



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Departamento de Engenharia Mecânica

Rui Manuel Correia Coelho

Estudo, desenvolvimento de manuais de utilização e colocação em funcionamento da bancada SIMATIC da Siemens

Dissertação

Mestrado em Engenharia Mecatrónica

Trabalho efetuado sob a orientação do professor

Professor Doutor José Mendes Machado

Outubro 2015



Declaração RepositóriUM: Dissertação Mestrado

Universidade do Minho

Nome: Rui Manuel Correia Coelho

Nº Cartão Cidadão /BI: 13743361 1 ZZ5

Tel./Telem.: 91 806 49 00

Correio eletrónico: pg23182@alunos.uminho.pt

Curso: Mestrado em Engenharia Mecatrónica

Ano de conclusão da dissertação: 2015

Escola de Engenharia, Departamento/Centro: Departamento de Engenharia Mecânica

TÍTULO DISSERTAÇÃO/TRABALHO DE PROJETO:

Título em PT : X

Orientador: Professor Doutor José Mendes Machado

Nº ECTS da Dissertação _____ Classificação em valores (0 -20) _____

Classificação ECTS com base no percentil (A a F) _____

Declaro sob compromisso de honra que a dissertação/trabalho de projeto agora entregue corresponde à que foi aprovada pelo júri constituído pela Universidade do Minho.

Declaro que concedo à Universidade do Minho e aos seus agentes uma licença não-exclusiva para arquivar e tornar acessível, nomeadamente através do seu repositório institucional, nas condições abaixo indicadas, a minha dissertação/trabalho de projeto, em suporte digital.

Concordo que a minha dissertação/trabalho de projeto seja colocada no repositório da Universidade do Minho com o seguinte estatuto (assinale um):

Disponibilização imediata do trabalho para acesso universal;

Disponibilização do trabalho para acesso exclusivo na Universidade do Minho durante o período de

1 ano, 2 anos ou 3 anos, sendo que após o tempo assinalado autorizo o acesso universal.

Disponibilização do trabalho de acordo com o **Despacho RT-98/2010 c)** (embargo _____ anos)

Braga/Guimarães, ____ / ____ / ____

Assinatura: _____

"A dúvida é o princípio da sabedoria."

Aristóteles

RESUMO

Este documento apresenta um trabalho desenvolvido no contexto da dissertação de Mestrado em Engenharia Mecatrónica, na Universidade do Minho, cujo principal objetivo é o desenvolvimento de uma bancada física para o ensino do comando de sistemas a eventos discretos. A principal vantagem desta bancada é permitir que os alunos tenham a noção da implementação de um sistema por eles programado e depois poderem visualizá-lo fisicamente, terem a noção prática daquilo que idealizaram e simularam recorrendo às ferramentas da bancada didática desenvolvida. Com este projeto o aluno poderá com o seu computador ser capaz de aprender ao seu próprio ritmo, autonomamente, tendo a capacidade de descobrir e incidir na resolução das suas próprias dificuldades.

A construção da bancada desenvolvida inclui o projeto da estrutura, desde um esquema inicial até ao modelo final e a seleção dos vários elementos atuadores e sensores que o integram. O sistema de controlo inclui a programação do autómato programável S7-1200 do Simatic Learnig Kit destinado ao controlo e comando do sistema, assim como da interface homem-máquina. A bancada didática cria um sistema de comando de um elevador de 4 pisos, que permite a visualização e a experiência de relação entre a parte de comando e a parte física.

No desenvolvimento da parte de comando do sistema é utilizado o formalismo SFC (Sequential Function Chart) da norma IEC 60848.

Palavras-Chave:

Automação, Sistemas a Eventos Discretos, Simulação de Sistemas Automatizados, Bancadas Didáticas, Atuadores, Sensores, Siemens Didactic Kits

ABSTRACT

This document presents a work developed in the context of the Master's thesis in Mechatronics Engineering at the University of Minho, whose main objective is the development of a physical counter to the teaching of command discrete event systems. The main advantage of this bench is to allow students to have the notion of implementing a system that they have set and then can physically see it, have the practical sense of what devised and simulated using the tools of the developed didactic bench. With this project the student can with your computer be able to learn at their own pace, independently, having the ability to discover and focus on solving their own problems.

The construction of the developed bench includes structure design, from an initial outline to the final model and the selection of the various actuators and sensors elements within it. The control system includes the programming of the PLC Simatic S7-1200 the Learnig Kit intended to control and command system, and man-machine interface. The didactic bench creates a control system of an elevator 4 floors, which allows viewing and the relationship experience between the control part and the physical part.

In developing the system command of formalism is used SFC (Sequential Function Chart) of IEC 60848.

Keywords:

Automation, Discrete Event Systems, Automated Systems Simulation, Teaching Benches, Actuators, Sensors, Siemens Didactic Kits

AGRADECIMENTOS

De um modo geral este projeto foi realizado com o apoio e contributo de muita gente, não só pelo conhecimento, mas também pelo apoio que deram. Ao Professor Doutor José Mendes Machado, pela sabedoria e auxílio dispensados, sem descurar a compreensão demonstrada.

Ao departamento de Engenharia Mecânica da Universidade do Minho por toda a disponibilidade demonstrada na transmissão de conhecimento.

Em especial queria agradecer à minha família, por todo o apoio e motivação, assim como o carinho demonstrado durante esta etapa da minha vida. A todos os colegas que me ajudaram a ultrapassar os obstáculos encontrados, e nunca deixaram de me apoiar.

ÍNDICE

1.	Introdução	1
1.1.	Contexto	1
1.2.	Objetivos	2
1.3.	Organização da Dissertação.....	2
2.	Estado da arte	3
2.1.	Abordagem às bancadas didáticas	3
2.1.1.	Manipulador pneumático de 3 eixos	3
2.1.2.	Painel simulador de óleo-hidráulica	5
2.1.3.	Bancada didática weg.....	7
2.1.4.	Bancada de controlo de tráfego.....	9
2.2.	Aspetos a reter do capítulo 2	11
3.	Comando de sistemas a eventos discretos.....	12
3.1.	Definições e conceitos.....	12
3.2.	Formalismos de especificação do comando	14
3.2.1.	Máquinas de Estados Finitos.....	14
3.2.2.	Redes de Petri.....	16
3.2.3.	SFC (Grafcet)	19
3.2.4.	Vantagens e Desvantagens dos Diferentes Formalismos.....	21
3.3.	Aspetos a reter do capítulo 3	23
4.	Sistema de controlo	24
4.1.	Simatic S7-1200	24
4.2.	STEP 7 BASIC V11	28
4.3.	Criação de um projeto	28
4.4.	Configuração de conexões dos dispositivos	32
4.5.	WinCC.....	36
4.6.	Aspetos a reter do capítulo 4.....	38
5.	Caso de estudo - Construção da bancada simatic.....	39

