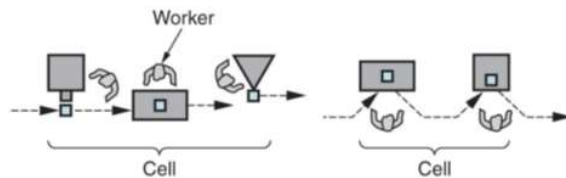


(22)

Figura 2.11 – Layout por processo

- Layout celular

O *layout* celular baseia-se no agrupamento de peças que têm requisitos de processamento semelhantes em diferentes grupos de máquinas (células), a fim de capitalizar atividades semelhantes e recorrentes. As células de fabricação são concebidas através de uma série de fases, num segmento semelhante ao apresentado na figura 2.12. (24), (25)



(22)

Figura 2.12 – Layout celular

Embora o *layout* celular mostre um desempenho superior em tempos de preparação e movimentação, também resulta em tempos de espera mais longos, maior trabalho em processo, e tempos de fluxo total mais longos. (24)

- "Layout" por produto.

O *layout* por produto caracteriza-se por ter múltiplas estações de trabalho comandadas por um ou mais operadores organizadas e executadas numa sequência, concentrando-se apenas no número do produto. Contudo se ocorrer algum erro no intervalo entre as máquinas, toda a produção pode ser comprometida. (26)

A figura 2.13 é um exemplo de como um *layout* por produto se dispõe.

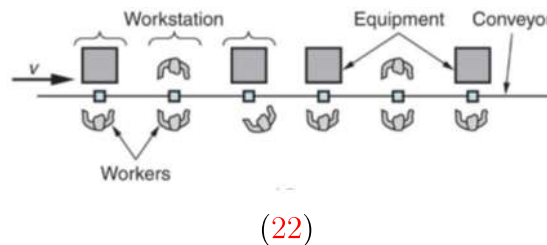


Figura 2.13 – *Layout* por produto

2.6 A Influência da Automação Industrial

Com o desenvolvimento da indústria, as manufaturas tornaram-se dependentes dos sistemas de automação industriais em diversos setores. De acordo com um estudo realizado pela CIP, que aborda o impacto da automação no futuro do emprego em Portugal, cerca de 50% do tempo despendido em tarefas laborais atuais é suscetível de ser automatizado, podendo aumentar para 67% em 2030, considerando um cenário de médio-prazo na adoção expectável. Esta previsão leva também que haja mudanças e movimento nos postos de trabalho, tanto na criação como na perda e requalificação dos trabalhadores com formações adequadas para que mudem as suas funções incluindo o uso de máquinas automatizadas. (6)

2.6.1 Qualidade de vida

A implementação da mecanização e automatização é necessária quando se pretende reduzir o tempo e os custos de produção, melhorar as condições de trabalho com finalidade de facilitar as funções dos trabalhadores, evitar trabalhos perigosos, permitir a realização de trabalhos quando as pessoas não os podem fazer, e aumentar o desempenho e a qualidade do produto. (27)

Um dos principais objetivos da automação é melhorar a segurança através da redução ou eliminação de erros humanos, que podem ser motivo de ferimentos graves que

levam a incapacidades ou até mesmo fatais. (28)

Contudo, argumenta-se frequentemente que a automação pode induzir novos tipos de erros por parte do *hardware* e/ou *software* das máquinas e componentes utilizados, algo que pode ser prevenido com exames frequentes ao equipamento envolvente na produção do produto. (28)

Não é só na indústria de produção que a automação revela ser uma das chaves fundamentais para elevar a qualidade de serviço, diversos outros setores beneficiam dela. A medicina, por exemplo, que, através da automação, pode evoluir técnicas de forma a solucionar problemas determinantes para salvar vidas, quando antes seria praticamente impossível de intervir. Um desses casos são operações de remoção de tumores em zonas onde o acesso comprometia a segurança do paciente em termos de qualidade de vida ou mesmo quando a probabilidade de fatalidade era alta, a automação auxiliou assim a diminuir os riscos de erros humanos e aumentar as possibilidades e os recursos.

2.6.2 Criação e perdas de posto de trabalho

As diferentes tecnologias presentes no mundo empresarial e industrial oferecem aos empregadores a capacidade de adaptar tarefas, que eram realizadas com mão-de-obra, para serem realizadas com máquinas. Enquanto os empregadores procuram estratégias para implementar tecnologias de automação, os funcionários podem ter preocupações com o emprego em que se encontram. (29)

Ainda com base no estudo realizado pela CIP, cerca de 26% da automação potencial poderá ser adotada até 2030, o que pode levar a 1.1 milhões de empregos perdidos, principalmente nas áreas da produção fabril e do comércio, como observado no gráfico da figura 2.14. (6)



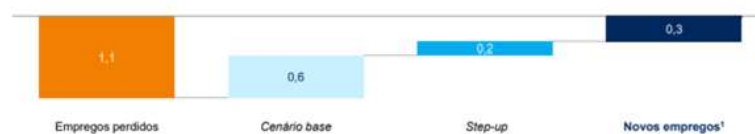
(6)

Figura 2.14 – Diminuição dos postos de trabalho nos diferentes setores.

Apesar de alguns empregos serem perdidos, também são oferecidas oportunidades de formação a alguns funcionários em vez de serem dispensados, pois existem tecnologias da automação que necessitam de um ou mais operadores especializados. Aproximadamente 0.7 milhões de trabalhadores terão de alterar as suas capacidades para conseguirem encontrar emprego até 2030. (6)

O aumento da produtividade resultante da automação e o crescimento económico podem ser a principal fonte de criação de novos postos de trabalho, entre 0.6 e 1.1 milhões de novos empregos até 2030. (6)

O gráfico da figura 2.15 mostra uma previsão da empregabilidade que será afetada pela adoção da automação.



(6)

Figura 2.15 – Previsão de Perdas e Ganhos na empregabilidade.

Para além dos 1.1 milhões de empregos perdidos num cenário intermédio, os 0.6 milhões (cenário base) e os 0.2 milhões (Step-up) são valores de empregabilidade gerada prevista com base nos seguintes 7 catalisadores:

- Crescimento dos rendimentos.

O aumento da produtividade, influenciado pela implementação da automação, pode-se refletir num aumento de rendimentos dos trabalhadores. Com isto, haverá um maior poder de compra das famílias, o que se traduz numa maior procura de bens e serviços, impulsionando a produção e consequente crescimento do PIB, assim como mais oferta de emprego.

- Envelhecimento e melhores cuidados de saúde.

Portugal tem uma das taxas mais altas de população envelhecida. O resultado deste fator é a necessidade de mais cuidados médicos, tanto a nível de cuidados de enfermagem diários como de farmácia. Para que todas as necessidades sejam satisfeitas, é necessária empregar mais pessoas nas áreas ligadas à saúde, o que ajuda na subida da taxa de empregabilidade.

- Educação.

A educação tem uma forte influência nas qualificações de futuros trabalhadores. Em Portugal, a escolaridade obrigatória é até ao 12^o ano, deste modo é necessário um investimento neste setor para assegurar que todos os alunos tenham o mesmo acesso ao ensino que no final sejam bem-sucedidos.

- Gastos com tecnologia.

Além do investimento na aquisição de máquinas, é necessária uma constante manutenção para não comprometer a segurança das pessoas, sendo ainda necessário contratar funcionários qualificados nas áreas da automação, eletrónica e *software*.

- Investimento em imobiliário.

Os aumentos dos rendimentos provocam um impacto positivo na economia pois as pessoas têm uma maior tendência a investir o seu dinheiro, um setor que recebe muitos investimentos é o imobiliário, por diversas razões, uma delas, por exemplo, são as famílias que procuram uma melhor qualidade de vida numa residência melhor.

- Investimentos em infraestruturas.

Também as empresas têm a necessidade de se expandir com o aumento da produtividade e optam por ocupar espaços maiores, ou mesmo construir novos, para que a sua produção e armazenamento seja feito da forma mais eficiente e segura possível. Quanto mais funcionários empregarem, mais espaços são necessários para eles operarem e mesmo para melhorar o ambiente de trabalho criando espaços comuns.

- Adoção de novas fontes de energia.

Todos os fatores já descritos exigem um enorme consumo de energia. Assim, as fontes de energias são mais exploradas, e com as normas ambientais cada vez mais exigentes, as fontes de energias renováveis são cada vez mais uma opção quando é necessário investir. As energias solar, hídrica e eólica são muito vastas no nosso país, portanto a adoção de novos equipamentos, para a conversão destas energias em energia elétrica, são cada vez mais procurados, como por exemplo, a nível residencial quando são instalados painéis solares. Esta produção de equipamentos aumenta a procura de pessoas qualificadas.

Os 0,3 milhões de Novos Empregos (figura 2.15), correspondem a empregos que ainda não existem. Com a evolução existente nas diferentes áreas, necessitam de empregar mais pessoas de modo a atingirem uma maior oferta com qualidade.

2.7 Educação e Requalificação

Um plano de requalificação laboral é importantíssimo quando existe evolução na indústria e pode assentar em vários objetivos, tais como:

- fortalecer a procura, desbloquear investimento, incentivar o empreendedorismo e o crescimento económico; (6)
- investir no capital humano, educação e formação; (6)

- revitalizar o dinamismo do mercado de trabalho e viabilizar tipos de trabalho mais diversificados; (6)
- apoiar a qualificação de todos os trabalhadores. (6)

Nos últimos anos, Portugal tem vindo a melhorar a competitividade, ainda que apresente um atraso na formação ao longo da vida e na atração de talento. Em 2020, ocupou a 26^a posição na classificação mundial, o que pode ser considerada uma classificação baixa visto que é um país desenvolvido com potencial para uma posição mais alta. Ainda assim, Portugal tem investido significativamente na educação primária e secundária. (6), (30)

Quando avaliado o fator de investimento e desenvolvimento, Portugal encontra-se na 22^a posição do *ranking*, já quando o fator é a atração de talentos, encontra-se na 33^a posição.(30)

Um plano de requalificação não pode depender apenas do estado, é também necessária uma resposta coordenada dos três agentes-chave da mudança. (6)

O Governo deve consciencializar, informar e mobilizar todos os agentes de mudança, financiar e investir na aprendizagem ao longo da vida, e ainda gerir o ecossistema da aprendizagem e emprego. (6)

Os educadores devem informar os alunos sobre as oportunidades na área da educação e formação, integrar a aprendizagem e criar experiências na indústria, atualizar currículos, e adotar novas estruturas de cursos, de modo a aumentar o foco em formação baseada em competências. (6)

Os empregadores devem planejar estrategicamente a força de trabalho, implementar análises para identificar lacunas de competências, e executar iniciativas de requalificação da força de trabalho.(6)

Com estes três agentes-chave é possível haver suporte suficiente para construir uma boa requalificação e educação da população.

2.8 Iniciativas relativas à Automação

2.8.1 Comissão Europeia

Assim como em muitos outros setores, a Comissão Europeia (CE) imitiu incentivos e legislação para promover o desenvolvimento da indústria, um setor que representa 2 milhões de empresas, 33 milhões de postos de trabalho e 60% do crescimento da produtividade na UE. A CE lançou em 2016 a estratégia Digitalização da Indústria, para que esta se torne mais eficiente, desenvolvida e audaciosa. A estratégia é formada com 5 pilares principais (31):

- uma plataforma europeia de iniciativas nacionais sobre a digitalização da indústria que reúne todos os Estados-Membros para construir iniciativas e investimentos; (31)
- Centros de Inovação Digital onde todas as empresas podem obter ajuda para melhorar os seus negócios, processos de produção, produtos e serviços através da tecnologia digital; (31)
- reforço da liderança através de parcerias e plataformas industriais, fortalecendo a competitividade apoiando não só o desenvolvimento de plataformas industriais digitais, mas também as parcerias de pilotagem em larga escala e as parcerias público-privadas; (31)
- um quadro regulamentar adequado para a era digital, com base numa estratégia de um mercado único digital com a implementação da cibersegurança e o livre fluxo de dados; (31)
- preparar os Europeus para o futuro digital, com a aplicação da transformação digital será necessário dar à população formação de como retirar o melhor aproveitamento possível da tecnologia, assim como uma adaptação da mão-de-obra e investimentos na educação e aprendizagem. (31)

Tendo em conta todas as medidas propostas, foi prevista uma mobilização de mais de 50 mil milhões de euros de investimentos públicos e privados no apoio à digitalização da indústria. (32)

2.8.2 Governo Português

Um dos objetivos do Governo Português é o desenvolvimento da indústria e de serviços nacionais adaptados à indústria 4.0, e aproveitar para melhorar as posições nos rankings competitivos onde se encontra. Assim surgiu o programa “Portugal i4.0”, que visa promover a adoção de novas tecnologias. (33)

O plano estratégico do Portugal i4.0 é composto por 64 medidas que assentam em três eixos de ação (33):

- acelerar a adoção da Indústria 4.0 no tecido empresarial português; (33)
- promover a nível internacional empresas tecnológicas portuguesas; (33)
- tornar Portugal um polo atrativo para o investimento no contexto Indústria 4.0. (33)

A primeira fase destinou-se a divulgar a indústria 4.0, abordando a nova revolução industrial; demonstrar as diversas vantagens associadas assim como planos de implementação nos diversos setores empresariais; incentivar não só a inovação portuguesa face à era da indústria digital que se aproxima, como também o dinamismo que acompanha a nova geração de empreendedores como sendo um elemento fulcral para a transição da indústria do futuro. (34)

De forma a diminuir as barreiras e suportar a transição durante a fase II do programa, o Governo considera necessário atuar em 3 linhas orientadoras: Generalizar, Capacitar e Assimilar. (34)

A vertente “Generalizar i4.0” trata de impulsionar a partilha de conhecimento, experiências e benefícios como forma de estimular a transição massificada através da

divulgação da indústria 4.0 por diferentes modelos de sensibilização, disseminação e capacitação. Em 2020, o Instituto de Apoio às Pequenas e Médias Empresas e à Inovação (IAPMEI) reconheceu 9955 pequenas e médias empresas (PME) nacionais com padrões competitivos elevados. (34),(35)

Relativamente a “Capacitar i4.0”, foca-se em dar conhecimento às pessoas permitindo às empresas uma transição para a indústria 4.0 e assegurando um nível de formação de recursos humanos de forma inclusiva e baseado em emprego qualificado. (34)

Na vertente “Assimilar – Integração de tecnologias i4.0” – pretende-se promover, facilitar e financiar a experimentação i4.0. Para tal, é recomendado o desenvolvimento de ecossistemas colaborativos e o suporte à integração das cadeias de valor das PME. (34)

Como apoio ao avanço da vertente “Assimilar - Financiamento/ Apoio ao Investimento”, o programa deve financiar mais de 35 projetos transformadores por ano, através da divulgação e facilitação do acesso a instrumentos/mecanismos de investimento e financiamento que suportem as PME no desenvolvimento de projetos i4.0; da criação ou reformulação de mecanismos de financiamento existentes orientados à experimentação tecnológica; da implementação de novos processos e tecnologias, adequados aos vários setores. (34)

Na figura 2.16, são apresentadas as 11 áreas de atuação críticas de cada vertente e ainda as iniciativas aceleradoras a desenvolver.



(34)

Figura 2.16 – Iniciativas aceleradoras das 3 linhas orientadoras.

- Avaliação da Maturidade Digital: promover o diagnóstico da maturidade digital e suportar integração da transformação i4.0 com base nesse diagnóstico; (34)
- *Experience i4.0*: partilhar e espalhar o conhecimento adquirido pela experimentação e implementação de tecnologias e práticas no âmbito da i4.0; (34)
- Estímulo à Inovação: estimular nos alunos universitários das áreas envolvidas com a tecnológica e indústria; (34)
- Qualificação Digital e Setorial: implementar planos de formação para desenvolver competências necessárias para a i4.0; (34)
- *Learning Factories*: disponibilizar mecanismos de formação; (34)
- Experimentação e Aprendizagem: desenvolver uma rede nacional equilibrada e colaborativa de Digital Innovation Hubs; (34)
- Conexão Digital: encorajar a digitalização e integração das cadeias de valor dos fornecedores e parceiros das grandes empresas e das PMEs nos temas i4.0; (34)
- "*Coaching i4.0*": suportar a integração do investimento tecnológico, capacitar as organizações e facilitar a transformação organizacional; (34)

- Gestão de Risco e Inovação: desenvolver uma infraestrutura de cibersegurança; (34)
- Acesso ao Financiamento: acesso a instrumentos e mecanismos de investimento e financiamento a projetos no âmbito i4.0; (34)
- Financiamento e Transformação: criar e adaptar os fundos e linhas de apoio à tipologia e diversidade de projetos no âmbito i4.0. (34)

Após dois anos de execução da fase I do programa Portugal i4.0, observa-se que 95% das medidas foram executadas, sendo que mais de 24 mil empresas e 550 mil pessoas foram abrangidas pelas diferentes iniciativas. Em abril de 2019, foi lançada a fase II do programa caracterizada por apresentar uma lógica mais transformadora, destinada a ampliar o número de empresas que verdadeiramente capitalizam os benefícios da Indústria 4.0. (36)

A fase II do Portugal i4.0 estima a mobilização de investimentos públicos e privados no valor de 600 milhões de euros nos próximos dois anos. O objetivo passa por envolver nas várias iniciativas mais de 20 mil empresas, formar mais de 200 mil trabalhadores e financiar mais de 350 projetos transformadores. (36)

3

Equipamentos

Neste capítulo serão apresentados os principais equipamentos e componentes utilizados neste projeto.

3.1 Controlador de Aparafusamento

O controlador de aparafusamento é um aparelho industrial de uso apenas profissional que se destina a ser utilizado para conduzir, monitorizar e controlar ferramentas elétricas. O sistema é controlado automaticamente através da medição da potência consumida pela ferramenta e do controlo de rotação angular. (37)

Esta tecnologia fornece um complemento para a gama de sistemas tradicionais equipados com um transdutor de torque. (37)

O controlador pode atuar em ferramentas elétricas manuais (EC), fixas (MC, MCL) ou de série ECPHT. As séries ECPHT são uma ferramenta de punho de pistola de alta aderência equipada com 2 velocidades mecânicas para proporcionar uma velocidade livre, rápida e elevada no torque final. Estas ferramentas precisam de formas específicas para conduzir o motor. (37)

A figura 3.1 apresenta o Controlador de Aparafusamento da gama CVIC II, que foi utilizada no projeto. Este controlador possui quatro versões, todas elas com uma aparência semelhante: CVIC II L2; CVIC II L4; CVIC II H2; CVIC II H4.



(37)

Figura 3.1 – Controlador de Aparafusamento CVIC II.

O CVIC II é composto por:

- 4 modelos de hardware para conduzir ferramentas de baixo torque;
- 2 modelos de hardware para conduzir ferramentas de maior torque.

Para cada modelo de hardware, existem 2 versões de software:

- versão L: que permite apenas um programa de aperto, ou seja, 1 ciclo;
- versão H: que permite até 15 ciclos de aperto.

Um ciclo é um programa de aperto que consiste em várias fases concatenadas, sendo cada fase adaptada às várias fases do ciclo de aperto. Dependendo dos sistemas, é possível pré-programar e selecionar um ou vários ciclos de aperto. Isto permite que a mesma ferramenta execute o aperto com vários ajustes. (37)

Este aparelho está ainda equipado com:

- 1 porta Ethernet para comunicação em rede;
- 1 porta RS232 para ligar leitores de códigos de barras;
- 8 Entradas Lógicas e 8 Saídas Lógicas.

Cada ferramenta tem uma memória e ao ligar a ferramenta a um controlador, este reconhece-a e define automaticamente todos os parâmetros. A seleção da ferramenta tem em conta as condições de operação definidas pelo utilizador, que não deve exceder os limites de operação especificados pelo fabricante.(37)

A tabela 3.1 apresenta as características principais do CVIC II.

Versões		H2	H4	
Potência média (kW)		0.5	0.65	
Pico de Potência (kW)	Cabo de 5 (m)	1	3	
	Cabo de 35 (m)	1.5	4.5	
Tensão (VAC)		Trifásica	Monofásica	
		85 – 125	180 – 250	
Tensão Switch Automático (VAC)		110 - 230		
Frequência (Hz)		50 / 60		
Peso (kg)		5.9		
IP		40		
Temperatura em funcionamento (°C)		0 - 45		
Dimensões (mm)		Comprimento	Largura	Altura
		290.6	130	314

Tabela 3.1 – Características principais do CVIC II.

Se o motor elétrico da ferramenta ultrapassar a temperatura excessiva de 100°C, a ferramenta para automaticamente e apenas recomeça se for registada uma temperatura abaixo dos 80°C.(37)

Quando o controlador é ligado, se tudo estiver *OK*, o ecrã de controlo é exibido pelo CVIC, mas se ocorrer um problema, o ecrã exibe *NOT OK*. (37)

Na figura 3.2 é possível visualizar a formatação *standard* do ecrã de um CVIC II com a respetiva indicação de dados importantes adquiridos quando está a ser realizado o ciclo.

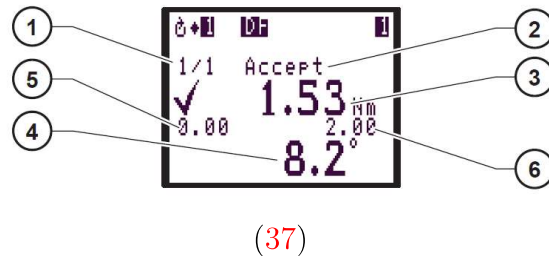


Figura 3.2 – Ecrã Standart do CVIC II.

Seguidamente é listada a legenda dos respetivos indicadores:

1. Contador do número de fases realizadas com sucesso até igualar o número total de fases do ciclo.
2. Estado do contador *NCYOK*, para determinar se cada fase foi bem executada e aceite.
3. Resultados do torque, em *Newton* metro (Nm), do ciclo anterior.
4. Relatório do ângulo de aperto, em graus.
5. Torque máximo do programa selecionado.
6. Torque mínimo do programa selecionado.

Um ciclo de aperto consiste na execução de uma sequência de fases. Cada fase é definida por parâmetros principais e instruções de aperto de acordo com o tipo de aperto selecionado e as definições do motor. (37)

Uma fase corresponde a uma etapa do programa do ciclo. Por exemplo: um ciclo típico inclui uma fase de velocidade de *runDown* e depois uma fase de velocidade final, cada uma contém os dados necessários para a sua execução. O número máximo de fases varia de acordo com os sistemas. (37)

Os endereços das funções das entradas e as saídas do controlador podem ser reconfiguradas de acordo com a operação desejada. É possível utilizar a configuração padrão ou a configuração dedicada.

Todas as funções podem ser configuradas em qualquer entrada ou saída disponível, sendo também possível configurar a mesma função de saída em várias saídas.

Tal como é observável no esquema de entradas e saídas do CVIC II da figura 3.3, existem 2 circuitos comuns separados na saída:

- COM1 comum para a saída 1 a 4.
- COM2 comum para a saída 5 a 8.
- É possível ligar as COM1 e COM2 juntas a obter um circuito comum único para todas as saídas.