5.1.	Desenvolvimento da bancada.....	39
5.1.1.	Estrutura física.....	39
5.2.	Características da bancada didática	48
5.3.	Comando e controlo	48
5.3.1.	Alimentação.....	49
5.3.2.	Sensorização do sistema.....	50
5.4.	Aspetos a reter do capítulo 5	51
6.	Aplicação desenvolvida	53
6.1.	Introdução	53
6.2.	Exercício de aplicação.....	53
6.2.1.	Modelo do controlador	53
6.3.	Esquema de montagem.....	60
6.4.	Interface gráfico.....	61
6.5.	Aspetos a reter do capítulo 6	63
7.	Conclusão e trabalhos futuros	64
	Bibliografia.....	66
	Anexo 1 - Desenho técnico.....	68
	Anexo 2 - Esquema Elétrico.....	77

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Manipulador pneumático de 3 eixos [4].....	4
Figura 2 - Sistema de eixos X,Y,Z [4].....	5
Figura 3 - Bloco pneumático [4]	5
Figura 4 - Painel simulador de óleo-hidráulica	6
Figura 5 - Unidade de energia hidráulica [5]	6
Figura 6 - Bomba de engrenagem	7
Figura 7 - Bancada didática WEG [6].....	8
Figura 8 - Kit controlo de tráfego [7].....	9
Figura 9 - Representação do funcionamento	10
Figura 10 - Partes constituintes de um sistema automático [9]	13
Figura 11 - Exemplo de um autómato simples	15
Figura 12 - Modelo de Moore.....	15
Figura 13 - Modelo de Mealy	16
Figura 14 - Exemplo de uma RdP [17].....	17
Figura 15 - Exemplo de uma RdP marcada [12]	18
Figura 16 - Exemplo de etapas e transição.....	19
Figura 17 - Exemplo de um Grafcet	20
Figura 18 - Hardware e software SIMATIC S7 1200	25
Figura 19 - Tipos de blocos de código	26
Figura 20 - Criação de novo projeto.....	29
Figura 21 - Inserindo o CPU ao projeto.....	30
Figura 22 - Inserindo consola HMI ao projeto	31
Figura 23 - Propriedades ligação de área local	32
Figura 24 - Propriedades TCP/IP-configuração do endereço de IP e máscara de sub-rede do PC	33
Figura 25 - Accessible devices	34
Figura 26 - Configuração de IP consola HMI	34
Figura 27 - IP Ethernet configurado	35
Figura 28 - Interface do utilizador.....	37
Figura 29 - Ilustração do curso do elevador	39
Figura 30 - Desenho mesa da bancada	41
Figura 31 - Terminal redondo em borracha.....	41
Figura 32 - Estrutura elevador	42

Figura 33 - Cabina elevador.....	42
Figura 34 - Sistema de deslocamento.....	43
Figura 35 - Posição da chumaceira e flanges	44
Figura 36 - Suporte em U motor	44
Figura 37 - Mesa SHTP-01-12-600 e motor MOT-AE-B-024-005-036.....	45
Figura 38 - Solução low cost implementada Motor 24 VDC,acoplamento e fuso.....	46
Figura 39 - PLC, Modulo de comunicação e relés em calha DIN	49
Figura 40 - Consola HMI sobre a mesa	49
Figura 41 - Fontes de alimentação, de 24V DC e 12V DC e entrada de alimentação da bancada didática.....	50
Figura 42 - Sensor indutivo PNP.....	51
Figura 43 - Botão interruptor de pressão unipolar SPST OFF-(ON).....	51
Figura 44 – Protótipo final da bancada desenvolvida.....	52
Figura 45 - SFC Observador.....	56
Figura 46 - SFC ON/OFF	56
Figura 47 - SFC de controlo.....	56
Figura 48 - SFC Movimento elevador	57
Figura 49 - SFC Controlo Porta	57
Figura 50 - SFC Acionamento de alarme	58
Figura 51 - Modelação da parte de comando no TIA PORTAL V11	59
Figura 52 - Esquema de montagem.....	60
Figura 53 - Tela de inicialização e Tela principal.....	61
Figura 54 - Tela de informação e descrição	62
Figura 55 - Tela Controlo elevador.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Vantagens e desvantagens de cada formalismo	22
Tabela 2 - Áreas de memória.....	27
Tabela 3 - Solução Marca Igus®.....	46
Tabela 4 - Solução Low Cost	46
Tabela 5 - Custo da bancada didática.....	47
Tabela 6 - Características bancada	48
Tabela 7 - Variáveis de entrada	54
Tabela 8 - Variáveis de saída	55
Tabela 9 - Variáveis de controlo e dados	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FBD – Function Block Diagram

Grafcet – Graphe Fonctionnel de Commande, Etapes Transition

HIL – Hardware-In-the-Loop

HMI – Human Machine Interface

HSP – Hardware Support Packages

IEC – International Electrotechnical Commission

IL – Instruction List

LD – Ladder Diagram

LVDT – Linear variable differential transformer

PLC – Programmable Logic Controller

RdP – Redes de Petri

SFC – Sequential Function Chart

ST – Structured Text

1. INTRODUÇÃO

A automação tornou-se uma área de estudo bastante importante nos dias de hoje, especialmente porque se pretende produção rápida e massificada [1] [2].

1.1. CONTEXTO

Para que as indústrias implementem os sistemas automatizados e possam evoluir nesta área, devem ter nos seus quadros mão-de obra especializada e para isso é necessário melhorar e evoluir as ferramentas de ensino proporcionadas aos alunos, para que estes sejam capazes de implementar estes sistemas de forma adequada e rentável.

Uma ferramenta bastante comum nas escolas de ensino de automação são as bancadas didáticas em que os alunos podem aplicar o conhecimento adquirido nas aulas expositivas e depois passar para o campo da prática, “teoria aplicada na prática”. Este ponto é bastante importante na evolução do conhecimento dos alunos que ao programarem um sistema automatizado podem depois testá-lo fisicamente e examinar os erros e as falhas que um sistema pode ter na parte física, nomeadamente as situações imprevistas que virtualmente não são testadas como ruídos, limites de controlo, efeitos não lineares e a visualização da dinâmica real do sistema [3].

No âmbito desta dissertação desenvolve-se uma bancada didática utilizando os componentes do Simatic learnig Kit para o ensino, da empresa Siemens, S.A. que pretende ser uma ferramenta que possibilita a utilização por parte dos alunos dos mais modernos controladores existentes no mercado e interação com sistemas HMI.

No desenvolvimento da bancada didática utilizou-se um sistema real de automação como é o caso do controlo de elevadores; este processo serviu de base para a implementação de um sistema dinâmico e real.

1.2. OBJETIVOS

O trabalho descrito neste relatório tem como objetivo principal a materialização do ensino de sistemas a eventos discretos, tendo como base o estudo, desenvolvimento de manuais de utilização e colocação em funcionamento da bancada SIMATIC da Siemens.

A bancada didática é uma ferramenta importante para o ensino da automação e em particular do controlador Simatic. Este projeto permite a demonstração das vantagens que as bancadas didáticas têm no adquirir de conhecimento por parte do aluno. O projeto desenvolvido também teve como objetivo a demonstração das vantagens da utilização de formalismos de especificação do comando no desenvolvimento de sistemas automáticos.

1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho encontra-se estruturado em 6 capítulos dos quais, o primeiro é composto por esta introdução ao trabalho.

A organização dos capítulos segue da seguinte forma: o capítulo 2 faz uma análise das bancadas didáticas para automação existentes no mercado, referindo as suas especificidades e uma análise comparativa entre elas.