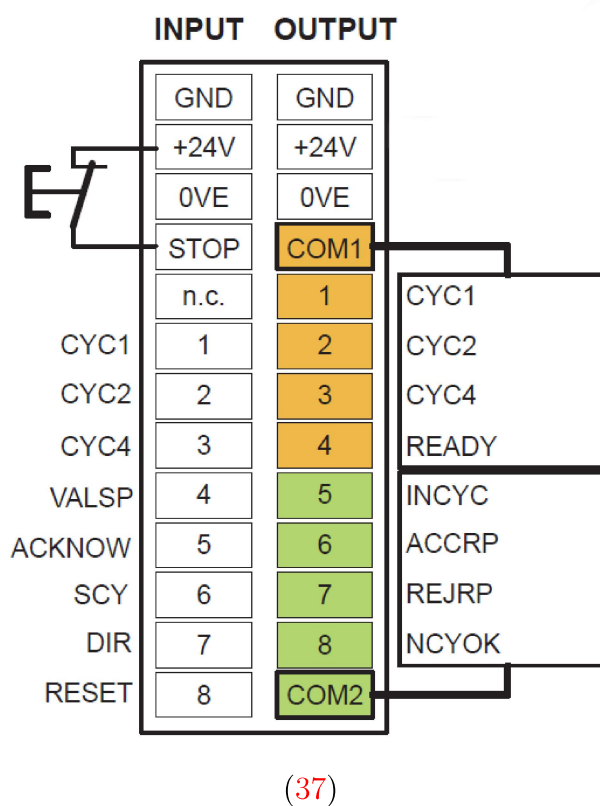


Figura 3.3 – Esquema de Entradas e Saídas do CVIC II.

De seguida são descritas algumas informações fornecidas pelo Controlador de Aparafusamento que foram importantes para o desenvolvimento do projeto.

O *accept report*, ou *ACCRP*, representa um relatório de aceitação que é enviado em forma de sinal para o CLP quando o ciclo está terminado e o relatório geral está correto. (37)

O *rejection report*, ou *REJRP*, representa um relatório de rejeição que é enviado em forma de sinal para o CLP quando o ciclo está terminado e o relatório geral está incorreto. (37)

O *reset* representa o reinício do ciclo e é feito em duas situações: quando um novo código de barras é lido ao passar pelo scanner ou quando é forçado o reset ao ciclo. Este sinal reinicia os relatórios de aperto e apaga os resultados exibidos. (37)

O número de fases *OK*, ou *NCYOK*, é um sinal emitido quando o número de fases com um relatório correto é igual ao número de fases corretas programado. Esta saída é reiniciada depois do tempo definido. (37)

O parâmetro responsável por emitir a resposta ao pedido de início de fase é o *INCYC*. Que retorna a "0" no final de cada fase. (37)

A entrada *VALSP* é ativada quando a aparafusadora está na posição correta. Esta posição depende do número da fase que está a ser executada no momento.

Os *CYC 1*, *CYC2* e *CYC4* são codificações binárias com peso de 1, 2 e 4, respetivamente. Só se envia a validação de ciclo se corresponder a um ciclo programando; caso contrário estão em "0".

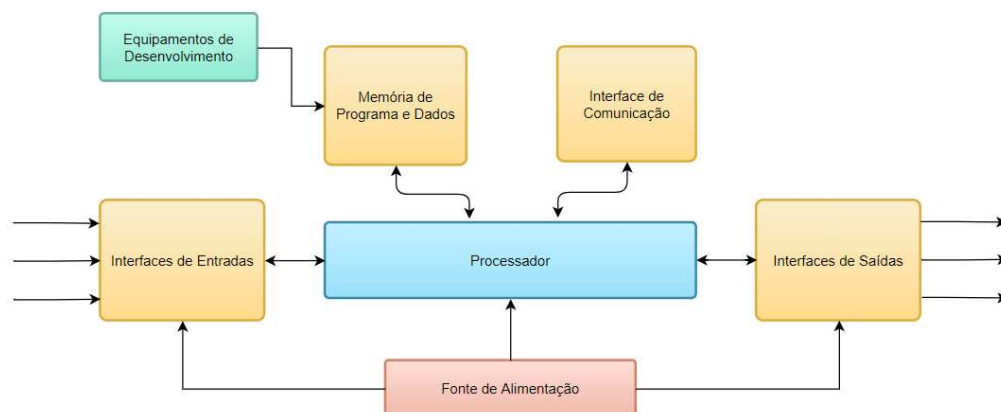
3.2 LOGO! CE24

Um CLP é um microprocessador de controlo que usa memória programável para armazenar instruções e para implementar funções de forma a controlar máquinas e processos. Criado na década de 60, este aparelho tinha como principal objetivo

substituir painéis de relés muito utilizados na indústria automóvel para efetuar controlos, tendo por base a lógica combinatória e sequencial. Porém, a utilização destes relés tinha como desvantagens problemas nos contactos, desgastes devido ao contacto repetitivo, dificuldade na reconfiguração da lógica de controlo e necessidade de manutenções periódicas. (38), (39)

O CLP foi projetado para ser versátil e de fácil utilização, onde o programa possa ser implementado numa linguagem simples e intuitiva, indicado para lidar com sistemas discretos. (38)

O "hardware" que compõe estes dispositivos é, geralmente, constituído por uma fonte de alimentação, uma unidade central de processamento, um dispositivo de programação, uma memória, interfaces de entradas e saídas e uma interface de comunicação. Na figura 3.4 é representado um esquema simples do princípio básico do CLP. (38), (39)



(39)

Figura 3.4 – Esquema do "hardware" que constitui um CLP.

A unidade central ou de processamento é a unidade que contém o microprocessador responsável por realizar operações lógicas e matemáticas, de forma sequencial. Interpreta todos os sinais de entrada e dá início às ações de controlo, de acordo com o projeto armazenado na memória, atribuindo os sinais de ação para as saídas. A ordem com que o processador executa todas as operações lógicas chama-se ciclo de varrimento,

e a duração de execução chama-se tempo de ciclo. (39)

A fonte de alimentação fornece energia aos elementos eletrónicos, converte a tensão de entrada numa tensão adequada à alimentação do CLP e protege os componentes contra eventuais picos de tensão.(39)

A memória é um dos mais importantes elementos de um controlador, sendo que este possui três tipos de memória: a memória de programa, a memória de trabalho e a memória retentiva. (39)

A memória de programa permite armazenar o projeto do utilizador, os dados e a configuração, não sendo por isso volátil. (39)

A memória de trabalho oferece armazenamento volátil, pois sempre que o equipamento não recebe energia, a informação desta é perdida. (39)

A memória retentiva armazena dados da memória de trabalho de forma não volátil, sendo a quantidade de dados limitada. Quando ocorre uma falha de energia, o processador irá restaurar os valores aqui guardados para reiniciar.(39)

As interfaces de entradas e saídas permitem ao processador receber e escrever a informação proveniente dos dispositivos externos. Os sensores e interruptores são exemplos de entradas, relés e válvulas são exemplos de saídas.(39)

As unidades de entrada digital detetam e convertem sinais de comutação de entrada e níveis lógicos de tensão contínua, geralmente 24V DC do sensor são convertidos para 5 Vcc. As unidades de entrada analógica convertem sinais analógicos em valores numéricos que podem ser compreendidos pela unidade de processamento. (39)

Uma das grandes vantagens dos CLP é que no mesmo controlador pode ser usado em diversos sistemas de controlo. Para modificar o sistema de controlo e as regras que estão a ser usadas, basta o operador introduzir outra chave de instruções, sem que seja necessário reiniciar o dispositivo. O resultado da sua utilização é um sistema flexível com uma boa relação custo-benefício, e variam na natureza e na complexidade. Em comparação a outros sistemas de relés, os CLP apresentam

diversas vantagens, tais como (38):

- podem ser expandidos adicionando novos módulos ao CLP enquanto que com sistemas de relé tem de haver as mudanças de hardware; (38)
- são mais robustos e confiáveis do que os sistemas reais com um grande número de componentes mecânicos; (38)
- são mais compatíveis, requerem menos manutenção e podem operar mais rápido. (38)

Os CLP são semelhantes aos computadores, mas enquanto os computadores são otimizados para cálculos e tarefas de display, os CLP são otimizados para tarefas de controlo e para funcionar em âmbito industrial. (38):

Comparativamente aos computadores, os CLP apresentam as seguintes características:

- são projetados para suportar vibrações, temperaturas, humidade e ruído, ao contrário de, por exemplo, um computador pessoal; (38)
- têm as interfaces de entradas e saídas incorporadas no controlador. Os CLP em formato prateleira são mais fáceis de expandir para enfrentar uma grande quantidade de números de entrada e de saída;(38)
- são facilmente programados pois têm uma linguagem de programação de fácil compreensão uma vez que é composta por lógica e por operações de interruptores; (38)
- não são tão adequados para dados de longa duração e análise pessoal; (38)
- os computadores pessoais são mais frágeis do que os CLP, sendo estes mais confiáveis. (38)

Os CLP podem, no mesmo projeto, ser programado em diferentes linguagens. Na tabela 3.2 são listadas as linguagens de programação que podem ser usadas nos CLP.

Linguagens Gráficas	Linguagens Textuais
"Ladder"	Lista de Instruções
Diagrama de Blocos	Texto Estruturado
"Grafcet"	

Tabela 3.2 – Linguagens de programação executáveis nos CLP.

Para a realização deste projeto, foi utilizado um autômato CLP da Siemens denominado de LOGO!, modelo 24CE. Na figura 3.5 é apresentado o CLP utilizado e na tabela 3.3 as suas características principais.



(40)

Figura 3.5 – LOGO! 24CE da Siemens.

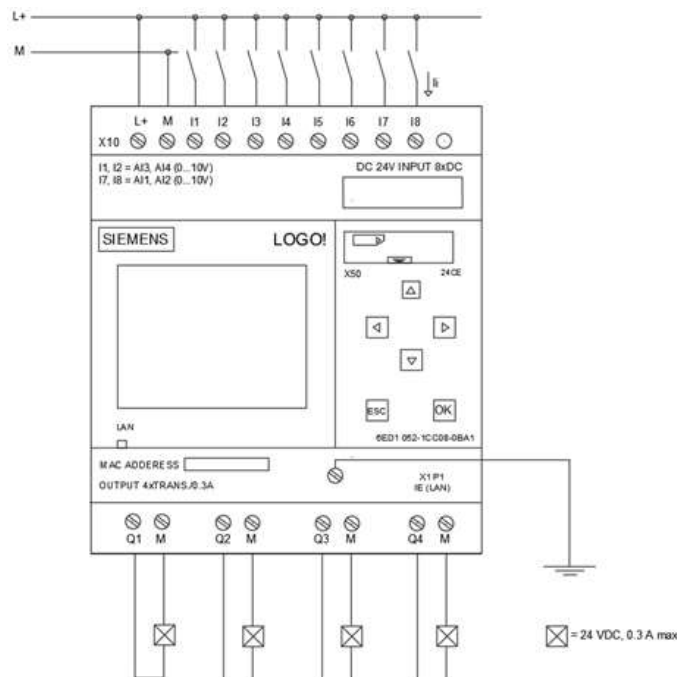
(41)

Entradas	L+	20.4 V - 28.8 V	
	I a 24 VDC	Without Load	With Max. Load
		25 mA - 50 mA	1.2 A
	I3 - I6	1: >12 VDC; I >2.1 mA	
		0: <5 VDC; I <0.9 mA	
	I1 - I2 I7 - I8	1: >12 VDC; I >0.18 mA	
		0: <5 VDC; I >0.07 mA	
	Temperatura	-40°C a -70°C	
Dimensões	71.5 x 90 x 60 mm		
Saídas	Número	VDC	Imáx
	4	24	0.3 A

Tabela 3.3 – Características principais do LOGO! 24CE da Siemens.

Na figura 3.6 é possível observar um esquema do circuito interno do CLP, onde:

- a entrada M na parte superior do dispositivo é ligada ao polo negativo da fonte de alimentação e as saídas representadas por M contêm 0V;
- a entrada L+ é conectada ao polo positivo da fonte de alimentação de 24V;
- as entradas In têm que ser alimentadas a 24V;
- este CLP tem proteções nas saídas, que previne estragos irreparáveis no dispositivo na presença de um curto-circuito, o aparelho reinicia de imediato;
- este modelo não possui relés à saída, logo as Saídas Qn não comutam para o Mn adjacente;
- possui uma entrada para um cabo "ethernet" e assim é possível ligá-lo ao computador para realizar upload ou download de programas e para comunicações.



(41)

Figura 3.6 – Circuito interno do LOGO! 24CE da Siemens.

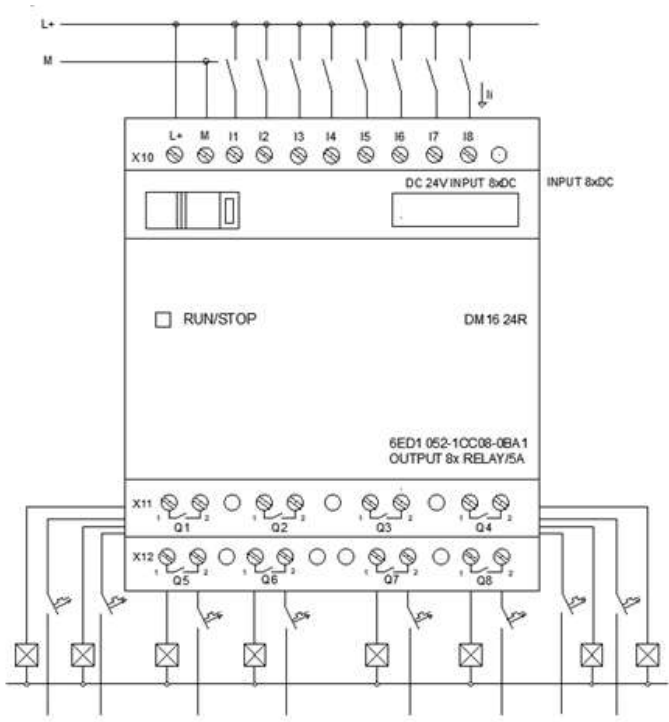
3.2.1 Expansão LOGO! DM16 24R

Durante o procedimento foi necessário acrescentar uma nova extensão, pois apenas um CLP não tinha o número de entradas e saídas suficientes disponíveis para conectar todos os componentes necessários.

Assim, foi utilizada extensão LOGO! DM16 24R, que complementa o CLP com a adição de 8 entradas e 8 saídas. Na figura 3.7 podemos visualizar o seu circuito interno.

Este dispositivo tem um funcionamento ligeiramente diferente do anterior. Um exemplo é não conter entrada para o cabo *ethernet* nem display incorporado, pois, como é uma extensão, apenas atribui um conjunto de entradas e saída adicionais ao CLP principal, sendo que cada saída contém um relé, o que leva à alimentação de 24V de uma das duas extremidades do relé de cada saída e a outra é responsável

por encaminhar o sinal ao dispositivo ou componente a que se destina.



(41)

Figura 3.7 – Circuito interno do LOGO! DM16 24R da Siemens.

A tabela 3.4 lista as características principais associadas a este dispositivo.

(41)

Entradas	L +	20.4 - 28.8 VDC	
	I24VDC	30 - 115 mA	
	2*I1 - I8	1: >12 VDC; I>2 mA	
		0: <5 VDC; I >0.85 mA	
Temperatura	-20°C a 55°C		
Dimensões	71 x 90 x 58 mm		
Saídas	Número	VAC/DC	Imáx (A)
	8	<240	16

Tabela 3.4 – Características principais da extensão LOGO! DM16 24R da Siemens.

3.3 DOGA Posi-Control

O DOGA Posi-Control – 990 (DPC) é um controlador de posição que tem como um dos objetivos melhorar a qualidade de fabrico reduzindo o risco de falhas no processo. O DPC é um sistema de sequenciação, erro unidade de prova e posicionamento. É compatível com ferramentas de ar, elétricas e de corrente contínua, o processo de montagem permanece sob controlo, independentemente da qualificação do operador. (42)

O DPC ainda inclui posicionamento programável com tolerância, tempo mínimo e máximo programável, auto-aprendizagem do posicionamento, modo de sequenciação ativo ou desativo e bloqueio do programa através de senha. (42)

Na figura 3.8 podemos observar um destes equipamentos DPC já ligado e configurado para 5 parafusos.



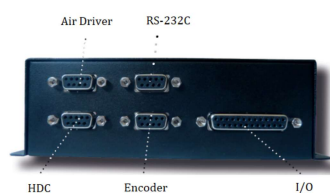
Figura 3.8 – Vista frontal da DPC-990.

No display é mostrado o número do programa – P2n - e o número da posição em contagem decrescente.

Os leds, que mudam entre verde (para OK) e vermelho (para NOT OK]), posicionados e legendados no lado direito indicam, numa ordem de cima para baixo, quando a posição está correta ou não, quando o torque está OK, quando o ciclo termina ou

é interrompido e no fim quando existe uma interrupção do ciclo sendo que este não termina com os aparafusamentos todos executados.

O DPC possui entradas para estabelecer comunicações com outros dispositivos, através de cabos, de forma a realizar troca de dados, tal como é observável na figura 3.9.



(42)

Figura 3.9 – Entradas do DPC-990.

As entradas são: a HDC responsável pela receção do *NCYOK* e do *INCYC*, *Encoder* que contém as codificações das posições e 25 pinos para entrada/saída (I/O) de dados (binário alcançado, bloqueio do motor, seleção de binário, posição *OK*, reinício do ciclo, etc.). (42)

Para este projeto, foram estudadas com mais atenção as entradas HDC e I/O, pois são as responsáveis pela troca de informação com o dispositivo de aparafusamento.

As principais características técnicas do DPC são apresentadas na tabela 3.5.

(42)

Entradas	Tensão	24 VDC
	Corrente	1 A
Dimensão	171 x 135 x 51 mm	
Memória	99 programas	
Precisão	0.09º (cada eixo)	

Tabela 3.5 – Características principais da DOGA Posi-Control - 990.

3.4 Dispositivo de Aparafusamento

O Dispositivo de Aparafusamento é um sistema que tem como elemento principal o CLP, sendo que todos os restantes elementos estão conectados a ele diretamente ou indiretamente, a aparência do dispositivo em questão pode ser observada nas figuras 3.10 e 3.19.

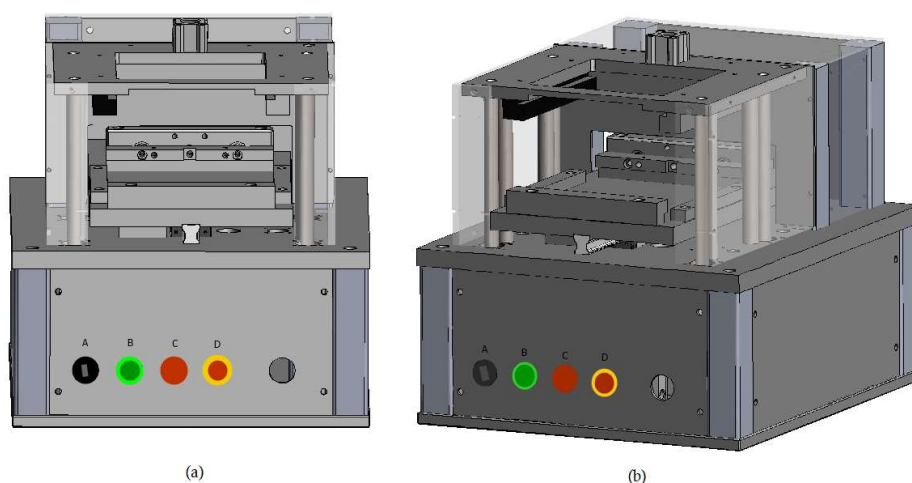


Figura 3.10 – Dispositivo de aparafusamento - vista frontal (a) e lateral direita (b).

Nesta figura 3.10 (a), podemos observar o dispositivo de aparafusamento visto de frente, enquanto na figura 3.10 (b), a lateral direita do dispositivo. O lado frontal do dispositivo contém os seguintes 4 componentes:

A - *Switch* de duas posições;

O *switch* utilizado é um contacto normalmente aberto, tal como ilustra a figura 3.11, que quando acionado fecha o contacto e envia um sinal para a entrada I3 do CLP. Pode adquirir duas posições, uma em circuito aberto e outra em circuito fechado. A figura 3.12 apresenta o componente utilizado.

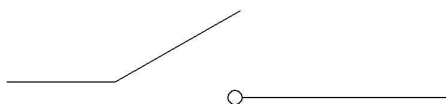


Figura 3.11 – Representação elétrica do switch.



(43)

Figura 3.12 – Switch seletor de 2 posições.

B - Botão com sinalizador verde

Este componente tem duas funções distintas, uma delas é o sinalizador de cor verde, e a outra é um botão com retorno por mola.

Normalmente é acionado quando ocorre um erro, como por exemplo, quando não é possível realizar todos os aparafusamentos corretos até ao final do ciclo (valores de torque e ângulo dentro do intervalo correto).

A figura 3.13 mostra a representação elétrica no botão utilizado e a sua imagem é apresentada na figura 3.14.

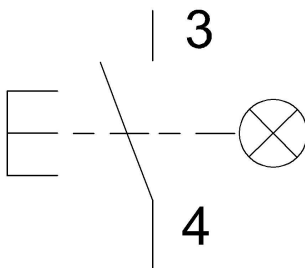


Figura 3.13 – Representação elétrica do botão luminoso verde.



(44)

Figura 3.14 – Botão luminoso verde.

C - Sinalizador vermelho

O sinalizador vermelho é constituído por um led e um contacto normalmente aberto, representado na figura 3.15. A sua função no sistema é emitir um sinal luminoso vermelho como forma de erro ou paragem do ciclo e a sua imagem pode ser observada na figura 3.16.

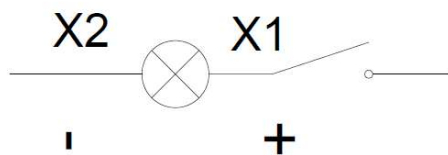


Figura 3.15 – Representação elétrica do sinalizador vermelho.



(45)

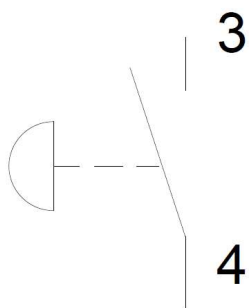
Figura 3.16 – Sinalizador vermelho.

D - Botão de emergência de duas posições.

O botão de emergência tem funções semelhantes a um botão de paragem e reinício do ciclo. É acionado quando existe um erro num dos aparafusamentos do ciclo, ou quando se deseja parar e reiniciar o ciclo.

Como visto anteriormente, o botão com sinalizador verde também tem a função de reiniciar o ciclo, a diferença para este botão de emergência é que, enquanto não for libertado, outro ciclo não pode iniciar, além de que é mais suscetível a ser pressionado em caso de erro ou emergência.

Tal como apresenta a figura 3.17, este componente é constituído por um contacto aberto e por um botão que exige um movimento rotativo para ser destravado depois de pressionado. A figura 3.18 representa o botão com o contacto normalmente aberto.

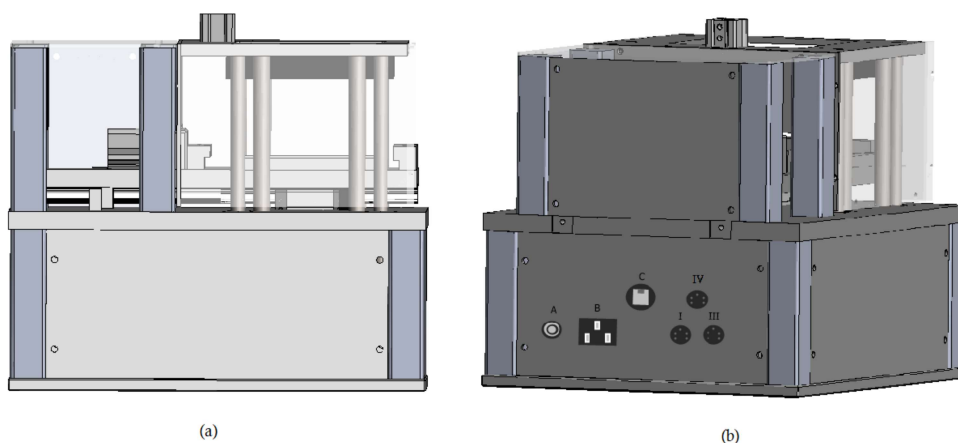
**Figura 3.17** – Representação elétrica botão de emergência.