No capítulo 3 são descritos os sistemas de automação, apresentados os conceitos e definições destes sistemas, analisando os formalismos de especificações de comando e as linguagens de programação.

No capítulo 4 descreve-se a implementação da parte de simulação usando o Tia Portal V11, configurações, criação de projetos e em particular todos os passos de implementação na criação de um projeto usando o *software* da Siemens.

No capítulo 5 é descrito o caso de estudo considerado neste trabalho.

O capítulo 6 e último apresenta as conclusões sobre o trabalho realizado, nomeadamente o conhecimento adquirido e se foram atingidos os objetivos iniciais, e apresenta propostas de desenvolvimento do trabalho no futuro.

2. ESTADO DA ARTE

Neste capítulo será o Estado da Arte é uma parte fundamental de todo trabalho dado que permite fazer referência ao que já existe sobre um tema e aquando de novo desenvolvimento evitar que sejam percorridos os mesmos caminhos já elaborados por outros.

O seu estudo é necessário dado que a construção de uma bancada didática de baixo custo para o ensino de automação é um objetivo a ser cumprido e realizado de maneira a diferenciar-se das existentes. Numa primeira abordagem ir-se-á analisar o estado da técnica de modo a apresentar bancadas didáticas já presentes no mercado, descrevendo as suas características e seguindo a apresentação de forma a abordar todos os tipos existentes como sistemas pneumáticos, hidráulicos e eletromecânicos.

Esta análise visa mostrar as soluções que cada fabricante tem, não sendo possível mostrar todas as bancadas existentes porque isso tornaria o trabalho muito amplo, perdendo o foco deste tema.

2.1. ABORDAGEM ÀS BANCADAS DIDÁTICAS

As bancadas didáticas a seguir descritas foram escolhidas para que seja compreendida a sua importância no ensino da automação.

2.1.1. MANIPULADOR PNEUMÁTICO DE 3 EIXOS

O manipulador pneumático de três eixos, da marca Festo, como ilustrado na figura 1, serve para demonstrar um sistema de produção que possa existir em determinada indústria, este sistema pode adquirir diferentes configurações, adaptando-se a um extenso número de aplicações [4].

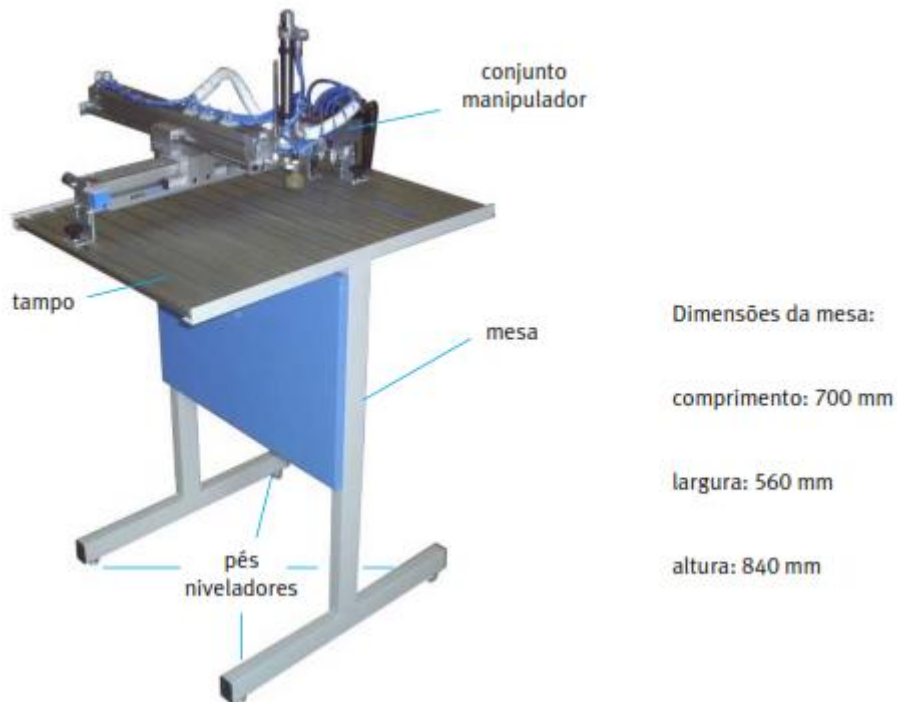


Figura 1 - Manipulador pneumático de 3 eixos [4]

Este tipo de equipamento possui normalmente uma boa capacidade de carga, boa repetibilidade e boa resistência ao ambiente envolvente. Juntando a isso, a possibilidade de funcionar automaticamente permitindo um ganho de produtividade, visto que substitui o trabalho manual.

O manipulador de 3 eixos é constituído por uma mesa em estrutura tubular metálica com tratamento anticorrosivo e pintura de acabamento eletrostática, equipada com 4 pés niveladores. O tampo horizontal é em perfil de alumínio anodizado, com rasgos equidistantes a 50 mm, para fixação rápida dos componentes mecânicos e pneumáticos a serem utilizados nos ensaios com o manipulador.

O eixo X e Y é acionado por atuadores pneumáticos de ação dupla, sem haste, com êmbolo magnético, amortecedores reguláveis de final de curso. Os atuadores são acoplados mecanicamente entre si.

O eixo Z é acionado por um atuador pneumático de ação dupla, correspondente à Norma ISSO 6432, com êmbolo magnético, amortecedores reguláveis de final de curso, com válvula reguladora de fluxo incorporada. O atuador é montado em sistema de guia linear anti giro equipado com ventosa, para movimentação de peças por vácuo, fixado na extremidade dianteira do eixo Y [4].

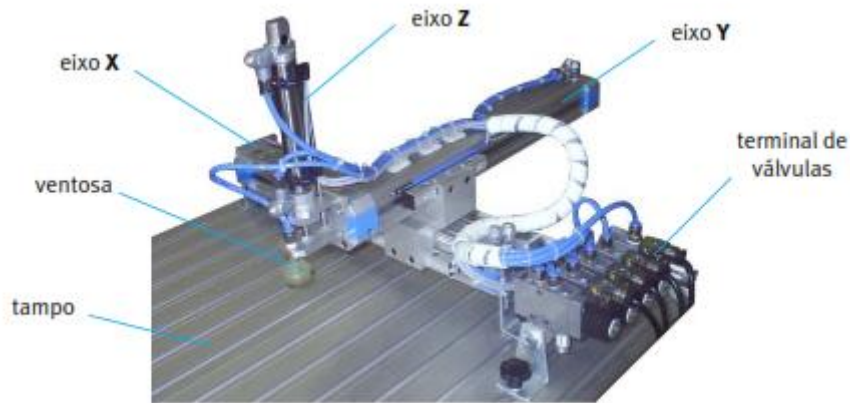


Figura 2 - Sistema de eixos X,Y,Z [4]

Cada eixo é equipado com 2 sensores de proximidade magnéticos para detecção da posição.

Como se pode ver pela figura 28, o manipulador de 3 eixos possui um terminal de válvulas de comando eletropneumáticas, fixado ao tampo da mesa, formado por 1 válvula geradora de vácuo e 4 válvulas direcionais de 5/2 acionadas por simples solenoide de 24 Vcc, reposicionadas por mola, com acionamento manual de emergência e led indicador de operação.