(46)

Figura 3.18 – Botão de emergência.

Na figura 3.19, podemos observar o Dispositivo de Aparafusamento visto do lado direito (a) e visto do lado de trás (b).

**Figura 3.19** – Dispositivo de aparafusamento - vista lateral direita (a) e de trás (b).

É possível observar que em (b), o dispositivo contém 6 entradas que servem para conectar os componentes presentes no interior do dispositivo de aparafusamento com outros equipamentos no exterior. As entradas legendadas de I, III e IV são conectadas a cabos com a mesma legenda, cada um com diferentes funções, descritas em seguida.

A - Entrada para o ar comprimido

A primeira entrada apresentada serve como conexão entre uma mangueira exterior ao dispositivo de aparafusamento, ligada à rede de ar comprimido, e uma mangueira que está interior do dispositivo, que liga às válvulas, conduzindo assim o ar comprimido da rede para os cilindros pneumáticos. Este componente é apresentado na figura 3.20.



(47)

Figura 3.20 – Conector de mangueiras de ar comprimido.

B - Fonte de alimentação

Neste projeto foi utilizada a fonte de alimentação industrial da série MDR-60, o modelo de 24V, MDR-60-24, do fabricante “Mean Well”, apresentada na figura 3.21.

Esta fonte contém proteções contra curto-circuito, sobrecargas e sobretensão em tensões entre 31.5V e 36V, e realiza o arrefecimento por convecção de ar livre. Incorpora um indicador led para ligar a energia, assim como um contacto de relé DC OK. O consumo de energia sem carga é menor do que 0,75W. (48)



(48)

Figura 3.21 – Fonte de alimentação MDR-60-24.

As especificações principais deste equipamento são listadas na tabela 3.6.

	Saída	Tensão	24 VDC	
		Corrente	2.5 A	
		Potência	60 W	
		Gama de tensão	24 ~ 30 V	
		Tolerância de tensão	± 1.0 %	
(48)	Entrada		AC	DC
		Gama de tensão	85 ~ 264 V	120 ~ 370 V
		Gama de frequências	47~ 63 Hz	
		Corrente em AC	1.8A/115V	1A/230V
	Temperatura	-20 ~ +70°C		
	Dimensões	40 x 90 x 100 mm		

Tabela 3.6 – Principais especificações da MDR-60-24.

C - Entrada para cabo *ethernet*

O conector fêmea para o cabo RJ45 permite a passagem de redes *ethernet* através de um painel elétrico. Este componente foi implementado na face

traseira do dispositivo de aparafusamento com fim de conectar os cabos rj45 que estabelecem a ligação entre o CLP e um computador. A figura 3.22 mostra um conector semelhante ao utilizado.



(49)

Figura 3.22 – Conector fêmea para cabo RJ45.

Os cabos RJ45, semelhante ao da figura 3.23, são projetados para transmissões rápidas, são muitas vezes escolhidos devido à sua propriedade de cancelamento de ruído. Os cabos UTP minimizam interferências que afetam negativamente a qualidade do sinal. (50)



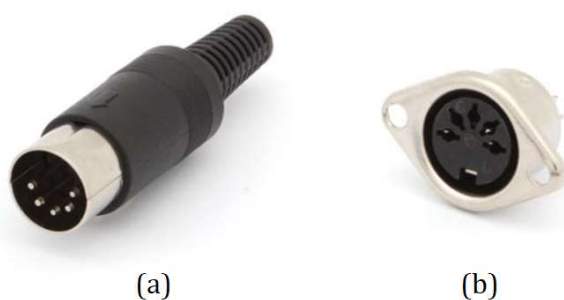
(50)

Figura 3.23 – Conector fêmea para cabo RJ45.

As entradas seguintes serão os cabos I, III e IV. Todos os cabos são conectados a uma ficha DIN macho de 5 pinos através da soldagem entre os fios do cabo com os

pinos da ficha que pode ser visualizada na figura 3.24, legendado por (a).

Esta ficha une-se à ficha DIN fêmea de 5 pinos que se encontra na face traseira do dispositivo de aparafusamento, com o fim de conduzir o sinal que os cabos carregam para o interior do dispositivo através dos cabos internos com os fios soldados ao componente, semelhante ao legendado por (b) da mesma figura.



(51) (52)

Figura 3.24 – Fichas DIN macho (a) e fêmea (b) de 5 pinos.

1. Cabo I

O primeiro cabo apresentado é o WCI. Este cabo realiza a troca de sinais entre o CLP e as entradas e saídas (I/O) e HDC do DPC Posi-Control, cada pino envia um sinal com diferentes significados.

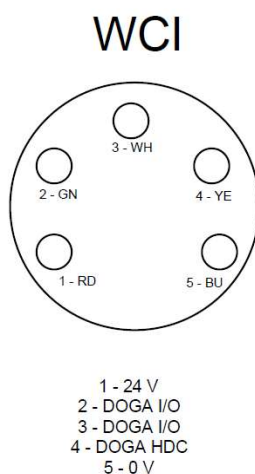


Figura 3.25 – Pinos do cabo WCI e cores dos fios associados.

Tal como ilustrado na figura 3.25, o pino 1 foi conectado a 24V e o pino 5 aos 0V.

Os pinos 2 e 3 às interfaces de I/O do DPC, sendo que o pino 2 permite que o DPC informe ao CLP que o ciclo foi terminado e o pino 3 conduz um sinal do CLP para o DPC para informar quando existe uma paragem forçada do ciclo.

Quanto ao pino 4 conecta o CLP à ficha HDC do DPC para que este seja informado que o CLP está pronto a iniciar um novo ciclo.

2. Cabo III

O cabo III foi criado para estabelecer contacto entre o CLP, o seletor manual do número de parafusos, que precisam de aparafusamento no próximo ciclo, e as interfaces de I/O do DPC. O seletor é constituído por um contacto aberto, como pode ser observado na figura 3.26.



Figura 3.26 – Seletor manual.

O CLP e o DPC assumem, por defeito, que o seletor está posicionado para 7 parafusos (sinal 0), e quando envia o sinal significa que está posicionado para 5 parafusos (sinal 1).

A comunicação entre este seletor e o DPC é apresentada na figura 3.27, quando selecionado um ciclo de 5 parafusos, e na figura 3.28, quando selecionado um ciclo de 7 parafusos.

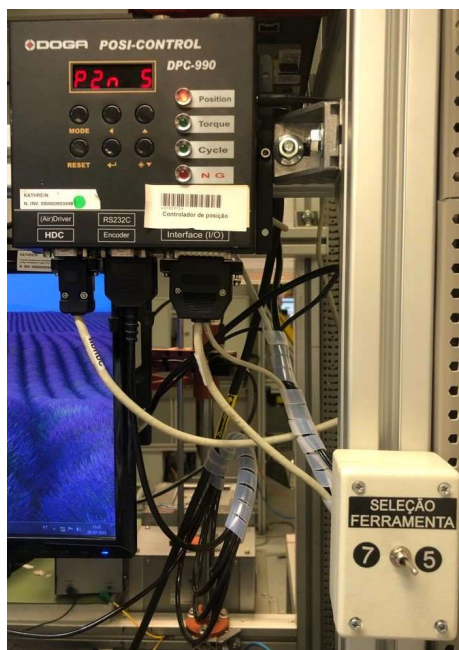


Figura 3.27 – Seletor manual e DPC na seleção do ciclo de 5 parafusos.

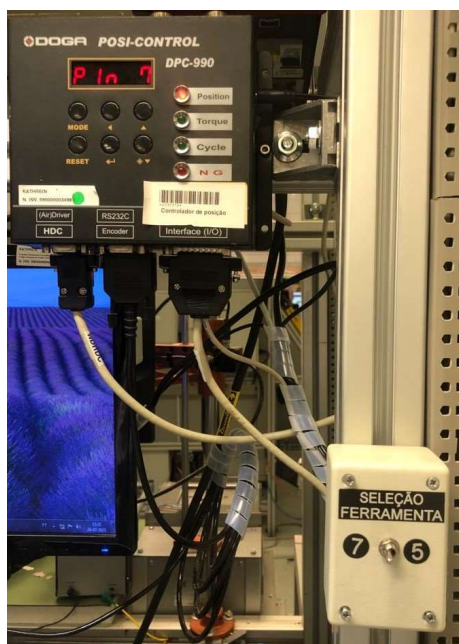


Figura 3.28 – Seletor manual e DPC na seleção do ciclo de 7 parafusos.

Na figura 3.29 é possível visualizar a ficha DIN associada ao cabo III. Sendo que o pino 1 é conectado aos 24V e o pino 2 aos 0V. O pino 3, por sua vez,

conecta ao seletor manual e ao DPC.

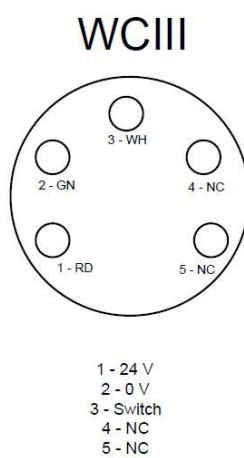


Figura 3.29 – Pinos do cabo WCIII e cores dos fios associados.

3. Cabo IV

Para concretizar um dos principais objetivos deste projeto, foi adicionado o cabo IV, que tem a função de realizar a comunicação entre o CLP e o controlador de aparafusamento. Esta comunicação existe para que seja possível haver uma troca de programas conforme a mudança de parafuso, isto é, sejam um ciclo de 5 ou de 7 parafusos.

Assim como nos cabos descritos anteriormente, cada fio do cabo IV tem uma ligação diferente, como mostra a figura 3.30.

O pino 1 é responsável por levar o sinal do controlador de aparafusamento ao CLP quando o parafuso foi aparafusado corretamente. Já os pinos 2, 3 e 4 destinam-se ao conjunto de ligações que indicam o número do parafuso.

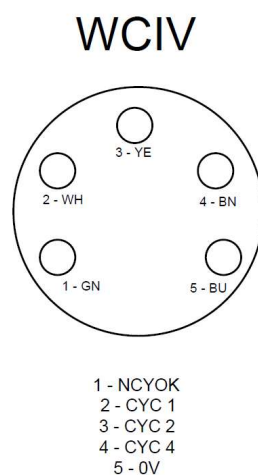


Figura 3.30 – Pinos do cabo WCIV e cores dos fios associados.

3.4.1 Sensores de proximidade indutivos

Um sensor de proximidade indutivo cria um campo magnético para detectar a presença ou ausência de um objeto metálico dentro de uma curta distância e transforma a grandeza física num sinal elétrico enviado ao CLP.

1. Cilíndrico

É utilizado um sensor indutivo cilíndrico, semelhante ao da figura 3.32, do tipo PNP e normalmente aberto, ou *sourcing*. A figura 3.31 mostra a representação elétrica do sensor, sendo que este tem um fio que se liga aos 24V, um segundo fio que se liga aos 0V e ainda um terceiro fio que se liga a uma entrada do CLP. Quando é detetado um objeto, o contacto fecha-se, criando um circuito fechado e alimentando a entrada do autómato.

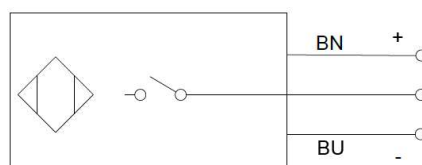


Figura 3.31 – Representação elétrica do sensor de proximidade indutivo cilíndrico PNP.



(53)

Figura 3.32 – Legenda dos pinos do cabo WCIV e cores dos fios associados.

2. *Auto switch* D-A93

O *auto switch* D-A93 é um dos diversos sensores usados nos cilindros pneumáticos.

Este modelo tem uma entrada elétrica *grommet*, de montagem direta e opera como um interruptor de palheta. Ainda incorpora um led que ativa quando o sensor é ativado pela aproximação de um objeto, uma resistência e um díodo zener, num circuito interno igual ao da figura 3.33. Necessita de uma tensão de 24V em DC e de 100V em AC, a gama da corrente que é possível percorrer o sensor é de 5 até 40 mA em DC e de 5 até 10 mA em AC, não possui proteção.

(54)

Este sensor possui 2 fios, um para conectar ao CLP como sendo o positivo e o fio que liga ao 0V. Na figura 3.34 podemos observar o sensor D-A93.

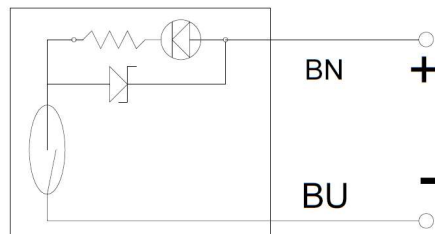


Figura 3.33 – Representação elétrica do sensor *auto switch* D-A93.



(55)

Figura 3.34 – Sensor *auto switch* D-A93.

3.4.2 Cilindro pneumático

Os cilindros pneumáticos são acionados de acordo com um comando de lógica ou algoritmo e são projetados para produzir uma força num movimento linear através de ar comprimido. Normalmente, estão associados a sistemas de automatização descontínuos, com contactos. São utilizados principalmente em produtos químicos, metalúrgicos, alimentares e indústrias de construção de máquinas. Podem ter diferentes tamanhos consoante o local onde são utilizados.(56)

Os cilindros pneumáticos são usados neste projeto com diferentes objetivos:

- Dois cilindros para prender as ferramentas de topo e da base onde é colocado o PCBa, semelhantes aos apresentados nas figuras 3.35 e 3.36.

- Um terceiro cilindro para controlar o movimento linear vertical da parte superior do dispositivo de aparafusamento, o que se traduz em libertar ou trancar o dispositivo em diferentes estados do ciclo, semelhante ao da figura 3.36.

Estes 3 cilindros são acionados pelo sinal enviado pelo CLP às válvulas, quando estas têm que ser desativadas e interromper o fornecimento de ar comprimido aos cilindros.



(57)

Figura 3.35 – Cilindro pneumático Generic Sda40X15.



(58)

Figura 3.36 – Cilindro pneumático Compact Cylinder ISO Standard - C55.

Os cilindros pneumáticos não foram inseridos no esquema elétrico do sistema, pois já estavam instalados anteriormente e não têm ligação direta com o CLP.

3.4.3 Válvula solenoide

Uma válvula solenoide é um dispositivo eletromecânico utilizados numa vasta gama de aplicações industriais, como por exemplo, sistemas hidráulicos de potência de fluídos, para controlar cilindros e sistemas de controlo de processos. (59)

O corpo do solenoide consiste numa bobina de uma liga condutora isolada com uma proteção envolvente. O êmbolo é de livre movimento e é feita em ferro magnético. Quando a eletricidade atravessa a bobina é gerado um campo magnético que produz uma força sobre o êmbolo ferromagnético que o puxa para dentro ou o empurra para fora. (59)

Para controlar e conduzir o ar comprimido para os cilindros pneumáticos foram implementadas válvulas da SMC da série SYJ e da série SY3000. Ambas as válvulas têm 5 portas de entrada e 2 posições, que se distribuem da seguinte forma:

- 1 entrada de ar (1);
- 2 escapes (5 e 3);
- 1 saída para um lado do cilindro (2);
- 1 saída para o outro lado do cilindro (4);
- Posição 1 – não energizada: o ar entra pela porta 1 e 4 e sai pela porta 2 e 5, sendo que se mantêm aos pares, porta 1 com a 2 e a porta 4 com a 5;
- Posição 2 – energizada: o ar entra pela porta 1 e 2 e sai pela porta 3 e 4, com os pares entre a porta 1 com a 4 e a porta 2 com a 5.

1. SMC SYJ7123-5LOU-01F-Q

É uma válvula estável com comando manual. As válvulas mono-estáveis assumem uma posição preferencial no estado de repouso. A posição preferencial pode ser assumida por uma mola interna e atua diretamente no elemento de

comutação, retorno por mola, retorno a ar, ou ambos. O comando manual significa que a válvula contém componentes, como um botão ou um switch, conectado ao acionamento mecânico da válvula. (60)

A válvula SYJ7000 é uma combinação inovadora de enorme eficiência e alto desempenho. A válvula SYJ utiliza um desenho de solenoide piloto de baixa potência, o que reduz drasticamente a geração de calor térmico. Isto melhora o desempenho, diminui os custos operacionais, e permite o controle direto por relés de saída do CLP. (60)

A figura 3.37 mostra o esquema elétrico deste tipo de válvula. A figura 3.38 apresenta uma válvula da mesma gama que a usada.

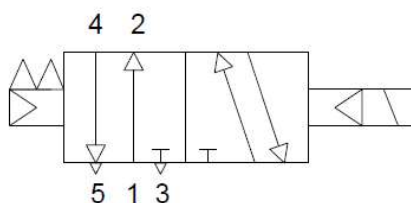


Figura 3.37 – Representação elétrica de uma válvula 5/2 com acionamento simples e comando manual.



(60)

Figura 3.38 – Válvula solenoide SYJ7120-5LOU-01F-Q.

2. SMC SY3240-5L0Z-Q

Esta válvula também é de 5/2, com comando manual, porém é bi-estável. As válvulas bi-estáveis, não têm posição preferencial, esta permanece na última posição de comando e só muda de posição quando receber outro sinal do lado

oposto. A criação das séries SY3000 permitiu aumentar o fluxo até 80%, permitindo reduzir o tamanho da válvula. Um filtro incorporado na válvula piloto evita problemas causados por matéria estranha. Estão disponíveis as direções lateral, superior e inferior do orifício/tubo, para permitir uma instalação flexível.

Na figura 3.39 encontra-se o esquema elétrico deste tipo de válvula, e na figura 3.40 podemos observar a referida válvula.

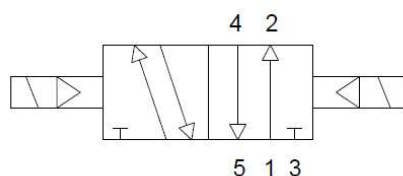


Figura 3.39 – Representação elétrica de uma válvula solenoide 5/2 com acionamento duplo e comando manual.



(61)

Figura 3.40 – Válvula solenoide SY3240-5L0Z-Q.

No circuito elétrico realizado no AutoCAD, disponível no apêndice A.0.1, é usada a representação elétrica apresentada na figura 3.41 para ambas as válvulas apresentadas anteriormente.

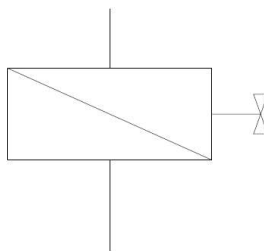


Figura 3.41 – Representação elétrica de uma válvula solenoide.

3.4.4 Relé de interface

Um relé de interface é um componente eletromecânico ou eletrônico que funciona como um interruptor elétrico de forma a manter uma isolamento elétrica entre o comando e os circuitos em máquinas ou em painéis elétricos. (62)

O relé possui a capacidade de acionar os circuitos. Geralmente os relés são usados na automação, ou seja, com CLPs ou controladores, cujo principal objetivo é garantir a troca segura de sinais entre os periféricos do processo e o sistema de controlo de nível superior. Este sistema de controlo é responsável por receber ou emitir sinais, o relé permite o isolamento desses sinais para evitar anomalias nas entradas e saídas onde podem surgir curto-circuitos, picos de tensão ou interferências eletromagnéticas. (62)

Sendo que o relé tem um custo mais baixo, é preferível que caso ocorram essas anomalias, estas sejam nos terminais do relé de forma a não danificar as entradas e saídas do CLP, que tem um custo mais elevado. (62)

Os relés de interface também são muito procurados pelo seu efeito de amplificação, ou seja, podem ser acionados por tensões ou correntes baixas e comutar tensões ou correntes maiores através dos seus contactos. Outra vantagem destes relés é que possuem um tamanho compacto, não ocupando muito espaço no circuito. (62)

O relé de interface utilizado possui um esquema elétrico como apresentado na figura 3.42. Possui um contacto normalmente aberto e terminais de mola para uma maior

facilidade na conectividade dos fios. A tensão suportada pela entrada é de 24V DC e uma corrente de 10mA. A saída comutada pode aguentar até 250V e uma corrente contínua de 6A. A figura 3.43 mostra um relé idêntico ao que foi usado neste projeto. (63)

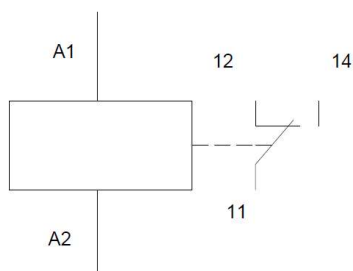
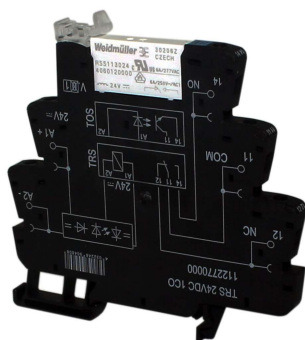


Figura 3.42 – Representação elétrica de um relé de interface.



(64)

Figura 3.43 – Relé de interface.

4

Procedimento e Implementação

Para o desenvolvimento deste projeto recorreu-se ao Software LOGO! Soft Comfort para programar o CLP. Este software permite efetuar pequenos projetos de automação possuindo uma configuração e operação simples e intuitiva. Com diversas ferramentas e configurações tornam a criação de um programa mais fácil e cómoda.(65)

É possível realizar um programa de comutação passo a passo, simulá-lo e testá-lo num computador pessoal, em modo *offline*, ou seja, sem ter necessidade de efetuar uma conexão ao CLP. Permite ainda realizar testes *online*, conectado ao CLP e enquanto este realiza as operações.(65)

O LOGO! 24 CE, CLP utilizado neste projeto, apenas suporta a versão 8.3 deste Software, nenhuma versão anterior pode ser conectada com este CLP.

É através deste software que será desenvolvido um diagrama *ladder* que é implementado no CLP com vista a executar todos os procedimentos necessários para o seu funcionamento.

Na figura 4.1 é apresentado um fluxograma geral do funcionamento de um ciclo.

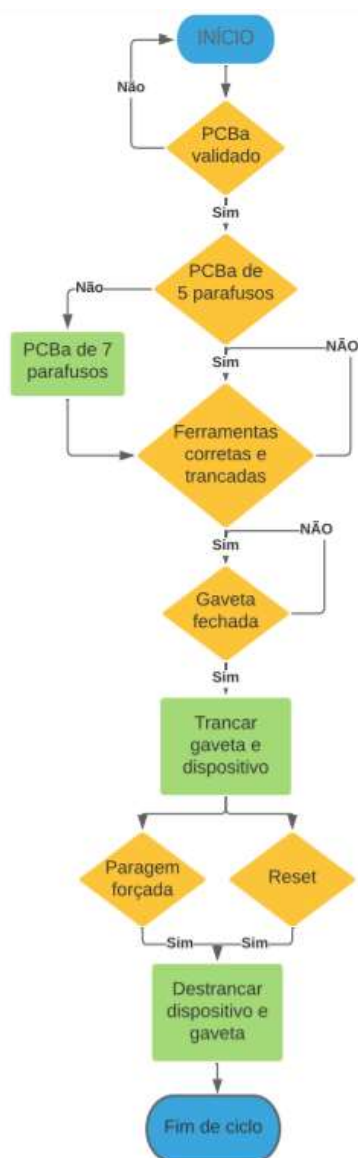


Figura 4.1 – Fluxograma.

O início do ciclo reúne um conjunto de condições, sendo elas: o dispositivo de aparafusamento tem que estar livre, ou seja, não pode estar em ciclo, a troca de ferramenta não pode estar ativada nem nenhum acionamento de paragem ativo.

Com as condições iniciais reunidas, o CLP, ao receber o sinal de validação do PCBa, irá começar um ciclo.

Obtém as confirmações dos número de parafusos do PCBa e verifica se todas as ferramentas de topo e base estão corretas e trancadas, e quando recebe o sinal de que a gaveta está fechada, esta é trancada, tal como o dispositivo de aparafusamento.

Caso ocorra uma paragem forçada ou é recebido o sinal de reset, o dispositivo e a gaveta são libertados e assim se dá o final do ciclo.

4.1 Diagrama *ladder*

A linguagem *ladder* ou diagrama *ladder* é um auxílio gráfico para a programação de CLPs e foi originalmente desenvolvida para construir circuitos com relés eletromecânicos para controlar sistemas industriais discretos. Os diagramas dos sistemas de controlo de relés foram baseados na lógica de escada, que modelou as ações de comutação dos relés. Entretanto, os CLP vieram substituir os relés. De acordo com a notação tradicional, cada linha do diagrama é chamada de "degrau" e possui entradas para modelar, sendo as saídas já modeladas como bobinas. (66)

Normalmente, os sistemas que integram CLPs têm uma interface que permite a ligação a um PC, sensores externos e atuadores sob a forma de um conjunto de entradas e saídas comutadas em binário. O diagrama *ladder* mapeia diretamente o modelo arquitetónico do CLP, tornando-o, desta forma não só um bom método para a modelação como também de implementação. (66)

O diagrama realizado para este projeto possui um conjunto de portas lógicas, com o propósito de desenvolver ações e eventos de forma mais eficiente e simplificada. Seguidamente são descritas as portas lógicas utilizadas:

Porta Lógica AND

Esta porta lógica, apresentada na figura 4.2, possui uma saída C que apenas é ativada quando ambas as entradas A e B emitirem o sinal, como podemos observar na tabela 4.1.

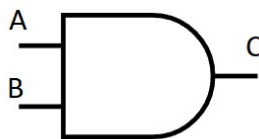


Figura 4.2 – Porta Lógica AND.

A	B	C	Representação algébrica
0	0	0	$A.B = C$
0	1	0	
1	0	0	
1	1	1	

Tabela 4.1 – Tabela verdade e representação algébrica da Porta Lógica AND.

No diagrama *ladder*, é possível colocar blocos para executar a operação da porta lógica AND com até 4 entradas. A operação da porta lógica AND, com 2 entradas é representada como mostra a figura 4.3, ou seja, dispondo as entradas em série.

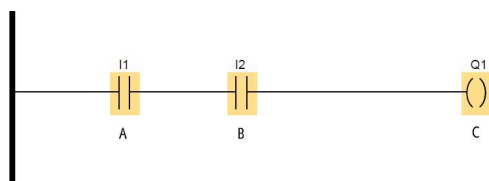


Figura 4.3 – Diagrama *ladder* da porta lógica AND.

Porta lógica OR

Como acontece com a porta apresentada anteriormente, esta porta lógica também possui duas entradas e uma saída, como mostra a figura 4.4. Recorrendo à tabela 4.2 é possível concluir o princípio de funcionamento da porta lógica OR, em que basta uma entrada, A ou B, emitir o sinal para que a saída C seja ativada.

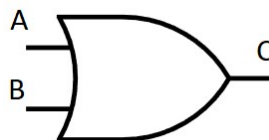


Figura 4.4 – Porta lógica OR.

A	B	C	Representação algébrica
0	0	0	$A+B = C$
0	1	1	
1	0	1	
1	1	1	

Tabela 4.2 – Tabela verdade e representação algébrica da Porta Lógica OR.

No diagrama *ladder*, a porta lógica OR não se consegue representar a partir de um só bloco. Assim, as entradas são colocadas em paralelo para que a saída apenas seja ativada de acordo com a tabela 4.2, tal como se pode observar na figura 4.5.

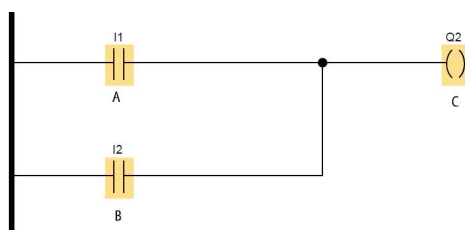


Figura 4.5 – Diagrama *ladder* da porta lógica OR.

Porta lógica XOR

O funcionamento da porta lógica XOR (figura 4.6) pode ser entendido através da análise da tabela 4.3. Como podemos observar, a saída C só está ativa quando apenas uma entrada está a emitir sinal. Caso estejam as duas entradas, A e B, com o mesmo estado, a saída não reproduzirá nenhum sinal.

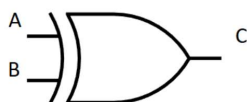


Figura 4.6 – Porta lógica XOR.

A	B	C	Representação algébrica
0	0	0	$A \oplus B = C$
0	1	1	
1	0	1	
1	1	0	

Tabela 4.3 – Tabela verdade e representação algébrica da porta lógica XOR.

Esta porta lógica também não possui nenhum bloco configurado com a sua tabela verdade, logo, para ser possível utilizar o seu princípio de funcionamento, tem que se criar um diagrama como mostra a figura 4.7. Como é possível observar, é criado um paralelo entre a disposição em série das entradas, com os contactos invertidos.

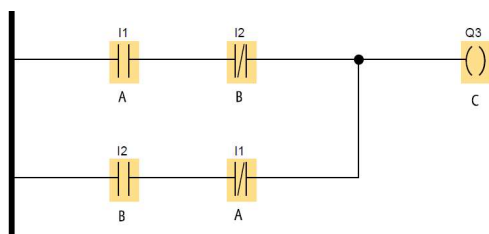


Figura 4.7 – Diagrama *ladder* da porta lógica XOR.

No diagrama desenvolvido, foram usados blocos de entradas em contacto aberto e fechado, de saídas (na forma de bobinas (*relay coil*)), de memórias entre muitos outros que foram fundamentais para o funcionamento do diagrama. Seguidamente são apresentados os blocos utilizados.

Bloco de memória

Os blocos de memórias (ou *flags*) são disponibilizados consoante os espaços de

memória que existem no CLP, e podem adquirir dois estados, um contacto normalmente fechado e outro de contacto normalmente aberto.

Quando estes blocos são criados a partir de uma *relay coil* que depois é seleccionada como *flags*, sendo identificada como Mx, como é possível observar na figura 4.8. A *flags* aloca memória e é posteriormente usada na forma de entrada que assume sempre o sinal que a *relay coil* da respetiva *flags* tem nesse instante. Não é possível criar duas *relay coil* na forma de *flags* iguais.

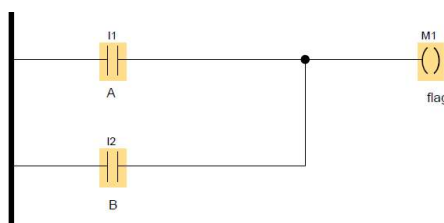


Figura 4.8 – Diagrama *ladder* de uma *flag*.

Bloco *Timer - on-delay*

O bloco *on-delay* possui duas entradas e uma saída. A primeira entrada, *trigger* (Trg), é ativada por um sinal e assim permanece até deixar de o receber, enquanto a outra entrada, *parameter* (T), representa o tempo de atraso após o qual a saída é ligada. A saída (Q) liga-se após um determinado tempo T ter expirado, desde que o Trg ainda esteja ativado. (66)

No diagrama *ladder* é necessário criar o bloco com as entradas desejadas e num outro degrau utilizar o bloco criado na forma de entrada, tal como demonstrado na figura 4.9. Nesta figura, o bloco *on-delay* está legendado como T001.

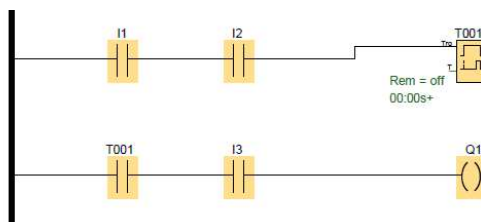


Figura 4.9 – Diagrama *ladder* com bloco *on-delay*.

Bloco *Timer – wiping relay*

Este bloco tem como entradas um Trg, que é ativado através do sinal recebido, e um T que é definido pelo utilizador.

O Trg define Q, que permanece ativa (1 lógico) até o tempo T expirar e se Trg estiver em 1 durante esse tempo. Se o Trg sofrer uma transição de 1 para 0 antes da expiração de T, a saída também transita para 0. (66)

Assim como no bloco apresentado anteriormente, é necessário criar o bloco T002, como se observa na figura 4.10, com a entrada já conectada como pretendido, e num outro degrau utilizar o bloco na forma de entrada.

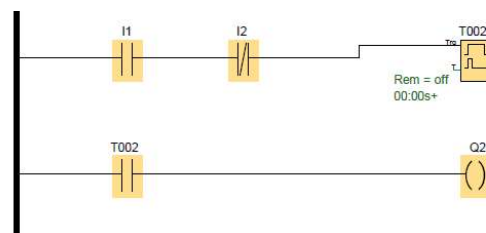


Figura 4.10 – Diagrama *ladder* com bloco *wiping relay*.

Bloco *Miscellaneous – pulse relay*

Este bloco é mais complexo do que os anteriores. Possui 4 entradas, sendo elas um Trg capaz de ligar ou desligar Q, uma entrada *set* (S), que recebe um disparo que define Q como lógica 1, uma entrada *reset* (R), que ao receber um disparo repõe a saída para 0 lógico, e por fim o T que define qual a entrada prioritária entre S e R.

Q transita para 1 com um sinal em Trg e é repostado no próximo impulso em Trg, se ambos S e R estiverem a 0. (66)

Para utilizar este bloco também é necessário conectar as entradas ao bloco num degrau independente e posteriormente criar uma entrada definida pelo respetivo bloco, como mostra a figura 4.11, em que o bloco está legendado como SF003.

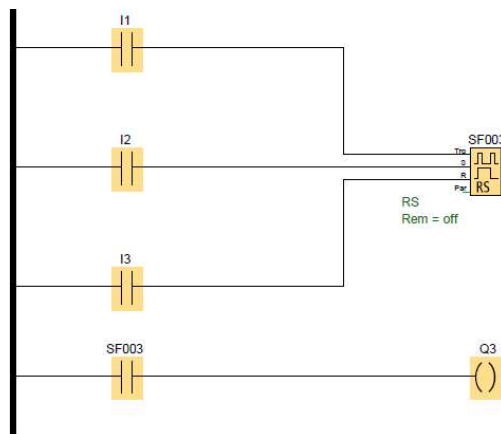


Figura 4.11 – Diagrama *ladder* com bloco *pulse relay*.

Bloco *Miscellaneous – shift register*

A função do bloco *shift register*, apresentado na figura 4.12, é ler um valor de entrada e deslocar bits. O valor da saída corresponde ao bit de registo de deslocamentos configurado. A direção do deslocamento pode ser alterada com a entrada Dir. (66)

Seguidamente, são descritas as funções das entradas e o impacto que elas têm na saída.

- In - A função, quando iniciada, lê este valor de entrada. Enquanto esta entrada não receber um sinal, a saída nunca será ativada. (66)
- Trg – Quando recebe um sinal, faz com que a saída transite de 0 para 1, e quando o próprio Trg retorna para 0, o sinal da saída também transita para 0. (66)
- Dir - Define a direção de deslocamento dos bits de registo de deslocamento Sx.1 a Sx.8, onde "x" refere-se ao índice do registo de turnos. Esta entrada não é utilizada no diagrama deste projeto. (66)
- Reset - Quando R recebe um sinal, todos os bits de registo e Q são colocados a 0. (66)

- Parameter – local onde se define o índice de registo de turnos, de 1 a 4 configurações, e o bit de registo de turnos, que determina o valor de saída Q, este possui 1 a 8 configurações possíveis.
- Q - O valor de saída que corresponde ao bit de registo de deslocamento configurado. (66)

A utilidade que este bloco tem é: estar ativo quando a entrada In recebe continuamente um sinal, para quando o Trg também receber um sinal se ative e se desative quando é interrompido envio deste, e ainda repor Q a 0 quando é enviado um sinal para R.

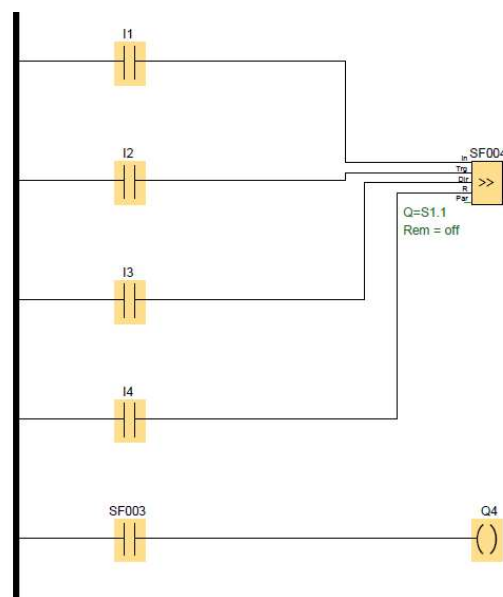


Figura 4.12 – Diagrama *ladder* com bloco *shift register*.

De forma a explicar o funcionamento deste diagrama, as tabelas 4.4, 4.5 e 4.6 apresentam qual o componente associado a cada entrada I_x , cada saída Q_x , assim como a denominação de cada *flag* M_x .

Entrada (Ix)		
I1	Stop	Botão de Emergência
I2	Reset	Botão Reiniciar
I3	Switch	Switch Troca de Ferramenta
I4	Gav_Fechada	Sensor de Gaveta Fechada
I5	Base_D	Sensor direito da base
I6	Base E	Sensor esquerdo da base
I7	Topo_E	Sensor esquerdo do topo
I8	Topo_D	Sensor direito do topo
I9	Cil_Rec_Inf	Sensor do cilindro recuado inferior
I10	Cil_Av_Inf	Sensor do cilindro avançado inferior
I11	Cil_Av_Lat	Sensor do cilindro lateral
I12	Reset	Recebe sinal reset
I13	Switch_5_7	Seletor de 5 ou 7 parafusos
I14	NCYOK	Recebe sinal NCYOK

Tabela 4.4 – Denominação e conexão de entradas (Ix).

Saída (Qx)		
Q1	Green	Botão com sinalização luminosa
Q3	Red	Botão de emergência
Q4	CYC1	Emite sinal na contagem de parafusos
Q5	Cil.Inf.	Eletroválvulas para cilindro inferior
Q6	Gaveta	Eletroválvulas gaveta trancada
Q7	Troca_Ferramenta	Eletroválvulas para troca de ferramenta
Q8	CYC2	Emite sinal na contagem de parafusos
Q9	Reset	Envio de reset
Q10	Enable	Envio do enable
Q12	CYC4	Emite sinal na contagem de parafusos

Tabela 4.5 – Denominação e conexão de saídas (Qx).

Flag (Mx)	
M1	Run
M2	5_paraf
M3	7_paraf
M4	Scanner_OK
M5	5_paraf
M6	7_paraf
M7	Fim_Ciclo
M9	Reset
M10	Troca_Ferramenta
M11-23	Auxiliares das portas lógicas XOR
M32-37	

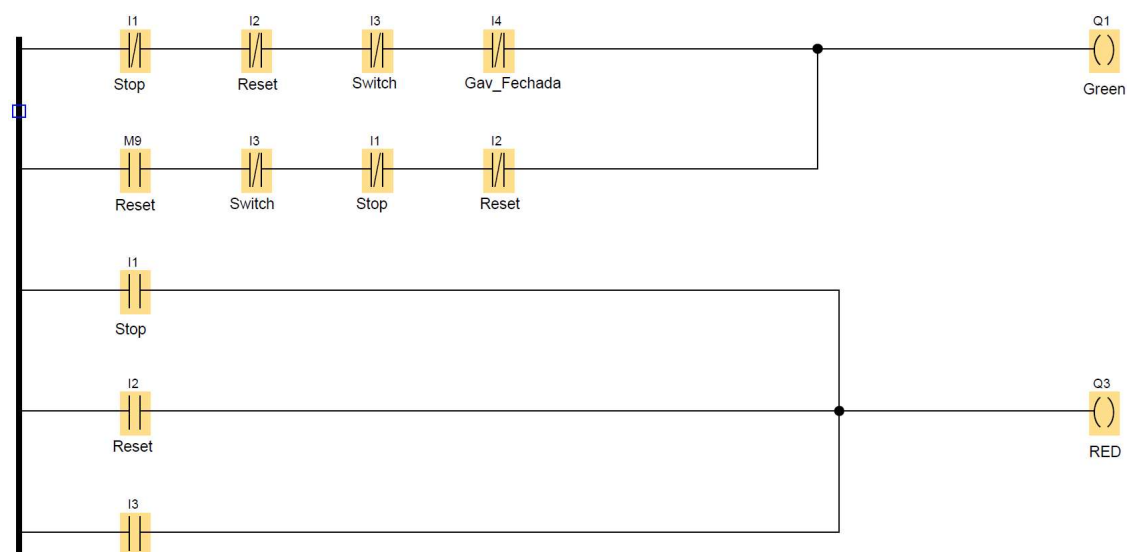
Tabela 4.6 – Denominação e conexão de *flags* (Mx).

No apêndice A.0.2 encontra-se o diagrama *ladder* do programa realizado para este projeto. Seguidamente, é explicado o seu funcionamento recorrendo a extratos do diagrama geral para uma melhor compreensão.

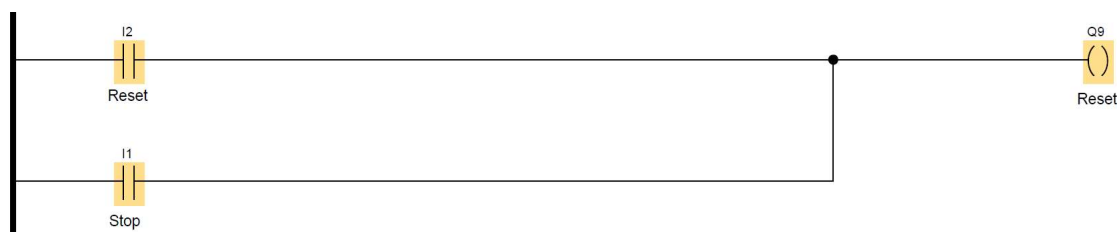
O primeiro e o segundo degrau do diagrama desencadeiam o sinal para o botão com sinalização verde (Q1), correspondendo a um paralelo entre duas séries de entradas. Q1 pode ser ativado de duas formas, quando o botão de emergência (I1), o botão de reiniciar (I2), o *switch* de troca de ferramenta (I3) e o sensor de gaveta fechada (I4) não estiverem ativados, estado inicial. Ou então, ativado quando o *reset* do DPC é enviado ao CLP, a não ser que I1, I2 e I3 estejam ativos, o que normalmente ocorre no final de um ciclo com relatório final positivo – todos os parafusos foram aparafusados corretamente.

Os três degraus seguintes consistem num paralelo entre I1, I2 e I3. No caso de uma, ou mais, destas entradas forem ativas, o sinalizador vermelho (Q3) ativa, como sinalização de erro.

A figura 4.13 apresenta o diagrama desde o primeiro degrau até ao quinto degrau.

Figura 4.13 – Diagrama *ladder*.

De seguida, observa-se, na figura 4.14 que a saída Q9 indica ao DPC que o ciclo interrompido por via do botão de reiniciar conectado ao I2 ou pelo botão de emergência, conectado a I1.

Figura 4.14 – Diagrama *ladder*.

A *flag* M4 é ativada através da comunicação que o CLP tem com computador onde se encontra o *software* por cabo de rede. Esta *flag* apenas é ativada quando é confirmado que o PCBa foi validado no posto anterior. Esta informação é extraída na leitura do código do PCBa no *scanner*.

Enquanto a M4 está ativa, o bloco SF005 mantém a entrada Trg ativa, até a *flag* M7 for ativada, o que provoca *reset* completo do bloco, indicando que terminou o ciclo. Neste bloco a entrada *reset* tem sobreposição ao Trg.

O degrau seguinte define o estado da *flag* M9, dependente diretamente do estado da entrada I12, que recebe o sinal emitido pelo DPC quando ocorre o *reset* do ciclo, ou seja, quando o ciclo termina. Estes degraus são mostrados na figura 4.15.

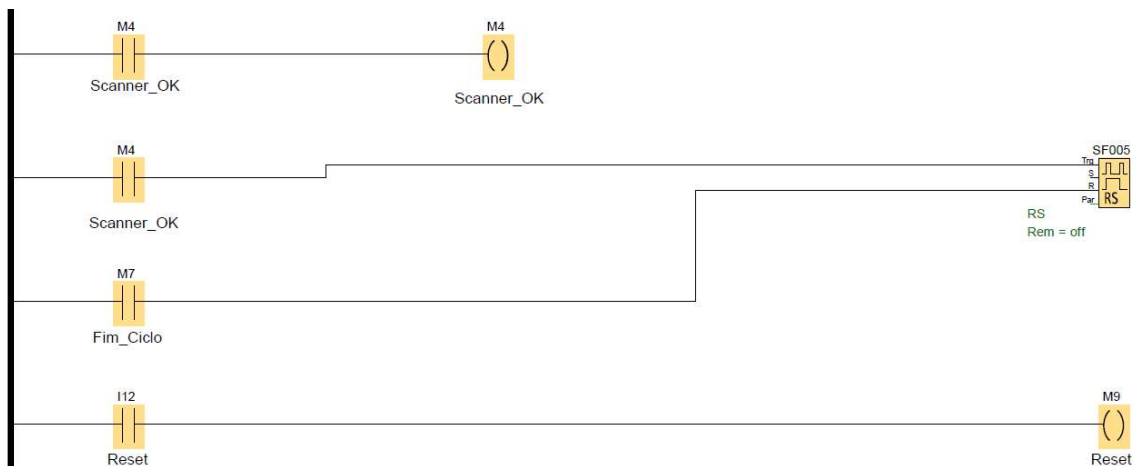
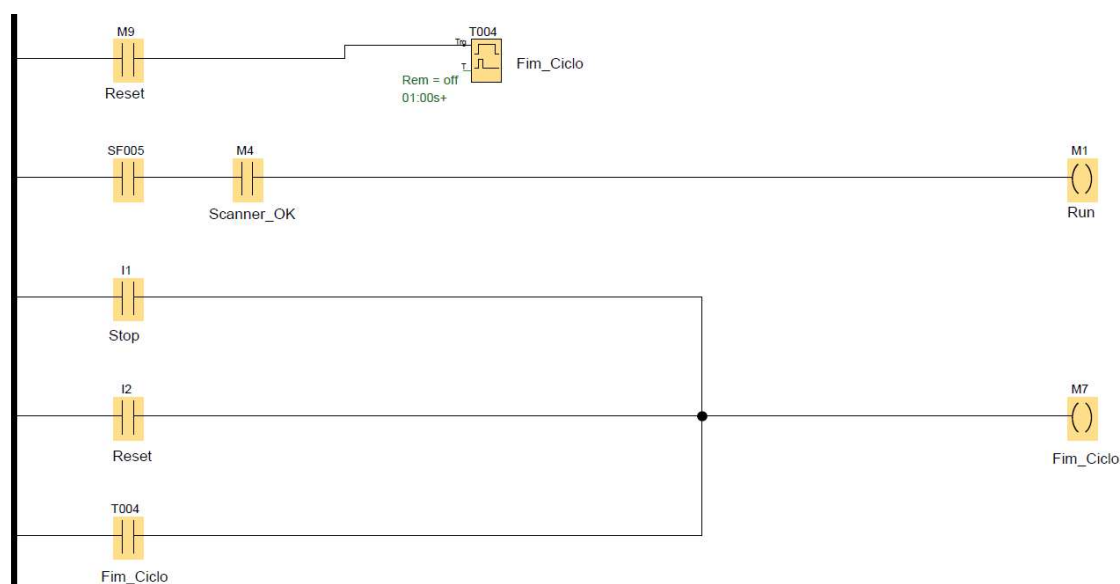


Figura 4.15 – Diagrama *ladder*.