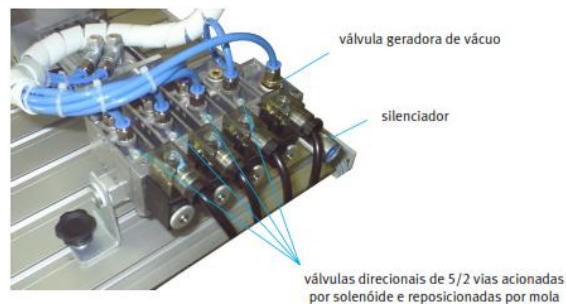


Figura 3 - Bloco pneumático [4]

2.1.2. PAINEL SIMULADOR DE ÓLEO-HIDRÁULICA

O Painel simulador de óleo-hidráulica da marca Festo utiliza como fluido de transferência de energia o óleo em substituição do ar.



Figura 4 - Painel simulador de óleo-hidráulica

A energia neste painel é produzida através da unidade de energia hidráulica (figura 5).

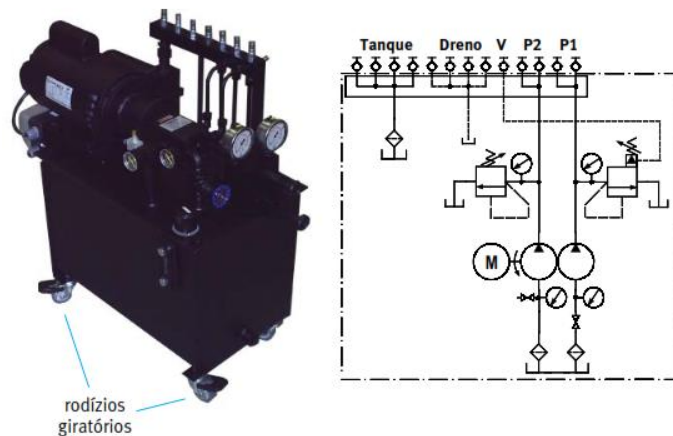


Figura 5 - Unidade de energia hidráulica [5]

A unidade possui um reservatório com capacidade de 40 litros de óleo o qual apresenta um indicador de nível e de temperatura do óleo, nas escalas °C e °F, um bocal de abastecimento com tela e filtro de respiro de ar, além de um tampão para drenagem do óleo [5].

A energia hidráulica é gerada por um conjunto de duas bombas de engrenagens com saídas independentes, acionadas por um motor elétrico, com acoplamento flexível e flanges normalizadas.



Figura 6 - Bomba de engrenagem

Cada bomba possui uma vazão de 5 L/min, podendo operar na faixa de pressão de 0 a 100 bar.

Este painel simulador hidráulico, semelhante ao painel simulador pneumático também possui diversos componentes estes agora na vertente hidráulica, tais como: cilindros de ação dupla, motores hidráulicos bidirecionais, válvulas direcionais, de retenção, limitadoras, reguladoras, manómetros, eletroválvulas e sensores.

Tudo isto em conjunto forma um painel simulador com as ferramentas necessárias á assimilação de conhecimento por parte do aluno.

2.1.3. BANCADA DIDÁTICA WEG

A gama de bancadas didáticas da marca WEG é modular e flexível. Foi criada com o objetivo de auxiliar no processo de aprendizagem e desenvolvimento de pessoas ligadas a centros de formação profissional, escolas técnicas, faculdades. É constituída por uma bancada principal e diversos módulos individuais que permitem a realização de trabalhos práticos de automação de processos industriais [6].

Para auxiliar no processo de aprendizagem, cada módulo dispõe duma metodologia de ensino técnico composta por um manual de utilização.

A bancada principal WEG é feita sob uma estrutura de alumínio, com as seguintes dimensões (1290 x 1050 x 500 mm), é constituída por dois postos de trabalho que servem de base para utilização de qualquer um dos módulos disponíveis.

Na lateral encontram-se a régua para entrada dos cabos de ligações, uma tomada (230V, 250W) para ligação de cargas auxiliares além de, um disjuntor para proteção termomagnética e um disjuntor diferencial, o que garante maior proteção por parte dos alunos.

Para evitar qualquer problema durante a realização dos trabalhos práticos a bancada principal WEG conta também com uma chave seccionadora e um botão de emergência, o que traz segurança para realização das tarefas [6].



Figura 7 - Bancada didática WEG [6]

Na bancada didática representada na figura 7 pode ser implementado um módulo Controlador Lógico Programável PLC permitindo aos alunos a aprendizagem de automação de processos industriais através do conhecimento das características, do princípio de funcionamento e da programação de autómatos.

Com ele é possível simular o funcionamento de máquinas e processos, pois além de contar com as funções temporização e controlo, contidas nos autómatos, o módulo dispõe de outros módulos para realização de tarefas práticas de eletrotécnica.

É composto pelos seguintes módulos individuais e removíveis: autómatos, botões de pressão, sinalizadores, fusíveis, lâmpadas, contadores, relés térmicos, e motores de indução. [6]

2.1.4. BANCADA DE CONTROLO DE TRÁFEGO

A bancada de controlo de tráfego apresentada foi desenvolvida pela Schneider Electric, este equipamento tem uma finalidade educativa a área da automação.

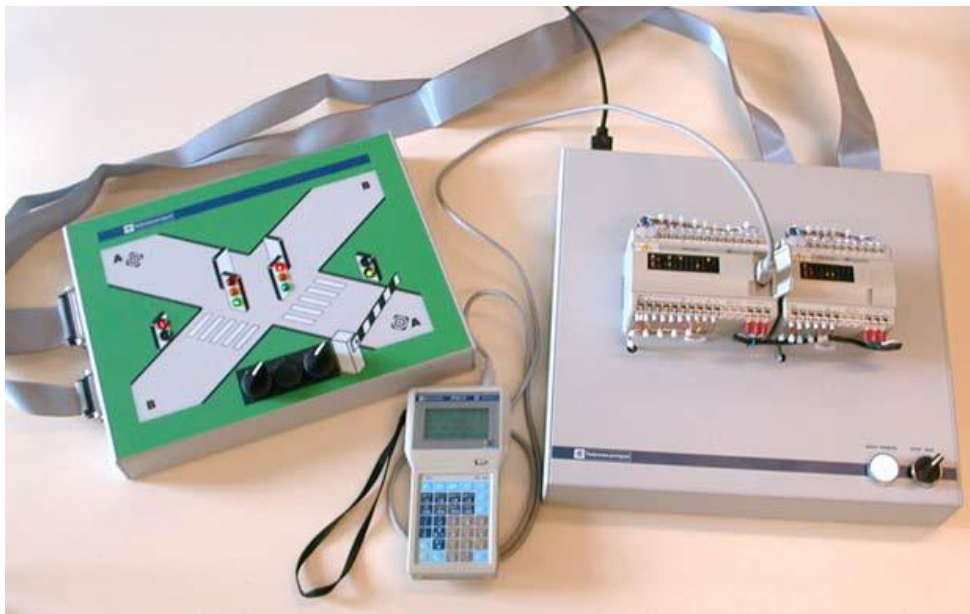


Figura 8 - Kit controlo de tráfego [7]

Este equipamento é composto por dois módulos (parte de controlo e parte de operação). O problema recriado é o de um cruzamento onde é necessário gerir o fluxo de trânsito para que o seu escoamento seja o mais rápido e que a segurança rodoviária seja mantida. Este equipamento permite controlar os semáforos de forma a recriar vários cenários como a chamada de peões, prioridades e vários outros cenários que se idealizem e foi especialmente projetado para aprendizagem em programação Grafcet [7].

2.2. ASPETOS A RETER DO CAPÍTULO 2

O desenvolvimento e construção de uma bancada didática de automação foi um dos objetivos deste trabalho. Um estudo das bancadas existentes no mercado foi o demonstrado neste capítulo, diferentes tipos de bancadas foram abordadas, como as eletropneumáticas, hidráulicas e as eletrónicas.

O desenvolvimento da bancada visa apresentar uma alternativa às bancadas existentes no mercado. Depois de esta análise conclui-se que existe uma grande variedade de opções no mercado, levando apenas a ser demonstradas algumas para que este capítulo não se torna-se repetitivo.

A análise abordou vários fabricantes que existem no mercado como a Festo, Weg ou a Schneider, embora cada uma seja mais especializada num tipo de bancada do que outra.

O custo de cada bancada foi algo que não foi facultado, mas pelos componentes que estas possuem tanto a da Festo, como da Weg terá um custo na ordem dos 5000 €, enquanto a da Schneider rondará os 2000€.

Com esta análise foi possível perceber os pontos que poderíamos desenvolver na bancada criada para que esta fosse um pouco diferente das existentes do mercado, como a portabilidade a resistência a impactos, funcionalidade e aplicabilidade a comandos de sistemas eventos discretos.

3. COMANDO DE SISTEMAS A EVENTOS DISCRETOS

Neste capítulo serão apresentados os conceitos teóricos necessários para a especificação do comando do sistema desenvolvido.

Um sistema automático, de uma maneira geral é constituído por duas partes, uma de comando, outra operativa. A parte de comando cria as ordens necessárias para a tarefa a ser executada em função da informação que recebe à entrada (programa, interação com o meio, informação de outras partes de comando). A parte operativa é o sistema a automatizar através da parte de comando. É basicamente o processo físico que ocorre no sistema automatizado, estabelecendo as ligações e ações entre atuadores e sensores. Na modelação da parte operativa existem diversos formalismos que são seguidos como: Máquinas de estados finitos ("*Finite State Machines*"), Redes de Petri e Grafset, servindo estes para que o desenvolvimento do sistema a automatizar seja o mais coerente possível [8].

3.1. DEFINIÇÕES E CONCEITOS

É importante dar uma descrição precisa do funcionamento da parte comando, para que haja uma aproximação progressiva das funções a implementar para a sua materialização.

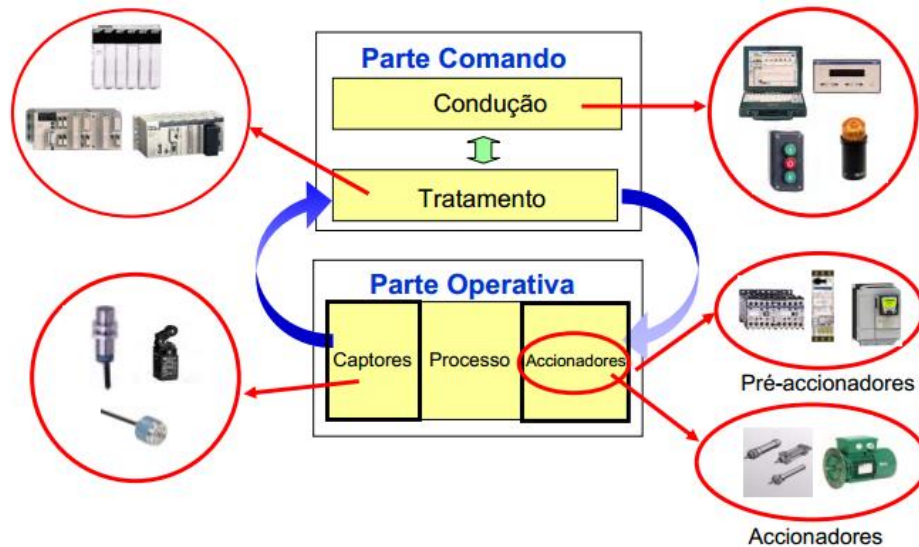


Figura 10 - Partes constituintes de um sistema automático [9]

Um exemplo de um sistema automático é uma máquina ferramenta de controlo numérico sendo a parte operativa a máquina ferramenta propriamente dita, e a parte de comando o equipamento de controlo (ou comando) numérico [9].

A automatização de um sistema mecatrónico na concepção e realização da parte de comando deve definir no caderno de encargos uma descrição exata e explícita do equipamento a utilizar por forma a obter um sistema eficiente.

A descrição pode dividir-se em duas partes sucessivas, na primeira parte descreve-se o comportamento da parte comando para a parte operativa: é o conjunto de especificações funcionais que permitem ao projetista entender corretamente o sistema mecatrónico a construir, define-se um sistema mecatrónico ao longo do trabalho como sendo um sistema interligado de partes mecânicas como partes eletrónicas capaz de interagir automaticamente entre si.

Numa segunda parte descreve-se as regras de funcionamento das partes definindo o tipo de automatismo a ser utilizado. É nesta parte que se escolhem os sensores e atuadores mais adequados à realização do sistema e trata-se do estudo do comportamento do automatismo ao longo da sua existência; fiabilidade, facilidade de manutenção e possibilidade de modificação do equipamento em função da alteração de componentes da parte operativa como a interface homem-máquina [10].

3.2. FORMALISMOS DE ESPECIFICAÇÃO DO COMANDO

Em primeiro lugar são apresentadas as finalidades de um formalismo. Um formalismo de especificação deve permitir a representação do processo que o sistema opera sobre os dados e especificar os processos de transformação desses dados. Um formalismo de especificação do comando de um sistema deve permitir representar os eventos que condicionam o estado do sistema e especificar a lógica de controlo que produz as ações e eventos em função dos eventos de entrada, provocando assim, uma mudança de estado do sistema.

Ao longo deste subcapítulo apresentam-se os formalismos mais utilizados em Automação, que têm em conta estes dois aspetos.

Apresentam-se os formalismos como: Máquinas de Estados Finitos (*Finite State Machines*), Redes de Petri e Grafcet (SFC – IEC60848). Este grupo de formalismos tem a característica comum de não permitirem a modelação de qualquer hierarquia de estados [11]

3.2.1. MÁQUINAS DE ESTADOS FINITOS

Uma máquina de estados finitos (ou Autómato Finito) é um sistema de transições que comporta um número finito de estados e de transições etiquetadas entre esses estados.

Permite descrever o sistema, no que diz respeito à sua evolução ao longo do tempo. As máquinas de estados finitos (ou autómatos finitos) constituem o formalismo de especificação de sistemas de eventos discretos mais divulgado. A teoria subjacente remonta à década de 50, com as propostas de Moore e de Mealy.