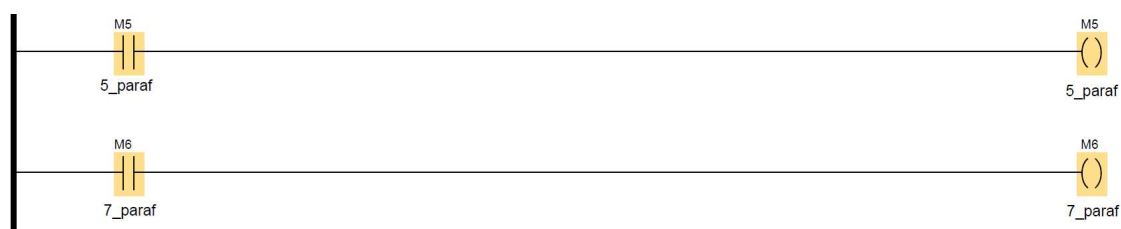
A *flag* M9 apenas fica ativa por 1 segundo, através do bloco T004, de natureza *wiping relay*, de modo que o próximo ciclo seja iniciado sem ter que aguardar pela desativação do *reset* de ciclo.

O início do ciclo e a maioria das ações do diagrama são permitidos pela *flag* M1, em que se apresenta como uma confirmação de que o ciclo não está em estado de final de ciclo, e que tem permissão de iniciar o próximo.

De seguida, na figura 4.16, é apresentado o diagrama que ativa a *flag* M7. Basta uma das entradas I1, I2 ou T004 seja ativada para que esta *flag* mude do estado 0 para o estado 1, e termine o ciclo do diagrama.

Figura 4.16 – Diagrama *ladder*.

Os dois degraus que se seguem, apresentados na figura 4.17, são responsáveis por indicar ao diagrama se o PCBa, a ser aparafusado, é de 5 parafusos, *flag* M5, ou de 7 parafusos, *flag* M6. Apenas uma é ativada em cada ciclo. O *software* é o elemento responsável por esta ativação e determina qual será ativada de acordo a informação que recebe da leitura do *scanner*.

Figura 4.17 – Diagrama *ladder*.

A figura 4.18 mostra a parte do diagrama que realiza todas as confirmações necessárias entre os elementos envolvidos na decisão do número de parafusos do PCBa. Começa por garantir que I1, I2 e I3 não estão ativos, ou seja, o ciclo não está impedido de iniciar. Em série com estas entradas encontram-se entradas onde conectam sensores, I5 (sensor posicionado no lado direito da base onde é colocado o PCBa), I6 (sensor

posicionado no lado esquerdo da base, caso existam bases diferente) e I11 (sensor posicionado no cilindro responsável por trancar a base).

Nesta situação de PCBa de 5 ou 7 parafusos, as bases são iguais, portanto apenas I5 e I11 serão ativadas, I6 é colocado para caso haja um novo PCBa que necessite de uma base diferente e criada de maneira que o sensor do lado esquerdo seja ativado.

No mesmo segmento, a linha em série divide-se num paralelo, onde a linha superior destina-se aos PCBa de 5 parafusos (*flag* M2) e a inferior aos de 7 parafusos (*flag* M3).

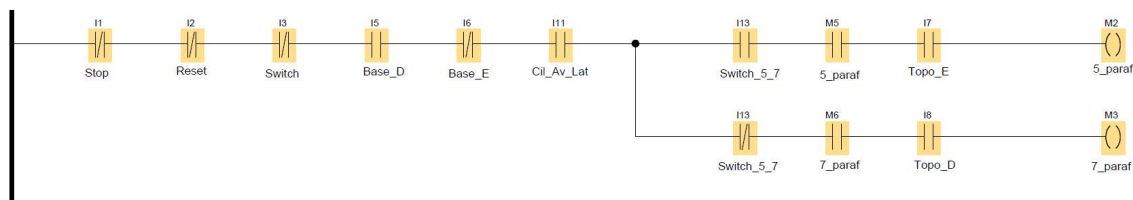


Figura 4.18 – Diagrama *ladder*.

Ambas utilizam entradas correspondentes ao *switch* de escolha manual (se estiver no estado 0, assume a decisão de 7 parafusos), à *flag* ativada anteriormente, M5 ou M6, e às entradas que recebem o sinal dos sensores do topo da base.

Se o sensor do lado esquerdo for ativado, então o topo é para 5 parafusos, mostrado na figura 4.19, caso seja ativa o sensor do lado direito do topo, este é para 7 parafusos, mostrado na figura 4.20. Apenas uma pode estar ativada e, ao contrário da base, o topo não é igual para os dois tipos de PCBa.

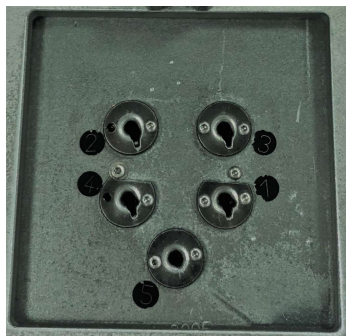


Figura 4.19 – Topo para 5 parafusos.



Figura 4.20 – Topo para 7 parafusos.

O passo seguinte, apresentado pela figura 4.21, é a ativação dos cilindros pneumáticos através de saída do CLP, um responsável por trancar o dispositivo de aparafusamento (Q5) e outro responsável por trancar a gaveta (Q6).

Este passo começa por confirmar que M7 não está ativa, depois confirma o número de parafusos que serão aparafusados, 5 ou 7, confirma se a gaveta está fechada através do sensor ligado à entrada I4, e ainda se M1 está ativada para reunir todas as condições para trancar o dispositivo por completo.

É colocado uma entrada com estado dependente de Q5 em paralelo para que forme um ciclo fechado e estas se mantenham ativadas durante o ciclo.

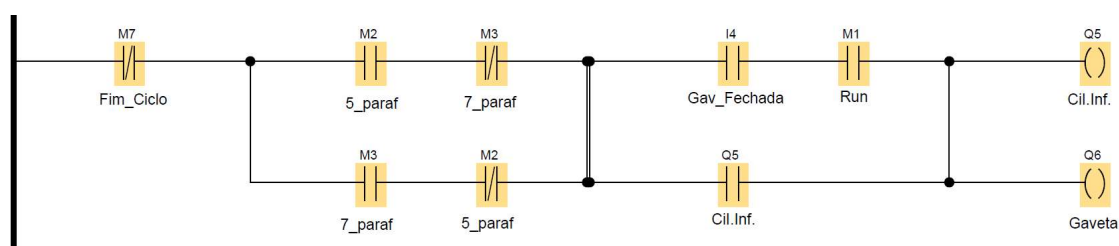


Figura 4.21 – Diagrama *ladder*.

O *enable* (Q10) emitido para o controlador de aparafusamento pela saída Q10, é controlado não só por uma nova confirmação de M2 ou M3, de M7 e M1, como também pelos estados dos sensores do cilindro inferior do sensor (conectados a I9 e I10) e I11.

Existem dois sensores posicionados no cilindro conectado às válvulas acionadas por Q5. Um deles é acionado quando o dispositivo de aparafusamento está libertado (o cilindro está avançado) (I10), o outro é acionado quando o dispositivo de aparafusamento está trancado (o cilindro está recuado) (I9).

A figura 4.22 mostra o diagrama que ativa Q10.

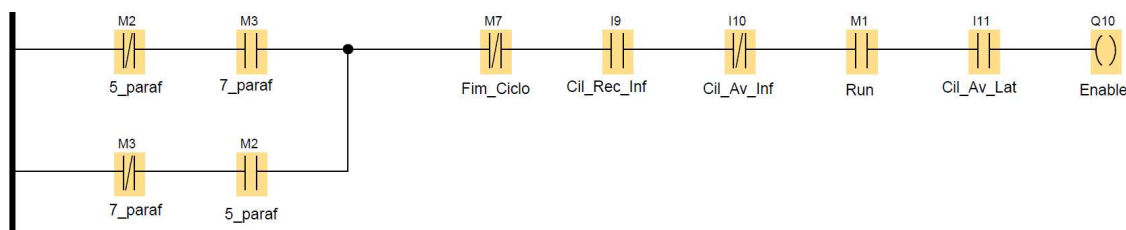


Figura 4.22 – Diagrama *ladder*.

A entrada I14 - *NCYOK*, apresentada na figura 4.23, recebe o sinal do controlador de aparafusamento emitido quando o parafuso foi corretamente apertado. Também tem a função de dar um sinal ao contador para assumir mais um parafuso apertado corretamente no ciclo. De forma a obter um ciclo mais rápido, esta entrada só atua no diagrama por 1 segundo, através do bloco T006, de natureza *wiping relay*.

Q10 também é utilizada na contagem de parafusos, quando emite o sinal, o contador assume que o ciclo se encontra na primeira fase, ou seja, no aparafusamento do primeiro parafuso. Nesta função só é necessário que fique ativada por 1 segundo, e por isso é utilizado T007, um bloco *wiping relay*.

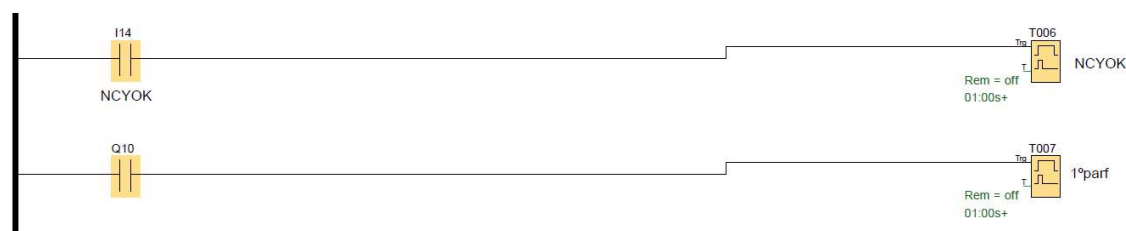


Figura 4.23 – Diagrama *ladder*.

O diagrama demonstrado na figura 4.24 dedica-se à contagem do número de parafusos apertados corretamente durante o ciclo. Isto serve para comunicar ao controlador

de aparafusamento qual o programa que deve selecionar de acordo com o parafuso a ser apertado.

É utilizado um bloco *shift register*, onde na entrada In está ligada Q10, que dá a permissão para iniciar o ciclo. À entrada Trg está conectada T007, que dá a contagem do primeiro parafuso, e T006, que dá a contagem dos restantes parafusos do ciclo. Por fim, na entrada *reset* onde se liga M7.

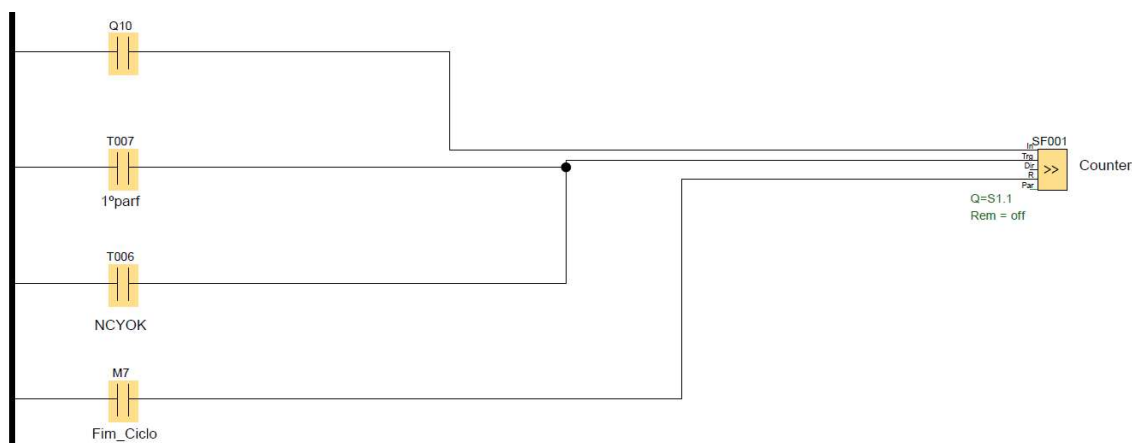


Figura 4.24 – Diagrama *ladder*.

Todos os blocos de entrada e saídas na forma de *flag* formam um diagrama com o funcionamento da porta lógica XOR. O fim deste conjunto de blocos é ativar as saídas Q4, Q8 e Q12 numa ordem binária como representação de cada aparafusamento que se encontra a ser aparafusado. A tabela 4.7 serve como explicação gráfica do funcionamento.

Codificação binária	Parafuso	Saídas		
		Q4	Q8	Q12
100	1	x	-	-
010	2	-	x	-
110	3	x	x	-
001	4	-	-	x
101	5	-	x	x
011	6	x	-	x
111	7	x	x	x

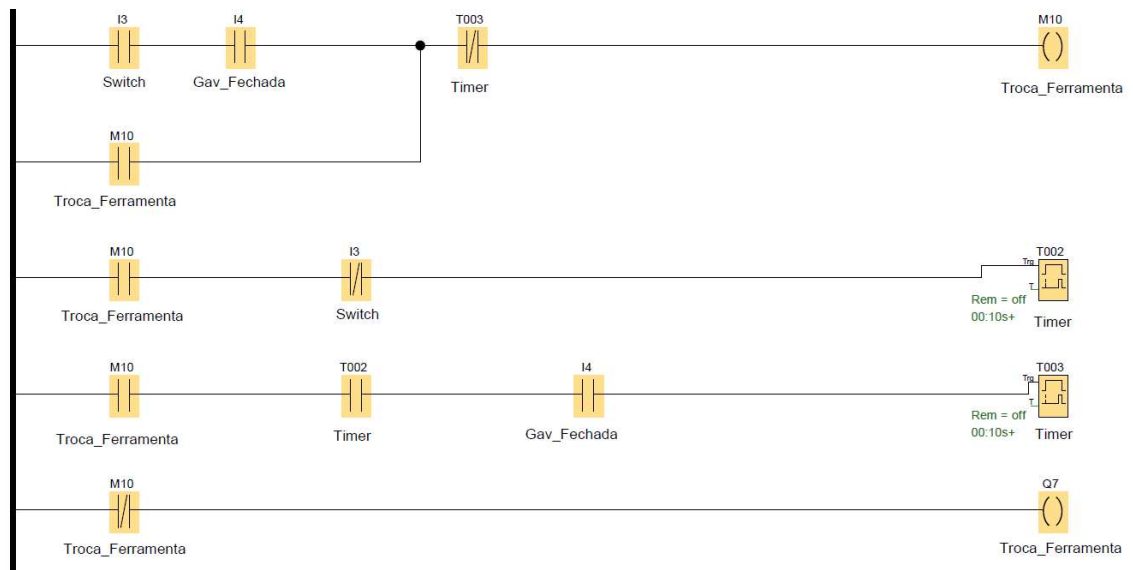
Tabela 4.7 – Codificação binária de cada parafuso e as respectivas saídas ativadas.

A última parte do diagrama destina-se à troca de ferramenta, ou seja, do topo e da base. Começa por definir a *flag* M10, que apenas ativa se o *switch* de troca de ferramenta (I3) e o sensor de gaveta fechada (I4) estiverem ativos e se o T003 estiver inativo, ainda é colocada uma entrada da própria M10 em paralelo que depende do estado da saída M10.

T003 é um bloco *on-delay* que só é ativado 10 milissegundos depois da alimentação chegar a ele e é dependente de M10, de T002 e de I4. T002 é também um bloco *on-delay* constituído por M10 e I3 e só deixa o sinal seguir após 10 milissegundos da alteração de I3.

Esta disposição ajuda a obter mais segurança para o operador, caso o *switch* não permaneça no mesmo estado por pelo menos 10 milissegundos, ele não ativa os blocos.

Este conjunto de degraus é mostrado na figura 4.25.

Figura 4.25 – Diagrama *ladder*.

4.2 Mapa Redes

Nesta secção é apresentado como foi realizada a conexão via cabo *ethernet* RJ45 entre um CPU portador do software que tem acesso à base de dados, denominado de "PC 1", um computador que contém o software LOGO! Soft Comfort e comunicará diretamente com o CLP para analisar o seu funcionamento através do teste *online*, denominado de "PC 2" e por fim o CLP. A figura 4.26 apresenta um esquema das conexões efetuadas bem como o endereço IP e a máscara de rede associados a cada um dos dispositivos. A tabela 4.8 contém configurações correspondentes aos dispositivos envolvidos.

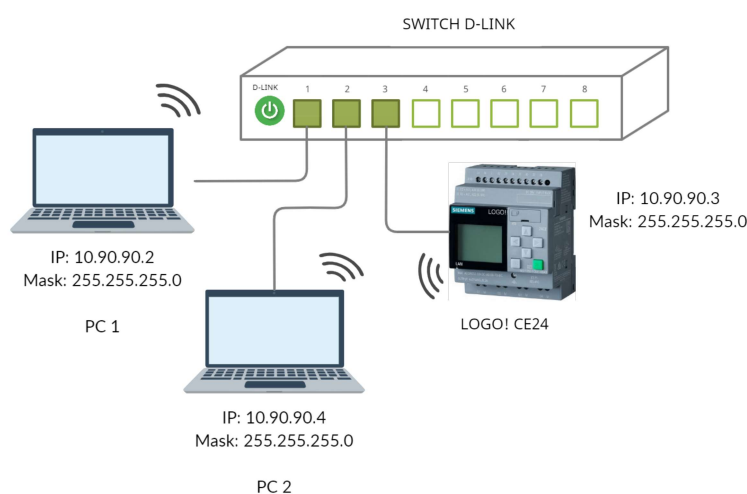


Figura 4.26 – Mapa de Redes para conectar os 3 dispositivos.

Dispositivo	IP Address	Mask	Sub-rede	Porta Switch
PC1	192.168.0.2	255.255.255.0	192.168.0.1	1
PC2	192.168.0.4	255.255.255.0	192.168.0.1	2
LOGO! 24CE	192.168.0.3	255.255.255.0	192.168.0.1	3

Tabela 4.8 – Configurações dos dispositivos do mapa de redes.

Na prática, foram utilizados os dois computadores para que fosse facilitada a análise dos dois *softwares* em simultâneo, porém não é necessário haver dois computadores, pode ser tudo executado num só e dessa forma não seria utilizado o *switch* D-Link, e a ligação via cabo *ethernet* seria direta entre o CLP e o computador utilizado.

4.3 Esquema Elétrico

O procedimento para a construção do esquema elétrico começou por criar um documento com a representação elétrica de todos os componentes e equipamentos utilizados na instalação utilizando o AutoCAD (67), com fim de se tornar mais acessível e rápida a utilização e identificação destes, que podem ser consultados na figura 4.27.

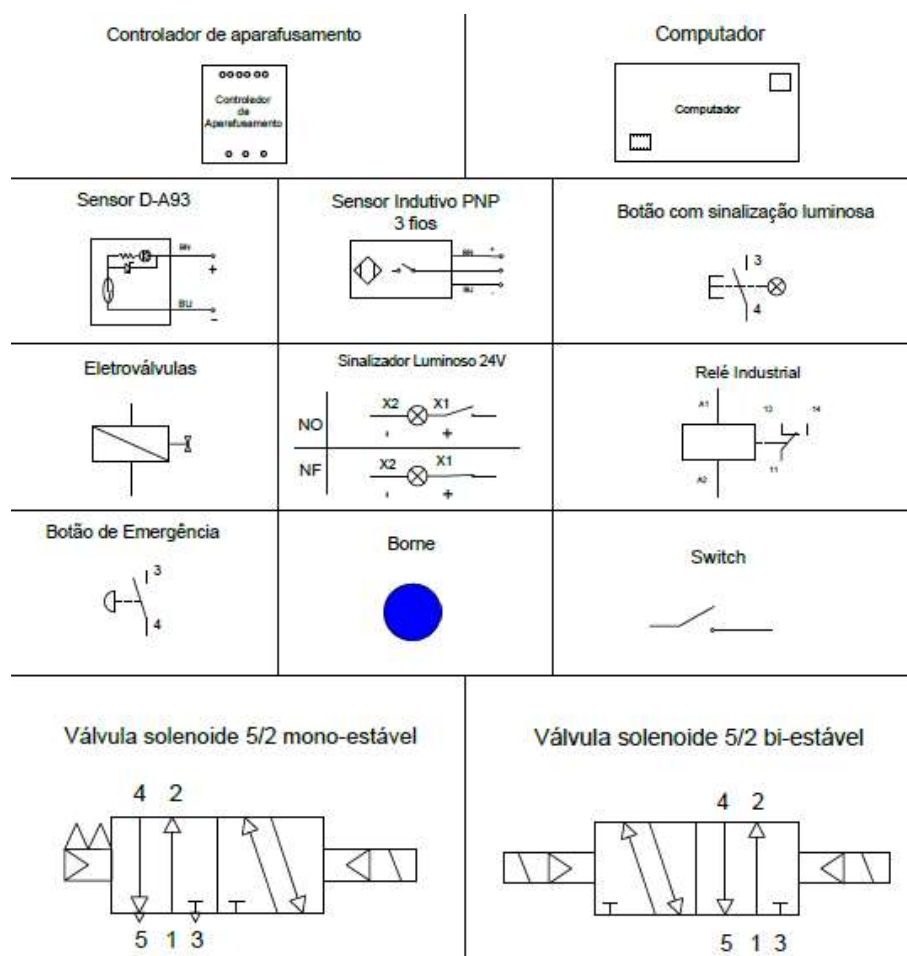


Figura 4.27 – Representação elétrica dos equipamentos e componentes.

Seguidamente, foi elaborada uma tabela com os códigos das cores dos cabos e fios, de acordo a norma IEC 60445, apresentada na tabela 4.9, para que seja possível identificar mais rapidamente os fios na instalação quando acompanhado do esquema elétrico.

Código de cores de Cabos e Fios (Segundo a Norma EC 60445)	
Cor	Código
Preto	BK
Castanho	BN
Azul	BU
Verde	GN
Cinza	GY
Branco	WH
Amarelo	YE
Vermelho	RD
Rosa	PK
Amarelo e Verde	GNYE
Nada conectado	NC

Tabela 4.9 – Códigos das cores dos cabos e fios.

O esquema elétrico, apresentado no apêndice A.0.2, tem como objetivo melhorar a compreensão do funcionamento da parte elétrica do sistema, sendo que foi usado para acompanhar toda a montagem deste projeto.

Os cilindros pneumáticos não são apresentados no esquema pois já se encontravam montados no dispositivo. Também as válvulas só apresentam as ligações elétricas com o CLP.

A parte projetada no esquema está no interior do dispositivo, sendo que não há qualquer alteração física dos componentes do seu exterior.

5

Resultados

Neste capítulo é apresentado o trabalho realizado que resultou na implementação de um circuito elétrico, que foi incorporado no dispositivo de aparafusamento, e o respetivo diagrama *ladder*.

Na figura 5.1 podemos observar o circuito elétrico que se encontra no interior do dispositivo de aparafusamento, a localização da fonte de alimentação, do CLP, do relé, dos bornes e das válvulas.

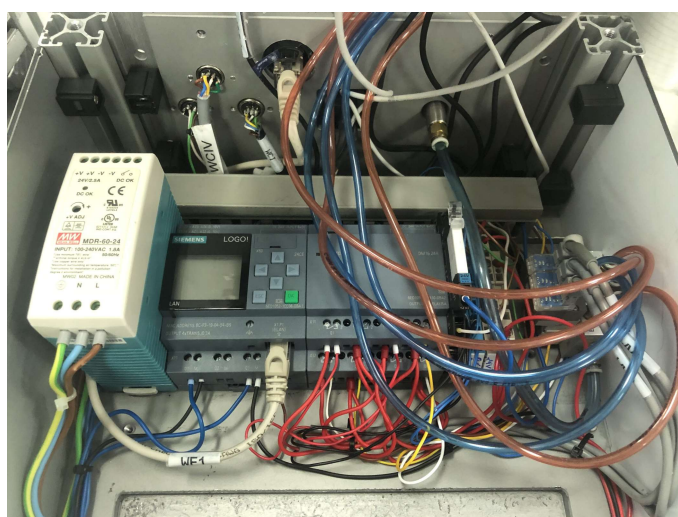


Figura 5.1 – Dispositivo de aparafusamento – circuito elétrico.

Para uma melhor compreensão do resultado obtido, seguidamente descreve-se com maior detalhe um ciclo completo para 5 ou 7 parafusos. Esta descrição é acompanhada com o ecrã do controlador de aparafusamento e do DPC. Também se apresenta um exemplo de uma troca de ferramenta, o acionamento do botão reiniciar e ainda o acionamento do botão de emergência.

A figura 5.2 mostra o início do processo de aparafusamento dos PCBa. O dispositivo encontra-se ligado com o botão com sinalizador verde acionado.



Figura 5.2 – Estado de repouso do Dispositivo de Aparafusamento.

Como podemos observar na figura, o estado de repouso dá a indicação visual de que o dispositivo de aparafusamento não está em ciclo, aguardando a receção da *flag* M4. As características deste estado são importantes para o operador compreender o estado do processo com uma simples análise visual do dispositivo. O estado de repouso é assumido sempre no final do ciclo anterior até à validação da *flag* M4.

A figura seguinte, figura 5.3, mostra o PCBa, a ser validado através de um *scanner*, caso tenha sido aprovado na estação anterior. Após esta validação, o *software*

indicará ao CLP, através da *flag* M4, que será aparafusado um PCBa e de quantas fases terá que executar neste ciclo (uma fase equivale a um parafuso).



Figura 5.3 – Validação de um PCBa no *scanner*.

Na figura 5.4, o PCBa já se encontra na base localizada na gaveta do dispositivo de aparafusamento.

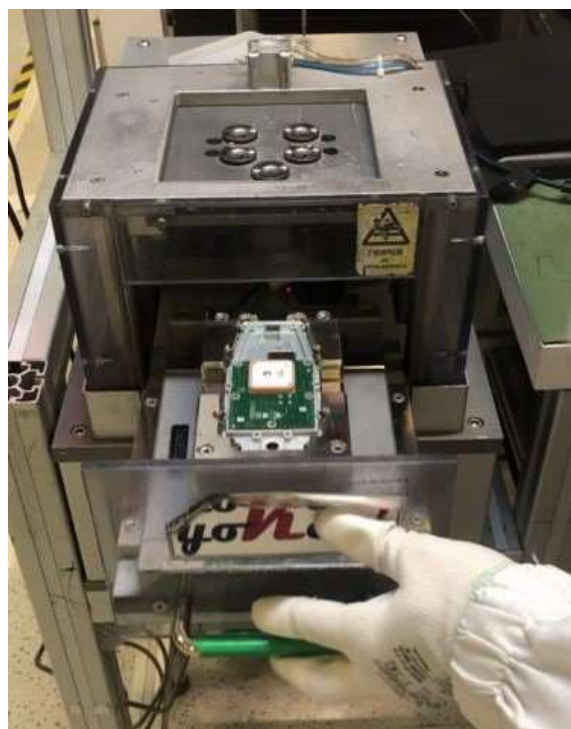


Figura 5.4 – Posicionamento do PCBa no dispositivo de aparafusamento.

Quando o PCBa está bem posicionado na base, a gaveta é fechada e as válvulas são ativadas, trancando a gaveta e a parte superior do dispositivo desce para trancar o equipamento, tal como apresenta a figura 5.5.

Este estado não exibe nenhuma sinalização estando o dispositivo pronto para começar o aparafusamento, visto que o ciclo iniciou no momento que o sensor recuado do cilindro inferior foi ativado.



Figura 5.5 – Dispositivo de Aparafusamento pronto para iniciar aparafusamento.

A configuração de entradas e saídas do CVIC II foi alterada para uma nova configuração, apresentada a figura 5.6. Apenas as entradas foram alteradas, visto que as saídas estavam já definidas pelos profissionais que operam o equipamento.

		Entrada	Saída
		GND	GND
		+24V	+24V
		0VE	0VE
		STOP	COM1
		n.c.	1
VALSP	1	2	2
CYC1	2	3	3
CYC2	3	4	4
CYC4	4	5	5
NONE	5	6	6
NONE	6	7	7
NONE	7	8	8
NONE	8	COM2	COM2

NCYOK
CYC2
CYC4
READY
INCYC
CYC8
REJRP
NCYOK

Figura 5.6 – Configuração das entradas e saídas do CVIC II.

Durante o ciclo, a saída *READY* do CVIC II encontra-se ativa indicação de que está pronto para que o ciclo decorra.

Em todas as fases do ciclo, seja de 5 ou de 7 parafusos, uma entrada e duas saídas da CVIC II são ativadas momentaneamente, sendo elas, a entrada *VALSP*, quando a aparafusadora se encontra na posição correta, a saída *INCYC* do momento em que inicia o aparafusamento da fase até esta terminar, e a saída *NCYOK*, quando a fase termina com sucesso.

A figura 5.7 podemos observar esta entrada e saídas ativas, no final da primeira fase do ciclo, já com a indicação de que está pronto a começar a segunda fase.



Figura 5.7 – Final de fase bem sucedida de um ciclo na CVIC II.

As figuras seguintes mostram o aparafusamento dos parafusos número 1 até ao número 7.

Cada figura possui três imagens, onde (a) apresenta o dispositivo de aparafusamento, (b) apresenta o estado da controladora de aparafusamento e (c) o estado em que se encontra o DPC.

No primeiro aparafusamento, figura 5.8, a entrada ativa no controlador de aparafusamento, relacionada com a contagem do número de parafusos, é apenas CYC1. O DPC indica as fases que ainda têm que ser concluídas com sucesso até o ciclo terminar.

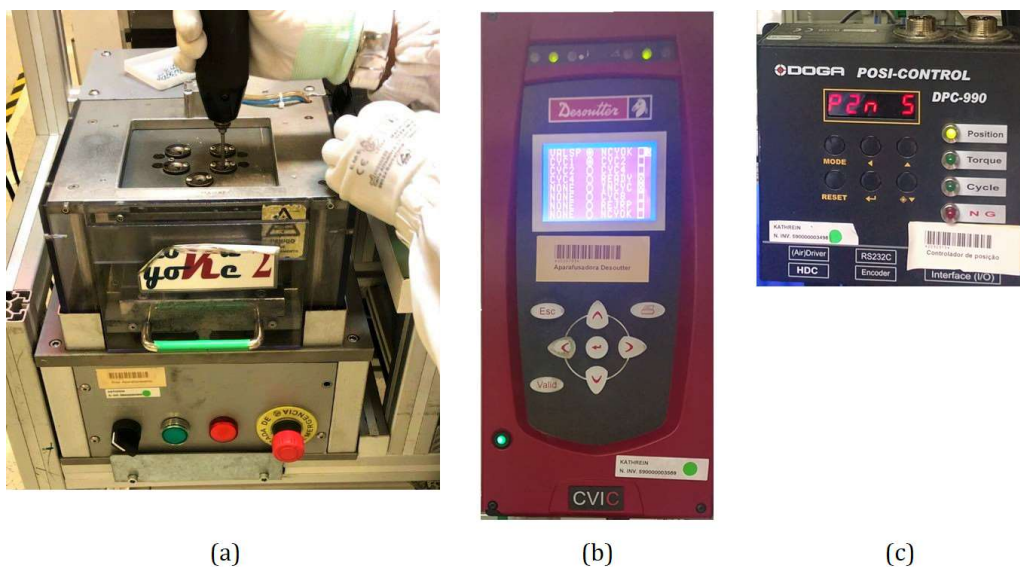


Figura 5.8 – Aparafusamento do 1º parafuso (a) no dispositivo de aparafusamento, (b) na CVIC II e (c) na DPC.

Relativamente ao segundo aparafusamento, as entradas ativas são as CYC1 e CYC2, como é possível visualizar na figura 5.9.

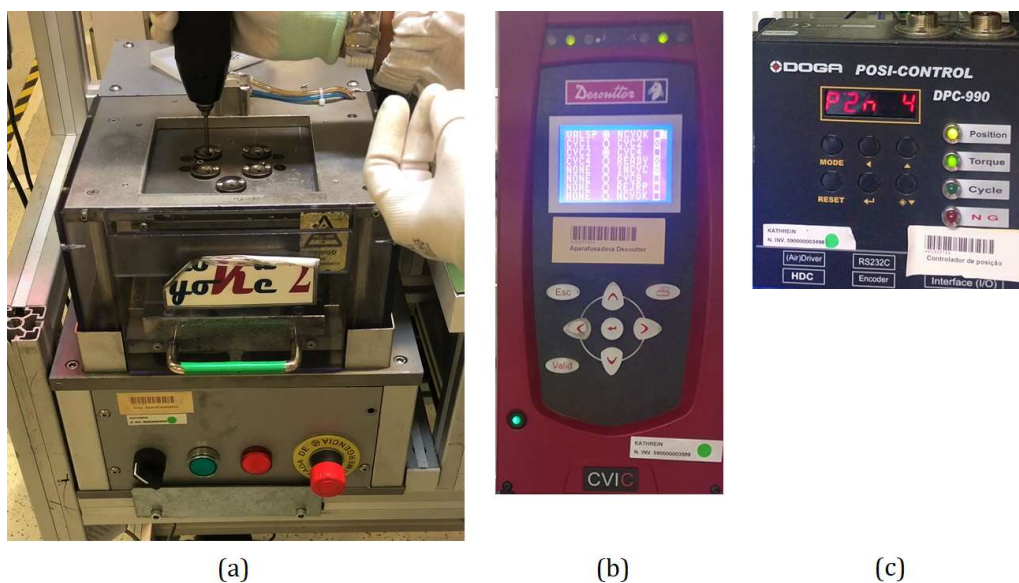


Figura 5.9 – Aparafusamento do 2º parafuso (a) no dispositivo de aparafusamento, (b) na CVIC II e (c) na DPC.

O parafuso número três é apertado quando as entradas CYC1 e CYC4 da controladora de aparafusamento estiverem ativadas. A figura 5.10 apresenta o ecrã do controlador de aparafusamento no momento do aparafusamento.



(a)



(b)



(c)

Figura 5.10 – Aparafusamento do 3º parafuso (a) no dispositivo de aparafusamento, (b) na CVIC II e (c) na DPC.

O quarto aparafusamento, demonstrado na figura 5.11, é executado com a entrada CYC4 ativa.

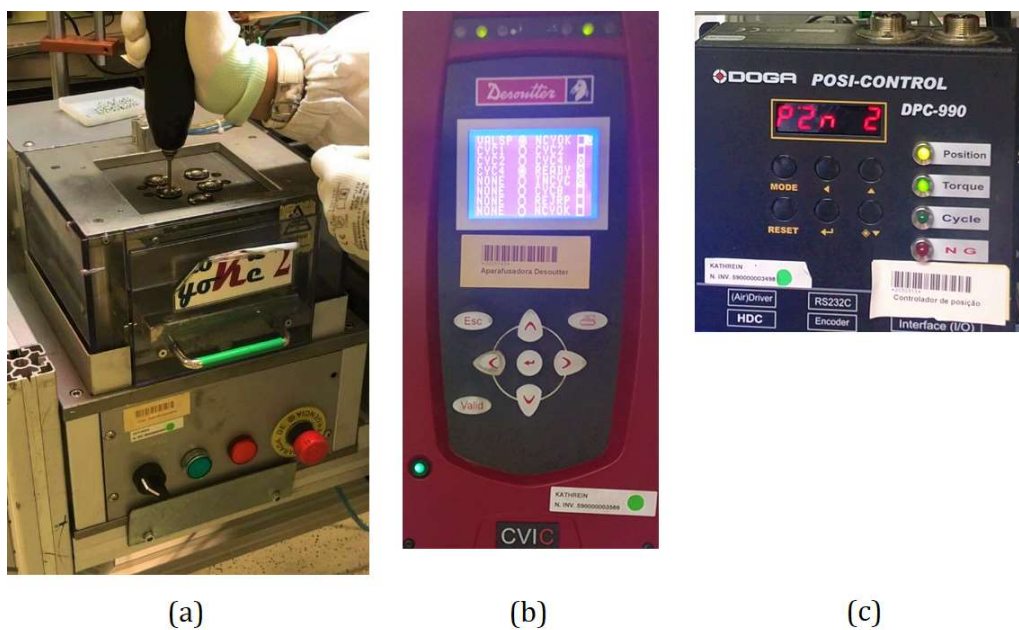


Figura 5.11 – Aparafusamento do 4º parafuso (a) no dispositivo de aparafusamento, (b) na CVIC II e (c) na DPC.

Caso o ciclo apenas tenha 5 fases, o último aparafusamento é executado com as entradas CYC1 e CYC4 acionadas, tal como a apresenta a figura 5.12.

Quando esta é a última fase do ciclo, a próxima etapa é a demonstrada na figura 5.15, o estado final do ciclo, se não existir nenhuma interrupção anteriormente.

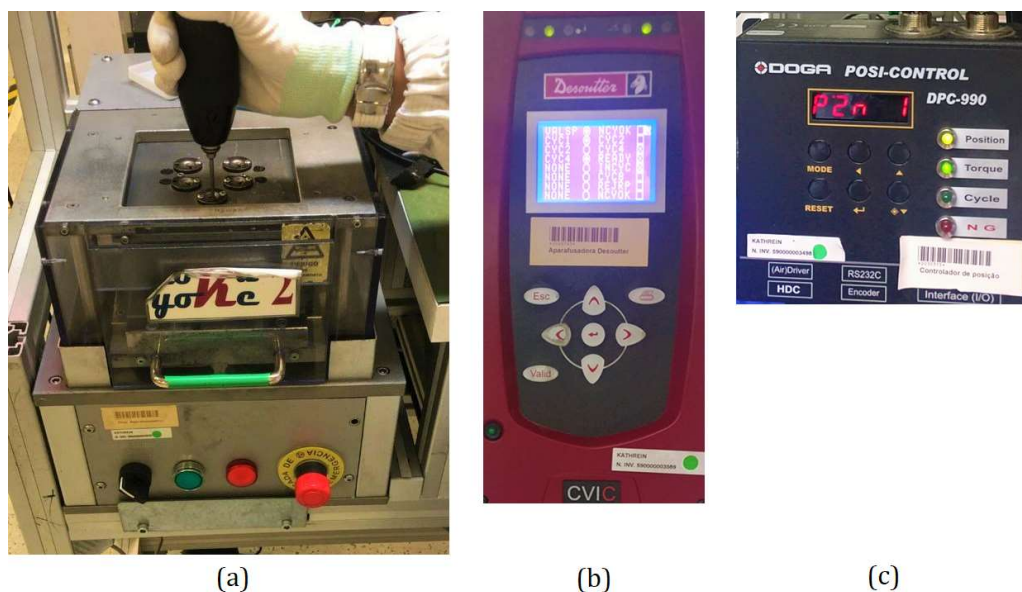


Figura 5.12 – Aparafusamento do 5º parafuso (a) no dispositivo de aparafusamento, (b) na CVIC II e (c) na DPC.

No caso de o ciclo ser de 7 fases, o sexto parafuso é apertado com o acionamento das entradas CYC2 e CYC4.

A figura 5.13 demonstra o sexto aparafusamento tanto no dispositivo de aparafusamento, como no CVIC II e no DPC.

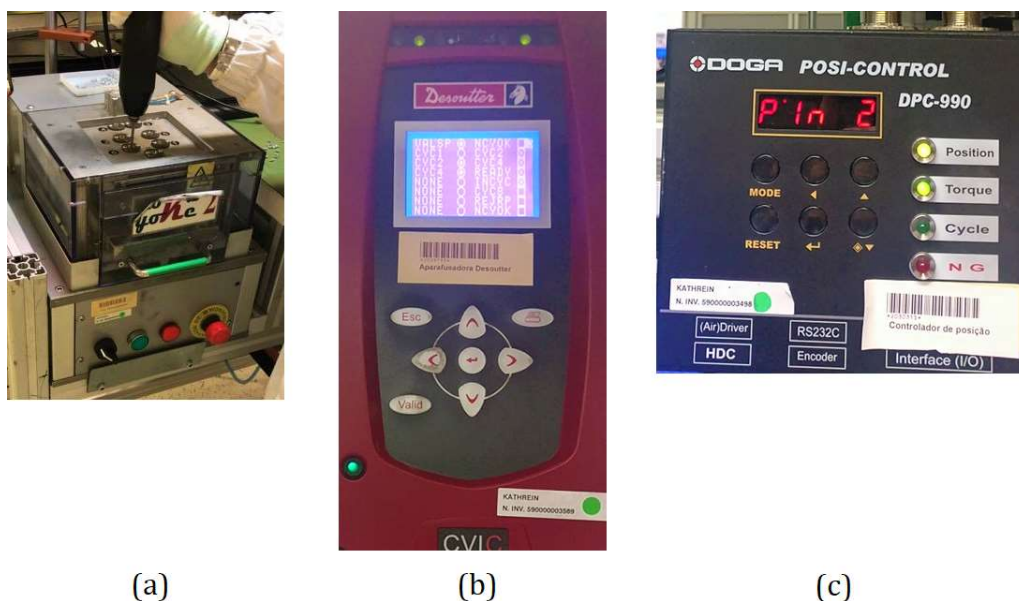


Figura 5.13 – Aparafusamento do 6º parafuso (a) no dispositivo de aparafusamento, (b) na CVIC II e (c) na DPC .

Por fim, o sétimo, e último, parafuso é aparafusado com as entradas CYC1, CYC2 e CYC4 ativas, tal como demonstra a figura 5.14.

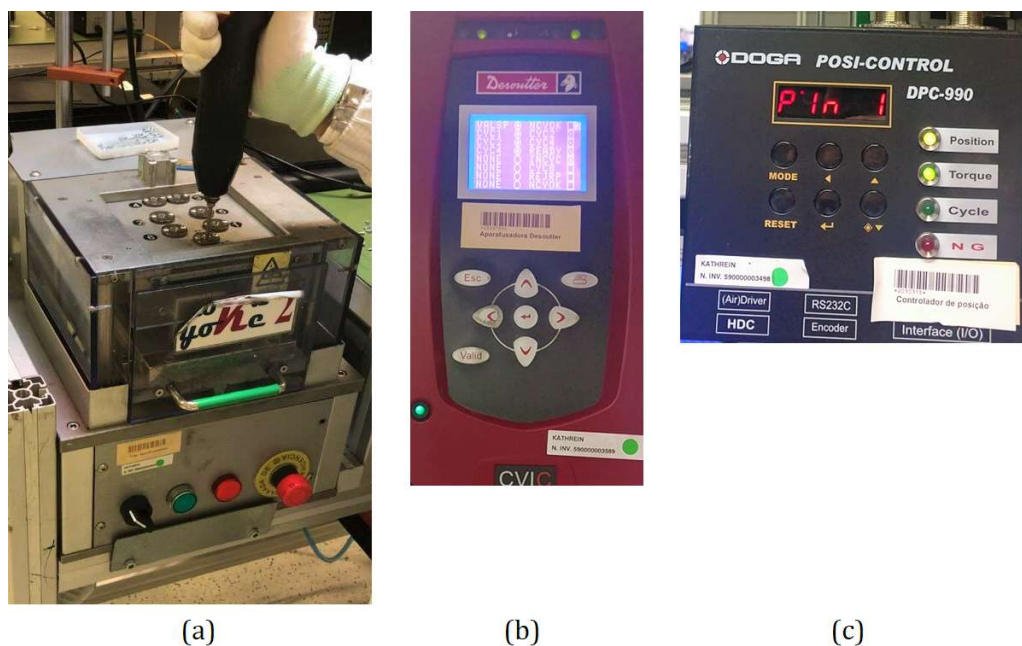


Figura 5.14 – Aparafusamento do 7º parafuso (a) no dispositivo de aparafusamento, (b) na CVIC II e (c) na DPC .

Sendo esta a última fase mais avançada de um ciclo, o próximo estado do dispositivo de aparafusamento será o estado final, que pode ser consultado na figura 5.15.

O estado final do ciclo caracteriza-se por um dispositivo de aparafusamento libertado, com a gaveta aberta e o acionamento do sinalizador verde, indicando que o ciclo anterior está terminado e o dispositivo está pronto para receber novamente a *flag* M4.



Figura 5.15 – Estado final do dispositivo de aparafusamento.

A próxima figura 5.16, mostra a resposta da CVIC II quando um aparafusamento não é executado corretamente. O equipamento não permite o aparafusamento do próximo parafuso enquanto o anterior não for bem apertado, de acordo os parâmetros torque e ângulo definidos, ou então, o ciclo pode ser interrompido.



Figura 5.17 – Acionamento do botão com sinalizador verde (a) no dispositivo de aparafusamento e (b) no CVIC II.

O processo de interrupção de um ciclo através do acionamento do botão de emergência é semelhante ao processo anterior.

Neste caso, o botão é libertado pelo movimento circular de destravagem, e enquanto este movimento não for executado, o ciclo estará interrompido, porém, sem capacidade de iniciar um novo ciclo.

O dispositivo de aparafusamento assume a posição de repouso instantes após o acionamento do botão. O sinalizador vermelho está ativado enquanto o botão está acionado, tal como a figura 5.18 indica, e apenas se desliga aquando da libertação do botão de emergência.

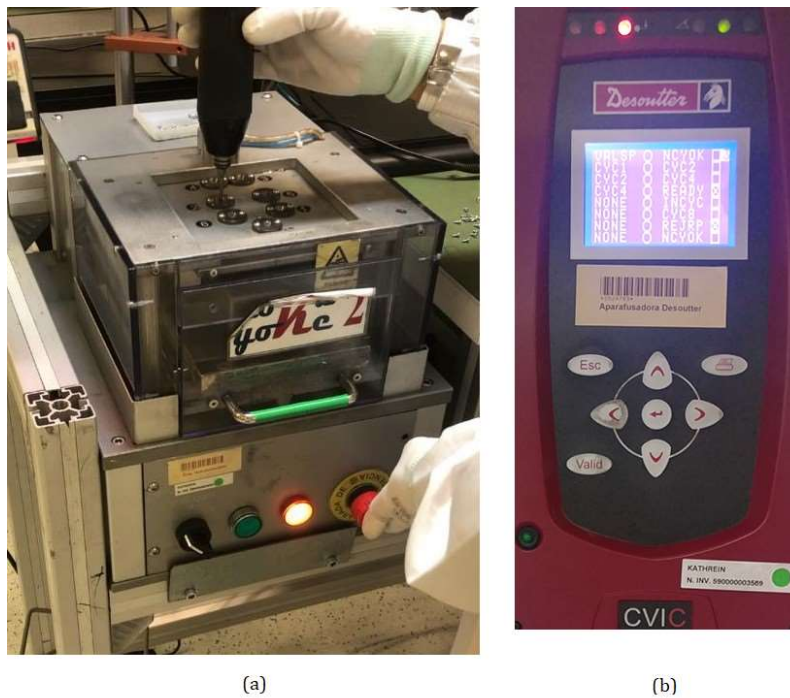


Figura 5.18 – Acionamento do botão de emergência no (a) dispositivo de aparafusamento e (b) no CVIC II .

Outra ação importante neste projeto é a troca de ferramenta. Na figura 5.19 são apresentados o topo e a base libertados, quando existe um acionamento do *switch* de troca de ferramenta.