Qualquer autómato pode ser representado por um diagrama de transição de estados, e, conseqüentemente, o comportamento de um sistema de eventos discretos também [12].

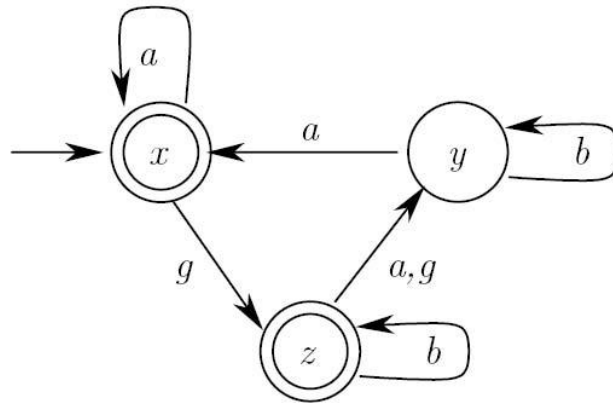


Figura 11 - Exemplo de um autômato simples

Nos sistemas físicos tradicionais acontece que o estado evolui integrando uma equação diferencial, é possível considerar autômatos com entradas e saídas. Existem duas possibilidades para o efeito, o autômato de Moore e o de Mealy [13]

O Autômato de Moore (figura 12) que a cada estado corresponde uma saída que pode ser vista como uma extensão da marcação.

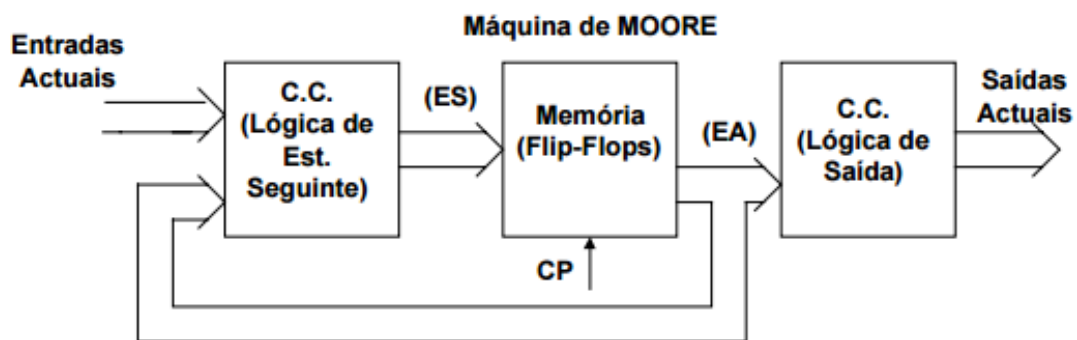


Figura 12 - Modelo de Moore

Neste caso, o autômato pode ser considerado como tendo duas saídas: uma marcada e outra não marcada.

O Autômato de Mealey (figura 13) que a cada transição é etiquetada por um evento da forma “evento de entrada/evento de saída”.

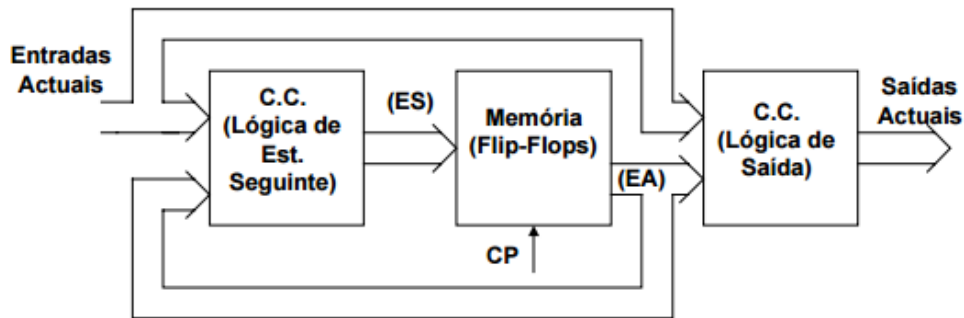


Figura 13 - Modelo de Mealy

Tais eventos especificam quais as entradas que podem ocorrer num dado estado e qual a saída que o autómato produz quando muda de estado. [13]

Em geral, os circuitos de Moore apresentam uma maior simplicidade na geração das saídas, enquanto os circuitos de Mealy conduzem a um menor número de estados e à eventual redução do número de flip-flops necessários.

3.2.2. REDES DE PETRI

A modelação gráfica base das Redes de Petri (RdP) foi introduzida por Carl A. Petri em 1962. Carl Petri apresentou no seu trabalho um tipo de grafo bipartido com estados associados, com o objetivo de estudar a comunicação entre autómatos. [14]

“Um grafo G denomina-se bipartido quando os seus nós podem ser divididos em dois conjuntos $N1$ e $N2$, tais que nenhum nó contido em $N1$ ou $N2$ se encontra ligado a outro nó contido no mesmo conjunto.”

O desenvolvimento das RdP foi sendo feito devido às suas diversas aplicabilidades na modelação de sistemas como: sincronização de processos, concorrência, conflitos e partilha de recursos. Desde essa data, têm sido desenvolvidos trabalhos teóricos e aplicações sobre RdP tendo este estudo levado, quer a um desenvolvimento das técnicas de análise das RdP e sua aplicação prática, quer ao desenvolvimento de muitas variantes ao modelo seminal das RdP tendo em vista aplicações específicas.

Como ferramentas matemáticas e gráficas, as RdP oferecem um ambiente uniforme para a modelação, análise formal e simulação de sistemas a eventos discretos, permitindo uma visualização simultânea da sua estrutura e comportamento [15] Mais especificamente, as RdP modelam dois aspetos desses sistemas, eventos e condições,

bem como, as relações entre eles. Segundo esta caracterização, em cada estado do sistema verificam-se determinadas condições. Estas podem possibilitar a ocorrência de eventos que por sua vez podem ocasionar a mudança de estado do sistema. Como se pode ver (figura 14), é possível relacionar, de uma forma intuitiva, condições e eventos com os dois tipos de nós da rede, respetivamente lugares e transições. [16]

Quando se modela um sistema concorrente com um sistema de transição é sempre necessário pensar nos efeitos globais de uma acção, as RdP guardam a ideia de estado local e as causas e os efeitos de uma acção são determinados localmente.