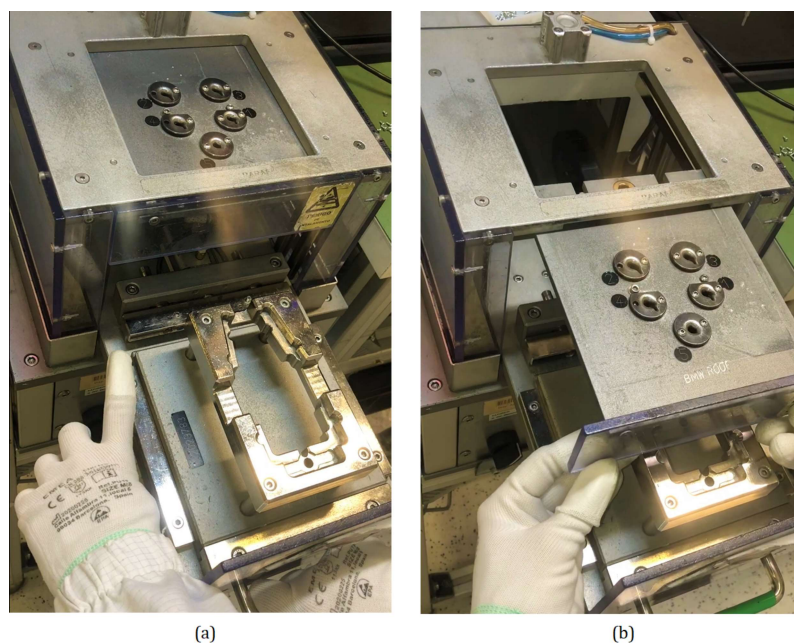


Figura 5.19 – Estado do dispositivo de aparafusamento (a) da base e (b) do topo quando é acionada a troca de ferramenta.

Quando as válvulas de troca de ferramenta são ativadas novamente, ou seja, o *switch* é posicionado em *off*, e as ferramentas são trancadas, após o fecho da gaveta, para uma maior segurança, figura 5.20.



Figura 5.20 – Estado do dispositivo de aparafusamento (a) da base e (b) do topo quando a troca de ferramenta é desativada.

Enquanto o switch de troca de ferramenta estiver ativo, o dispositivo de aparafusamento não permite o início de um novo ciclo.

Tendo em conta o objetivo inicial deste trabalho, podemos concluir que foi atingido com sucesso o que foi projetado inicialmente.

Todos os objetivos foram cumpridos, e, após vários testes realizados, onde foram abordadas diversas situações possível de operação, o sistema revelou um funcionamento correspondente ao esperado. Estabeleceu as comunicações entre os equipamentos de forma coerente para que todos executassem a sua função nos momentos corretos, formando um sistema fiável e eficiente.

6

Conclusão e trabalho futuro

O presente projeto surgiu de uma oportunidade de renovação e melhoria de um sistema no âmbito da automação industrial. Tem como base a comunicação entre um dispositivo de aparafusamento, um controlador de aparafusamento e um controlador de posição, em que um controlador lógico programável recebe todos os dados e os processos de forma a desencadear eventos através de um diagrama *ladder*.

Anteriormente a esta melhoria, o CLP utilizado era um S7-1200 da Siemens, um controlador mais complexo e com um custo mais alto. O sistema também tinha um grande suporte no *software* que o acompanha, para além do tratamento de dados na validação do PCBa, também era responsável por algumas das ações desencadeadas no sistema.

Este projeto veio renovar todo o esquema elétrico com um novo CLP, o LOGO! 24 CE. Este controlador possui um funcionamento mais simples e é capaz de cumprir todos os objetivos pretendidos. Também visa dar ao sistema uma maior autonomia a nível de "*hardware*", onde o software apenas tem a função de validar o PCBa e comunicar ao CLP essa informação através da ativação de *flag's*.

O novo sistema permitiu uma identificação mais rápida de problemas, assim como

uma resolução mais fácil, para uma execução de ciclos mais fiável.

O processo ficou mais automatizado visto que, através da comunicação entre o CLP e o controlador de aparafusamento, tornou possível a execução de diferentes programas em diferentes parafusos do mesmo ciclo, o que antes não era possível. O que leva a uma maior qualidade do produto, visto que nem todos os aparafusamentos necessitam do mesmo torque e ângulo.

Os resultados deste projeto são fruto de investimento de tempo e estudo pormenorizado de diversos componentes e equipamentos, assim como, técnicas de trabalho e de aplicação de conhecimentos. Uma realização que proporcionou a aquisição de vários ensinamentos que são importantes para o desenvolvimento profissional e pessoal

6.1 Trabalho Futuros

As novas tecnologias sofrem constantes modificações/evoluções podendo ser aplicadas a novas ideias de otimização de equipamentos já existentes. Este projeto não é exceção. Algumas abordagens de melhoria da automação aplicada seria a implementação de sensores de proximidade que permitissem a deteção do PCBa na base, para evitar erros. Esta implementação poderia além da verificação da presença do PCBa na base, também confirmaria que o PCBa do ciclo anterior teria sido removido e só nesse momento assumir o final de ciclo.

Uma melhoria a ser implementada seria modificar o botão de emergência de contacto normalmente aberto para normalmente fechado. Isto permitiria melhorar a segurança e eficiência de acordo com a técnica normalizada pelos profissionais.

Outra melhoria seria atribuir diferentes funções ao botão de emergência e ao botão com sinalizador verde. Como por exemplo, quando acionado o botão de emergência, poderia ocorrer uma interrupção do ciclo, e quando libertado, o ciclo retomaria atividade no ponto onde foi interrompido, tendo oportunidade de terminar o ciclo com sucesso. O botão com sinalizador verde teria a função de reiniciar o ciclo.

Seria uma melhoria que envolveria mais estudo e análise para não comprometer a qualidade do produto.

As duas medidas dariam ao sistema um melhor aproveitamento de componentes e otimização.

Referências bibliográficas

- [1] M. Colledani, G. Copani, and T. Tolio, “De-manufacturing systems,” *Procedia CIRP*, vol. 17, pp. 14–19, 2014. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2014.04.075> 1, 9
- [2] M. Chattal, V. Bhan, H. Madiha, and S. A. Shaikh, “Industrial automation control trough PLC and labview,” *2019 2nd International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies, iCoMET 2019*, pp. 8–12, 2019. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8673448> 1, 8, 9
- [3] A. M. Rojas and G. Barbieri, “A Low-Cost and Scaled Automation System for Education in Industrial Automation,” *IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, ETFA*, vol. 2019-September, pp. 439–444, 2019. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8869535> 1
- [4] *Continental Automotive*. [Online]. Available: <https://www.continental-automotive.com/en-gl/> 3
- [5] T. Beyer, N. Jazdi, P. Göhner, and R. Yousefifar, “Knowledge-based planning

- and adaptation of industrial automation systems,” *IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, ETFA*, vol. 2015-October, 2015. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7301635> 8
- [6] McKinsey Company, “Automação e futuro do emprego em Portugal,” 2018. [Online]. Available: https://www.isq.pt/wp-content/uploads/sites/78/2019/01/190116_1700_Jobs-Automation-short-version-final-version-PORTUGUES-FINAL.pdf 9, 14, 15, 16, 25, 26, 27, 29, 30
- [7] Fundação Francisco Manuel dos Santos, “Estatísticas, gráficos e indicadores de municípios, portugal e europa.” *PORDATA*, no. anexo 50, 2010. [Online]. Available: <https://www.pordata.pt/Home> 9, 10, 11, 17, 18
- [8] M. Guarnieri, “The roots of automation before mechatronics,” *IEEE Industrial Electronics Magazine*, vol. 4, no. 2, pp. 42–43, 2010, June 17. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5486427> 11, 12, 13
- [9] E. Möller, “Leonardo da vinci,” *Mensch - Erfinder - Genie exhibit*, 2005. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5486427> 12
- [10] L. SILVEIRA and W. Q. LIMA, “Um breve histórico conceitual da Automação Industrial e Redes para Automação Industrial,” *UFRN-PPgEE*, p. 3, 2003, May. [Online]. Available: https://www.dca.ufrn.br/~affonso/FTP/DCA447/trabalho1/trabalho1_13.pdf 12, 13
- [11] M. Boettcher, “Revolução industrial - um pouco de história da indústria 1.0 até a indústria 4.0.” 2015, November 26. [Online]. Available: https://www.dca.ufrn.br/~affonso/FTP/DCA447/trabalho1/trabalho1_13.pdf 13
- [12] J. REIS, “A industrialização num país de desenvolvimento lento e tardio : Portugal, 1870-1913,” *Análise Social*, vol. 23, no. 96, pp. 207–227, 1987. 14

- [13] Presidência do Conselho de Ministros, “Plano Nacional Energia e Clima 2030,” *Diário da República - I Série-B*, no. 2, pp. 3179–3182, 2020. [Online]. Available: <https://dre.pt/home/-/dre/137618093/details/maximized> 19
- [14] K. Y. Goldberg and H. Moradi, “Compiling assembly plans into hard automation,” *Proceedings - IEEE International Conference on Robotics and Automation*, vol. 2, no. April, pp. 1858–1863, 1996. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/506982> 20
- [15] J. Wan, Z. Song, Z. Yin, and B. Zhang, “The study on the programmable automation based on data medium Moby-I,” *Proceedings - 2010 2nd International Conference on Modeling, Simulation, and Visualization Methods, WMSVM 2010*, pp. 242–245, 2010. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5558312> 20
- [16] R. S. Wadhwa, “Flexibility in manufacturing automation: A living lab case study of Norwegian metalcasting SMEs,” *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 31, no. 4, pp. 444–454, 2012. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmsy.2012.07.008> 20
- [17] L. Ouyang, Y. Zhu, W. Zheng, and L. Yan, “An information fusion FMEA method to assess the risk of healthcare waste,” *Journal of Management Science and Engineering*, vol. 6, no. 1, pp. 111–124, 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.jmse.2021.01.001> 21
- [18] R. Ding, Q. Li, and T. Liang, “Generalized disjunctive programming model for multi-periodic continuous process scheduling,” *Proceedings of the 2009 IEEE International Conference on Automation and Logistics, ICAL 2009*, no. August, pp. 976–979, 2009. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5262561> 21
- [19] Y. Yang, S. Mo, and F. Gao, “Batch process control, from traditional approaches to 2D control,” *International Conference on Control, Automation and Systems*, pp. 529–532, 2012. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6393239> 22

- [20] C. Wang, P. Jiang, and T. Lu, “The production instruction system for smart job shop,” *2016 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, IEEE ICMA 2016*, pp. 1850–1854, 2016. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7558846> 22
- [21] G. Q. Huang, Y. F. Zhang, and P. Y. Jiang, “RFID-based wireless manufacturing for walking-worker assembly islands with fixed-position layouts,” *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 23, no. 4, pp. 469–477, 2007. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0736584506000779> 23
- [22] P. R. Gasperin, M. R. Thomaz, and K. D. F. Orso, “ADEQUAÇÃO DO LAYOUT DE UMA METALÚRGICA DO OESTE DE SANTA CATARINA PARA MELHORIA DO PROCESSO PRODUTIVO,” *Journal of Chemical Information and Modeling*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013. [Online]. Available: <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fuceff.edu.br%2Frevista%2Findex.php%2Frevista%2Farticle%2Fview%2F319%2F278&psig=AOvVaw3zbRHVIvMYQ8ZI4moBP9E9&ust=1616599768116000&source=images&cd=vfe&ved=0CA0QjhxqFwoTCKCt8Jfgxu8CFQAAAAAdAAAAABAE> 23, 24, 25
- [23] R. Logendran and D. Talkington, “Analysis of cellular and functional manufacturing systems in the presence of machine breakdown,” *International Journal of Production Economics*, vol. 53, no. 3, pp. 239–256, 1997. 23
- [24] A. Agarwala and J. Sarkis, “A review and analysis of comparative performance studies on functional and cellular manufacturing layouts,” *Computers and Industrial Engineering*, vol. 34, no. 1, pp. 77–89, 1998. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092552739700100X> 24
- [25] C. Hicks, “A Genetic Algorithm tool for optimising cellular or functional layouts in the capital goods industry,” *International Journal of Production Economics*, vol. 104, no. 2, pp. 598–614, 2006. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527305000794> 24

- [26] N. R. Gayam and K. Shanmuganandam, "Investigation on industrial layouts: Modifications by a varied approach," *Materials Today: Proceedings*, no. xxxx, 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.275> 24
- [27] S. S. Kamaruddin, M. F. Mohammad, and R. Mahbub, "Enhancing the Quality of Life by Adopting IBS: An Economic Perspective on Mechanisation and Automation," *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 101, pp. 71–80, 2013. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.07.180> 25
- [28] E. Papadimitriou, C. Schneider, J. Tello, W. Damen, M. Vrouenraets, and A. Broeke, "Transport safety and human factors in the era of automation: What can transport modes learn from each other?" *Accident Analysis and Prevention*, vol. 144, no. July, p. 105656, 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105656> 26
- [29] S. Ivanov, M. Kuyumdzhev, and C. Webster, "Automation fears: Drivers and solutions," *Technology in Society*, vol. 63, no. January, p. 101431, 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101431> 26
- [30] Bris and Cabolis, "IMD World Talent Ranking 2020," *Imd*, p. 3, 2020. [Online]. Available: <https://www.imd.org/wcc/world-competitiveness-center-rankings/world-talent-ranking-2020/> 30
- [31] A.-M. Sassen, "Pillars of the digitising european industry initiative," *European Commission*, p. 3, 2018. [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/pillars-digitising-european-industry-initiative?ettrans=pt> 31
- [32] B. M. da Silva Faria, "Estudo do Impacto dos Apoios à Implementação da Indústria 4.0 em Portugal," *Universidade do Porto - FEP*, 2019. 32
- [33] KPMG Portugal, "Indústria 4.0," *Direção Geral das Atividades Económicas*, 2019. [Online]. Available: <https://www.dgae.gov.pt/financiamento/industria-40.aspx> 32

- [34] KPMG Portugal, “Indústria 4.0,” *República Portuguesa*, 2019. [Online]. Available: https://cotecportugal.pt/wp-content/uploads/2020/01/COTEC_Programa-i4.0_Segunda-Fase_vf1geral-logo.pdf 32, 33, 34, 35
- [35] IAPMEI, “PME Líder,” *República Portuguesa*, pp. 1–5, 2021. [Online]. Available: <https://www.iapmei.pt/PRODUTOS-E-SERVICOS/Qualificacao-Certificacao/PME-Lider/PME-Lider.aspx> 33
- [36] Gabinete do Ministro Adjunto e da Economia, “Portugal i4.0,” vol. 0, 2018. [Online]. Available: <https://www.portugal.gov.pt/pt/gc21/comunicacao/comunicado?i=primeiro-ministro-e-ministro-adjunto-e-da-economia-na-apresentacao-na-nova-fase-do-i40> 35
- [37] M. C. Li, C. Li, C. Li, and C. Li, “Controladores CVIC II,” 2019. 37, 38, 39, 40, 41, 42
- [38] W. Bolton, *Programmable Logic Controllers*, 4th ed., Newnes, Ed. Elsevier Newnes, 2009. 43, 45
- [39] F. D. E. Oliveira and C. D. E. Lemos, “Controlo remoto de conversor de potência no âmbito da Indústria 4.0,” 2018. 43, 44
- [40] “Siemens logo - Siemens make Logo 24ce, LOGIC module with display manufacturer from Rajkot.” [Online]. Available: <https://www.indiamart.com/alfa-electricals-rajkot/siemens-logo.html> 46
- [41] P. Logo and C. Logo, “Technical data Order numbers,” pp. 1–286, 2009. 47, 48, 49
- [42] “Torque Reaction systems and Posi-Control systems Improve your ergonomcy and your productivity ! Pictograms.” [Online]. Available: http://www.bolltec.com/CustomerData/Files/Folders/25-a-pdf/251_katalog-60163.pdf 50, 51
- [43] Schneider, “Harmony xb4, selector switch, metal, black, Ø22, 2 positions, stay put, 1 no,” pp. 6–7, 2011. [Online].

- Available: <https://www.se.com/ww/en/product/XB4BD21/harmony-xb4%2C-selector-switch%2C-metal%2C-black%2C-%C3%B822%C2-positions%2C-stay-put%2C-1-no/?range=632-harmony-xb4> 53
- [44] Schneider, “Botão luminoso Ø22mm metálico, retorno por mola, verde, na+nf, 230vca,” pp. 1–6, 2014. [Online]. Available: <https://www.se.com/br/pt/product/XB4BW33M5/bot%C3%A3o-luminoso-%C3%B822mm-met%C3%A1lico%2C-retorno-por-mola%2C-verde%2C-na%2Bnf%2C-230vca/> 54
- [45] Schneider, “Sinalizador led - vermelho 110...120vca c/ aro fix met,” pp. 2–4, 2021. [Online]. Available: <https://www.se.com/pt/pt/product/XB4BVG4/sinalizador-led---vermelho-110...120vca-c--aro-fix-met/> 55
- [46] Autonics, “Botão de comando de freio de emergência.” [Online]. Available: <https://www.directindustry.com/pt/prod/autonics/product-23164-2320413.html> 56
- [47] Eshop Ferramentas, “Botão de comando de freio de emergência.” [Online]. Available: <https://www.eshopferramentas.com.br/ar-comprimido/pino-engate-rapido-14-npt-macho-aco> 57
- [48] Mean Well, “MDR-60 MDR-60,” p. 2, 2021. [Online]. Available: <http://www.icpdas.com/en/product/MDR-60-24> 57, 58
- [49] Giovenzana International B.V., “Conector de datos pp2rj45nl - presa rj45.” [Online]. Available: <https://www.directindustry.es/prod/giovenzana-international-bv/product-12319-1921710.html> 59
- [50] ALFA Network, “Conector de datos pp2rj45nl - presa rj45.” [Online]. Available: <https://tienda.siliceo.es/pt/wireless-n-router-de-wifi/1005-calbe-rj45-de-5-metros-cabo-de-rede-ethernet-cabo.html> 59
- [51] Velleman, “Ficha din macho 5p preta.” [Online]. Available: <https://www.aquario.pt/product/velleman-ficha-din-macho-5p-preta-ca082> 60

- [52] Velleman, “Ficha din fêmea 5p montagem chassis.” [Online]. Available: <https://www.aquario.pt/product/velleman-ficha-din-femea-5p-montagem-chassis-ca086> 60
- [53] Cablematic, “Interruptor sensor de proximidade indutivo.” [Online]. Available: https://cablematic.com/pt/produtos/interruptor-sensor-de-proximidade-indutivo-6-36-vdc-pnp-no-m12-sn2mm-TZ031/?cr=EUR&ct=PT&gclid=CjwKCAjwvuGJBhB1EiwACU1AiTf3l-fnx-r36eiIky5c_krajQdYRg4U1IB1ErFJ4rEz0vB81O-5hoC4z0QAvD_BwE#extra_product_info 65
- [54] SMC Corporation, “Applicable auto switch model,” p. 75. 65
- [55] SMC Corporation, “SMC Corporation D-A93.” [Online]. Available: <https://www.alliedelec.com/product/smc-corporation/d-a93/70070875/> 66
- [56] C. Pastrascioiu, M. Popescu, and S. Stamatescu, “Teaching System for Pneumatic Actuations,” *Proceedings of the 10th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence, ECAI 2018*, pp. 1–4, 2019. 66
- [57] Generic, “Generic sda40x15 40mm bore 15mm stroke double acting pneumatic air cylinder.” [Online]. Available: <https://www.amazon.in/Generic-Sda40X15-Stroke-Pneumatic-Cylinder/dp/B07MP3FPRS> 67
- [58] SMC Corporation, “Compact cylinder iso standard - c55.” [Online]. Available: <https://www.smc.eu/en-eu/products/c55~133523~nav> 67
- [59] citisystems, “Como funciona a válvula solenoide e quais os tipos?” [Online]. Available: <https://www.citisystems.com.br/valvula-solenoide/> 68
- [60] SMC PNEUMATICS, “Smc syj7123-5lou-01f-q valve.” [Online]. Available: <https://www.smc Pneumatics.com/SYJ7123-5LOU-01F-Q.html> 69
- [61] SMC PNEUMATICS, “Smc sy3240-5loz-q valve.” [Online]. Available: <https://www.smc Pneumatics.com/SY3240-5LOZ-Q.html> 70

- [62] SIEMENS, “Relés de interface sirius 3rq3.” [Online]. Available: <https://new.siemens.com/br/pt/produtos/controles-industriais/relés-de-interface.html> 71
- [63] C. Properties and T. Properties, “Technical data sheet Technical data sheet,” *Cell*, vol. 123, pp. 98–99, 2005. 72
- [64] Eletropeças, “Interface a relé conexel.” [Online]. Available: <https://www.eletpieces.com/Produto/interface-a-rele-conexel-1122770000-trs-24vdc---1-co-6a> 72
- [65] A. J. Crispin, *Programmable Logic Controllers and Their Engineering Applications*, 2nd ed., 1997. 73
- [66] SIEMENS, “Logo! soft comfort siemens.” [Online]. Available: <https://new.siemens.com/br/pt/produtos/automacao/controladores/logo/logo-software.html> 75, 79, 80, 81, 82
- [67] AUTODESK, “Autocad.” [Online]. Available: <https://www.autodesk.pt/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription> 94
- [68] D. Karimanzira and T. Rauschenbach, “Enhancing aquaponics management with IoT-based Predictive Analytics for efficient information utilization,” *Information Processing in Agriculture*, vol. 6, no. 3, pp. 375–385, 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2018.12.003>