Uma Rede de Petri é um grafo bipartido definido pelo tuplo $\{P, T, I, O\}$, onde:

- $P = \{p_1, \dots, p_m\}$ é o conjunto finito de posições.
- $T = \{t_1, \dots, t_n\}$ é o conjunto finito de transições.
- $I : (P \times T) \rightarrow N$ é o conjunto de arcos que ligam posições a transições
- $O : (P \times T) \rightarrow N$ é o conjunto de arcos que transições a posições

Uma RdP é constituída por dois tipos de nós: posições e transições. Uma posição pode ser compreendida como sendo um estado do sistema (um estado temporário) com disponibilidade de recursos e uma transição representa uma evolução possível do sistema podendo corresponder à execução de uma acção ou à ocorrência de um evento ou acontecimento. As posições são interligadas por arcos, não sendo possível ligar posições a posições nem transições a transições. [17]

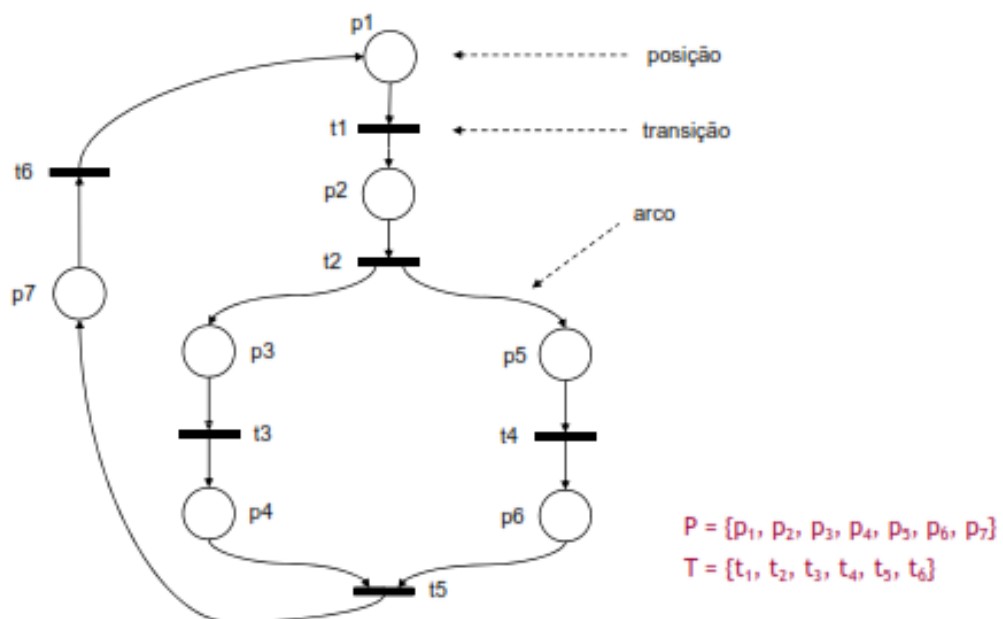


Figura 14 - Exemplo de uma RdP [17]

Uma RdP marcada contém marcas, que residem em posições, deslocam-se pelos arcos de forma regulada pelas transições. As marcas (token) indicam o estado da posição (ativa ou não), ou a disponibilidade de recursos [17].

Os arcos ligados a cada transição indicam exatamente sobre que lugares atuam. Um arco com origem num lugar e término numa transição (a partir daqui designado por arco de entrada) indica que essa transição subtrai, aquando do seu disparo, uma marca desse lugar. De forma simétrica, um arco com origem numa transição e fim num lugar (daqui em diante designado por arco de saída), indica que essa transição adiciona, aquando do seu disparo, uma marca a esse lugar. Assim sendo, pode-se pensar nos arcos como indicando o sentido do movimento das marcas de um lugar para outro, atravessando a transição. Daí resulta que uma transição só pode disparar se cada lugar de entrada contiver pelo menos uma marca, de forma a poder ser retirada no disparo da transição, pelo respetivo arco. Quando tal sucede diz-se que a transição está habilitada (*enable*). [18]

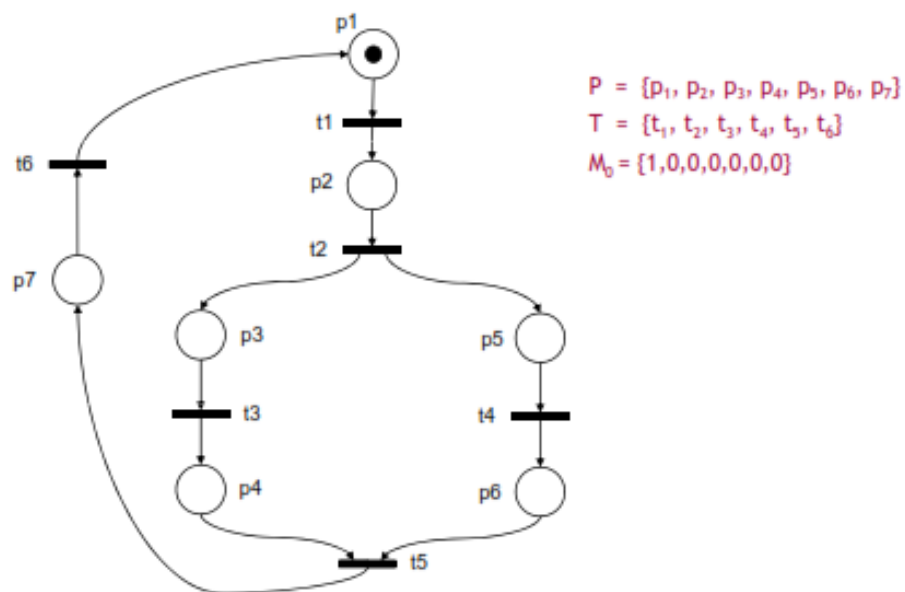


Figura 15 - Exemplo de uma RdP marcada [12]

A evolução dinâmica de uma RdP segue determinadas regras:

•Regra de sensibilização:

Uma transição está sensibilizada quando cada uma das suas posições precedentes contem pelo menos uma marca.

•Regra de disparo:

Uma transição sensibilizada dispara, evoluindo para uma nova marcação

m' , através da seguinte regra: $m'(p) = m(p) + O(p, t) - I(p, t).i$

Isto é, a cada posição precedente é retirada uma marca, e a cada posição seguinte à transição é acrescentado uma marca.

Em nota de resumo as RdP oferecem um suporte prometedora para a modelação, análise e simulação de sistemas a eventos discretos. Possuindo propriedades que permitem verificar a correção do modelo e das especificações do sistema.

3.2.3. SFC (GRAFCET)

O SFC da norma IEC 60848, mais vulgarmente conhecido como GRAFCET (Graph Fonctionel de Commande Etape – Transition) teve a sua origem em França, na década de 70, fruto dos esforços de académicos e técnicos industriais, que sentiam a necessidade de um formalismo simples, de fácil aplicação e compreensão. Devido à sua elevada evolução e por ter sido uma metodologia adotada mundialmente, foi desenvolvida uma normalização pela Comissão Eletrónica Internacional – a norma IEC 848 do ano de 1988 – e conseqüente mudança de nome para (Sequential Function Chart) SFC. [19]

Depois de normalizado, este formalismo apresenta-se como muito poderoso devido à sua simplicidade de execução e leitura, semântica rigorosa e capacidade de representação elevada. [20]

De uma forma simples o Grafcet consiste em :

- Dois elementos gráficos etapas e transições:

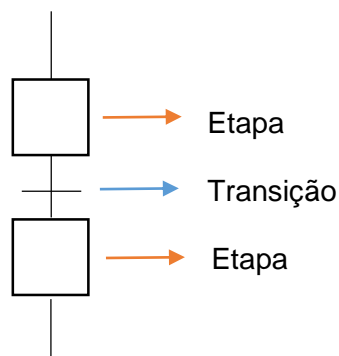


Figura 16 - Exemplo de etapas e transição

- Dois elementos de controlo: ações para as etapas e recetividades para as transições.