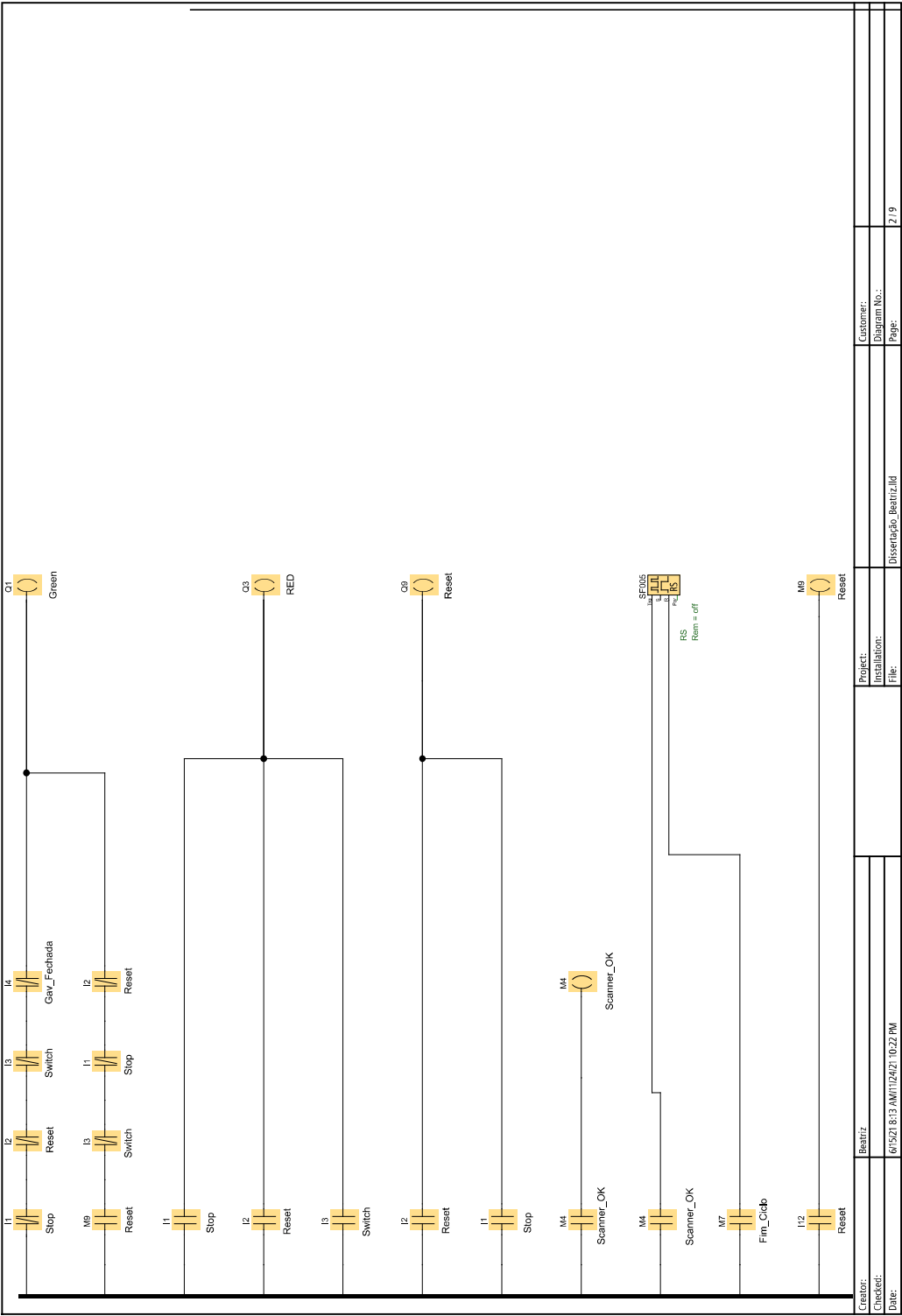


Apêndices

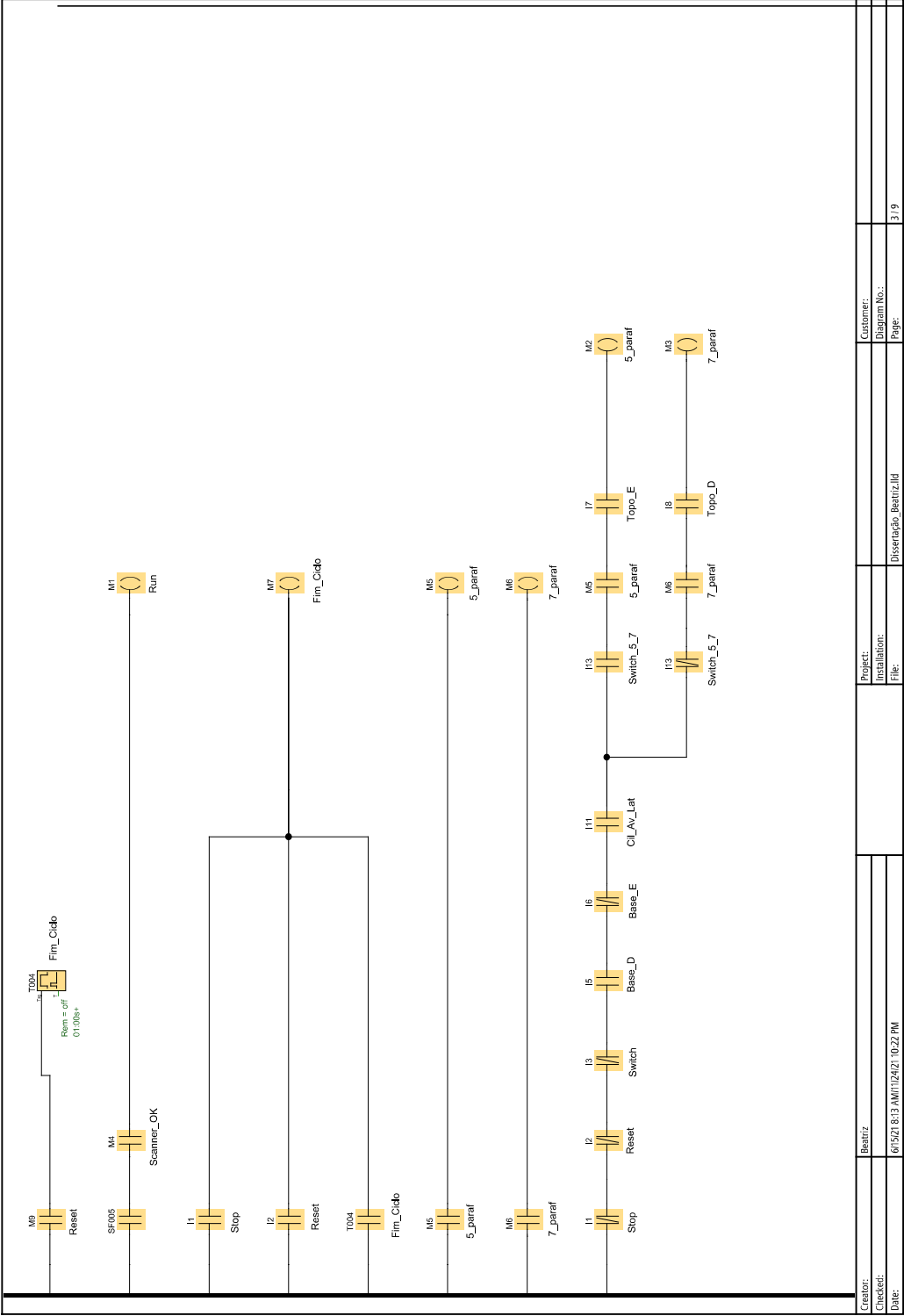
Apêndices

A.0.1 Circuito elétrico

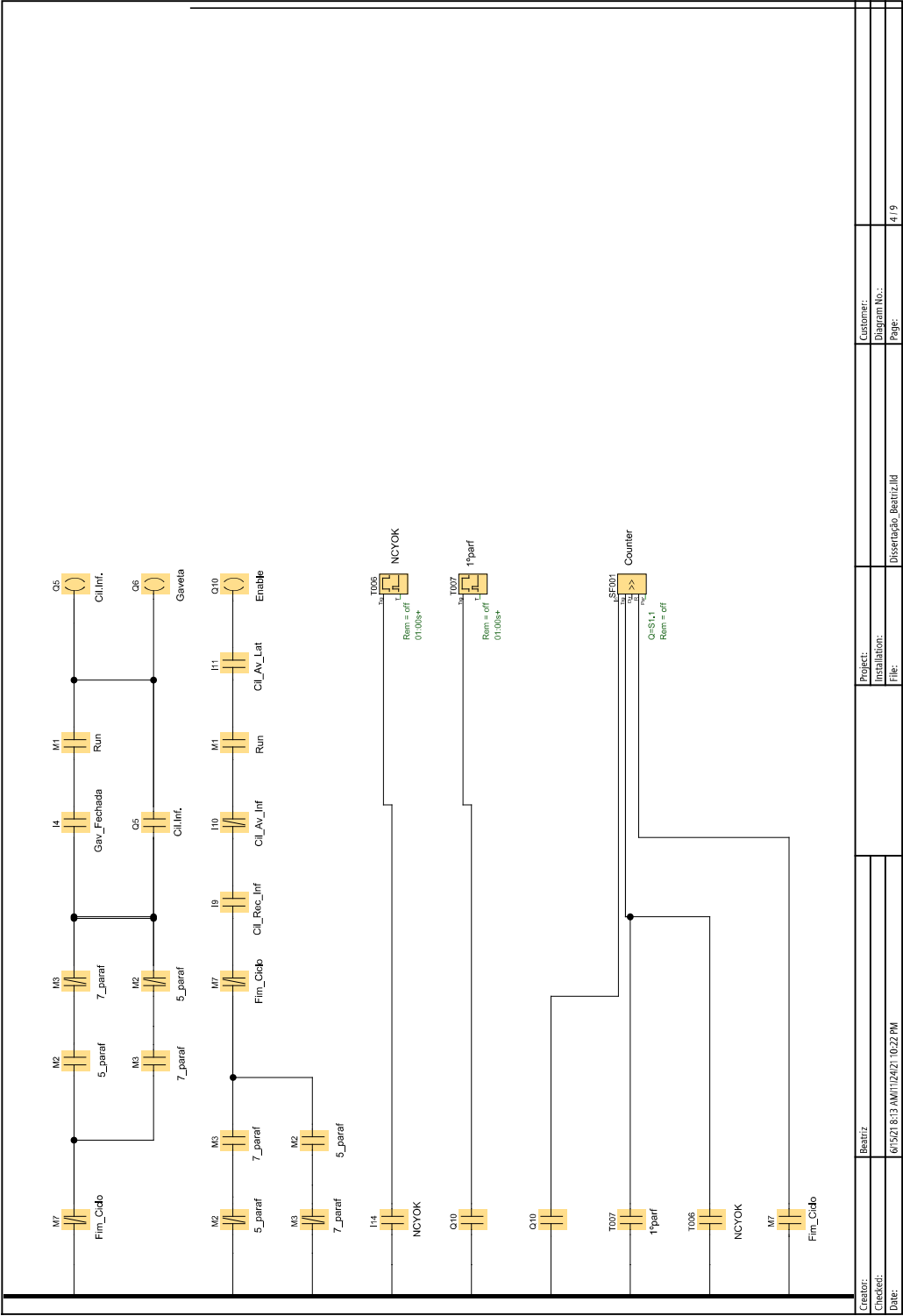
A.0.2 Diagrama ladder



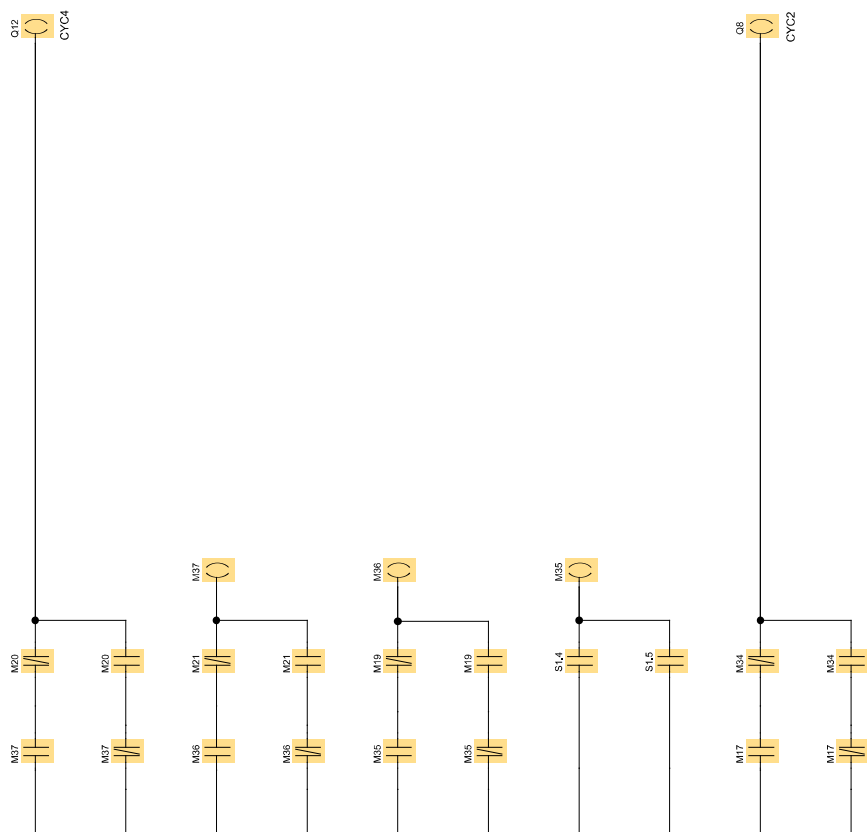
Creator:	Beatriz	Project:		Customer:	
Checked:		Installation:		Diagram No.:	
Date:	6/15/21 8:13 AM/11/24/21 10:22 PM	File:		Pages:	2 / 9



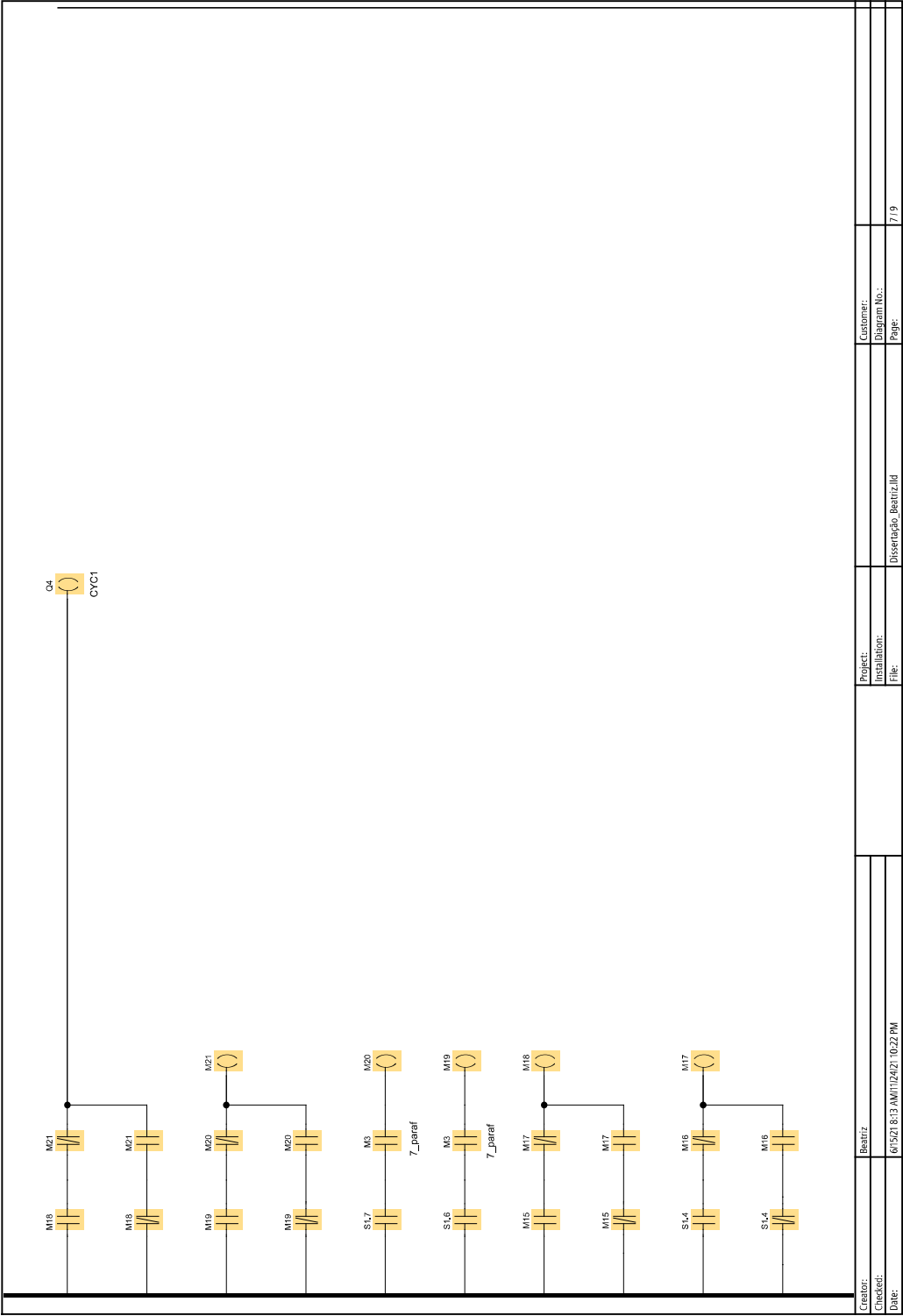
Creator:	Beatriz	Project:		Customer:	
Checked:		Installation:		Diagram No.:	
Date:	6/15/21 8:13 AM/11/24/21 10:22 PM	File:	Dissertação_Beatriz.1ld	Pages:	3 / 9



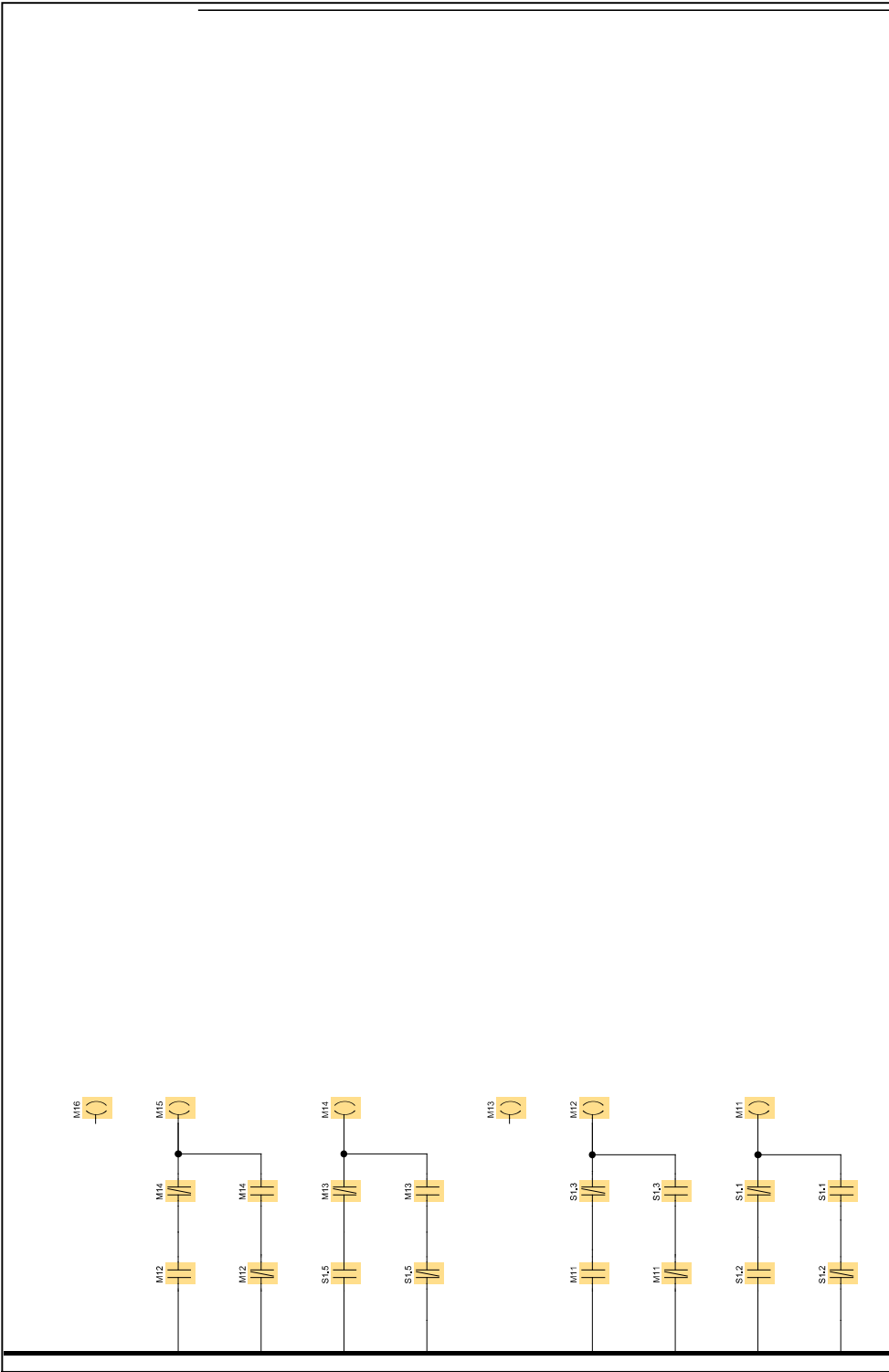
Creator:	Beatriz	Project:		Customer:	
Checked:		Installation:		Diagram No.:	
Date:	6/15/21 8:13 AM/11/24/21 10:22 PM	File:	Dissertação_Beatriz.1ld	Pages:	41/9



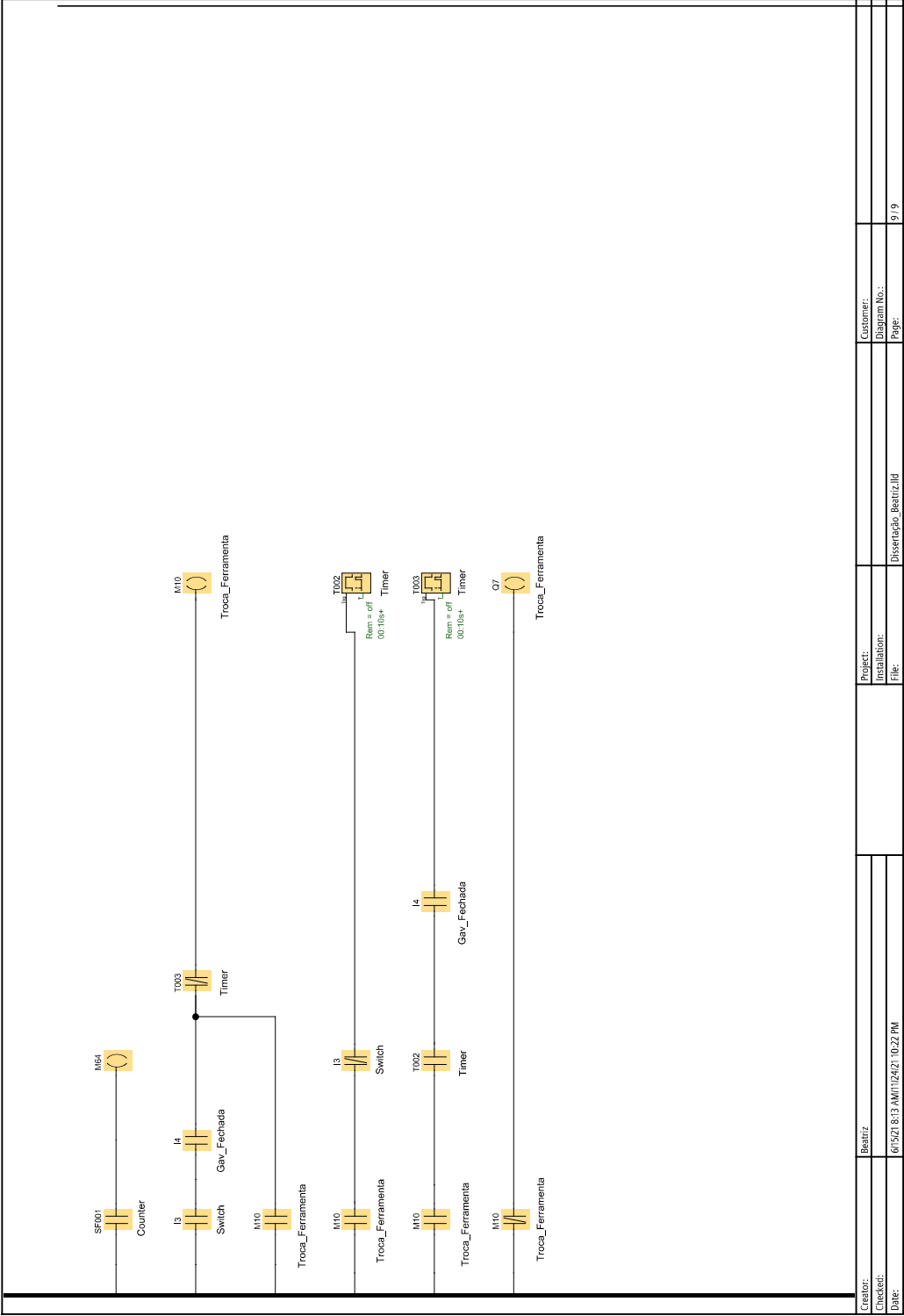
Creator:	Beatriz			
Checked:				
Date:	6/5/21 8:13 AM\11/24/21 10:22 PM			
		Project:	Customer:	
		Installation:	Diagram No.:	
		File:	Page:	5 / 9



Creator:	Beatriz	Project:		Customer:	
Checked:		Installation:		Diagram No.:	
Date:	6/15/21 8:13 AM/11/24/21 10:22 PM	File:		Pages:	7/19



Creator:	Beatriz	Project:		Customer:	
Checked:		Installation:		Diagram No.:	
Date:	6/15/21 8:13 AM/11/24/21 10:22 PM	File:		Pages:	81/9



Creator:	Beatriz	Project:		Customer:	
Checked:		Installation:		Diagram No.:	
Date:	6/15/21 8:13 AM/11/24/21 10:22 PM	File:	Dissertação_Beatriz.1ld	Page:	9/19