Uma etapa é ligada sempre a uma transição e uma transição é sempre ligada a uma etapa, através de ligações orientadas.

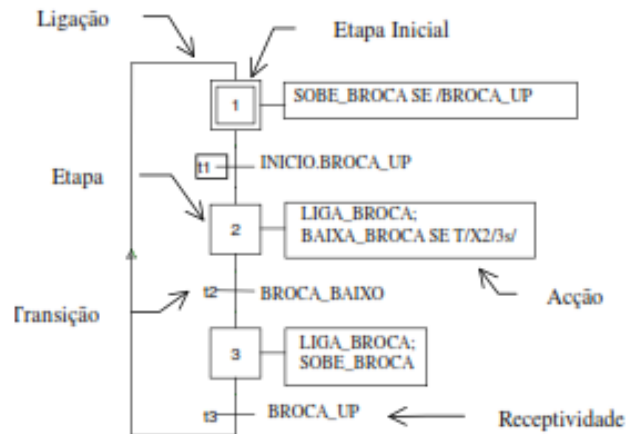


Figura 17 - Exemplo de um Grafcet

A utilização do Grafcet oferece grandes vantagens na concepção de um modelo tais como:

- Suporte Standard, isto quer dizer, suportado pelo standard EC 848 da IEC, representativo de todas as empresas que suportam o Grafcet de modo a manter a sua integridade e universalidade.
- Desenvolvimento independente do autómato, isto é, o trabalho de especificação utilizando o Grafcet é o mesmo independentemente do autómato que se irá utilizar.
- Formato de concepção fácil, o formato gráfico faz com que seja mais fácil encontrar erros de construção, utilizando o Grafcet diminui-se o custo dos erros de interpretação, quer sejam originários de construtores, fornecedores ou equipas de concepção.
- Redução do tempo de desenvolvimento de sistema, com o Grafcet a implementação do código nos Programmable Logic Controllers (PLCs) torna-se mais rápida, sendo dos métodos mais produtivos e flexíveis existentes. [17]

O Grafcet tem várias regras que definem o seu comportamento (dinâmica), em suma pode referir-se:

Inicialização: As etapas ativas após a inicialização são assinaladas duplicando o contorno dos respetivos símbolos.

Validação: Uma transição está validada ou não validada. Ela passa a validada se todas as etapas de entrada estiverem ativas.

Disparo de transição: Uma transição é disparada se estiver validada, a etapa anterior está ativada e recetividade for verdadeira. O disparo de uma transição ativa as etapas de saída e desativa as etapas de entrada.

3.2.4. VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS DIFERENTES FORMALISMOS

Dos formalismos de especificação de comando apresentados anteriormente o utilizado na parte de modelação neste projeto é o Grafcet. Pretende-se abordar um formalismo que tivesse sido estudado durante o Mestrado de Engenharia Mecnica, embora não sendo o mais aconselhado porque a principal desvantagem deste formalismo é o facto de ser de difícil aplicação a processos que não sejam sequenciais, de média/alta complexidade como por exemplo, a modelação do comportamento de um elevador que irá ser o sistema a modelar na parte de comando como se irá ver ao longo do corrente projeto. Embora tendo esta desvantagem foi escolhido porque sendo o seu grau de dificuldade elevado aplicando o Grafcet permite aos alunos evoluírem se o conseguirem resolver e dão uma passo importante na aprendizagem deste formalismo, e também porque possui inúmeras vantagens como é referido na tabela 1 tais como: clareza; notação compacta; fácil aplicação a sistemas paralelos; estrutura gráfica; encontra-se normalizado; é de fácil interpretação e tem uma apresentação sintética [21].

Depois de feita a modelação do sistema este pode ser convertido para linguagem Ladder através da modelação algébrica do Grafcet, obtendo-se um conjunto de equações que podem ser implementadas seguindo regras pré-definidas.

Tabela 1 - Vantagens e desvantagens de cada formalismo

	Vantagens	Desvantagens
Máquina de estados finitos	<ul style="list-style-type: none"> -Modelo Simples; -Melhores resultados na implementação nas linguagens devido ao grupo restrito de linguagens a que pertence. 	<ul style="list-style-type: none"> -Grupo restrito de linguagens; -Impossibilidade de modelação de processos paralelos.
Redes de Petri	<ul style="list-style-type: none"> -Representação gráfica -Fácil compreensão -Modelação hierárquica com uma matemática bem definida e fundamento prático; -Abordagem top-down assim como bottom-up em diferentes níveis de abstração; -Simulável, demonstrável, adequado a projeto. 	<ul style="list-style-type: none"> -A representação de paralelismo não é explícita; -Um lugar não pode ser subdividido em sublugares, o que pode levar à explosão do número de lugares e transições do modelo;
Grafcet	<ul style="list-style-type: none"> -Clareza; -Notação compacta; -Fácil aplicação a sistemas paralelos; -Estrutura gráfica; -Normalizado; -Interpretação fácil; Apresentação sintética. 	<ul style="list-style-type: none"> -Dificuldade na aplicação em sistemas de comportamento não sequencial complexos;

3.3. ASPETOS A RETER DO CAPÍTULO 3

Neste capítulo foram abordados diferentes metodologias para a modelação de sistemas automatizados. Cada formalismo apresentado tem as suas particularidades mas que tem como objetivo comum a criação de um modelo de representação de comportamento de um sistema. O formalismo utilizado na modelação do sistema desenvolvido foi o Grafcet, como já referido anteriormente.

4. SISTEMA DE CONTROLO

Neste capítulo é apresentado o TIA Portal V11, serão apresentados os processos de criação de um projeto usando este *software*, como também a sua funcionalidade e aplicabilidade.

4.1. SIMATIC S7-1200

O sistema de automação SIMATIC S7-1200 é um sistema de microcontrolador modular para as faixas de baixa e média potência.

Neste modelo existem vários módulos para aplicar em diferentes tarefas de automação. O controlador S7 é composto de uma fonte de alimentação, uma CPU e módulos de entrada e de saída para os sinais digitais e analógicos.

Também poderão ser aplicados módulos funcionais e de comunicação para tarefas específicas, como por exemplo, o controlo do motor de passo, aquisição de dados e expansão de I/O.

O controlador lógico programável (CLP) monitoriza e controla uma máquina ou um processo por meio do *software* S7. No *software* S7, os módulos de Input/Output (I/O) são consultados através de endereços de entrada (%I) e endereçados através de endereços de saída (%Q).

O sistema SIMATIC STEP 7 Basic usado ao longo deste trabalho integra tanto o controlador como a consola HMI dado que o TIA (Total integrated Automation) Portal V11 (integra numa só plataforma o WinCC e o Step 7). Esta capacidade faz com que este sistema tenha: grande flexibilidade de soluções inteligentes através de *hardware* escalonável e a possibilidade de criação simplificada de redes através de comunicação coordenada.

Na figura 34 é apresentado os constituintes do SIMATIC S7 1200, que em mais detalhe falar-se-á de cada um ao longo do trabalho, a versão 11 do TIA PORTAL só funciona com Windows 7, nas versões posteriores do Windows, a Siemens não assegura o seu correto funcionamento.

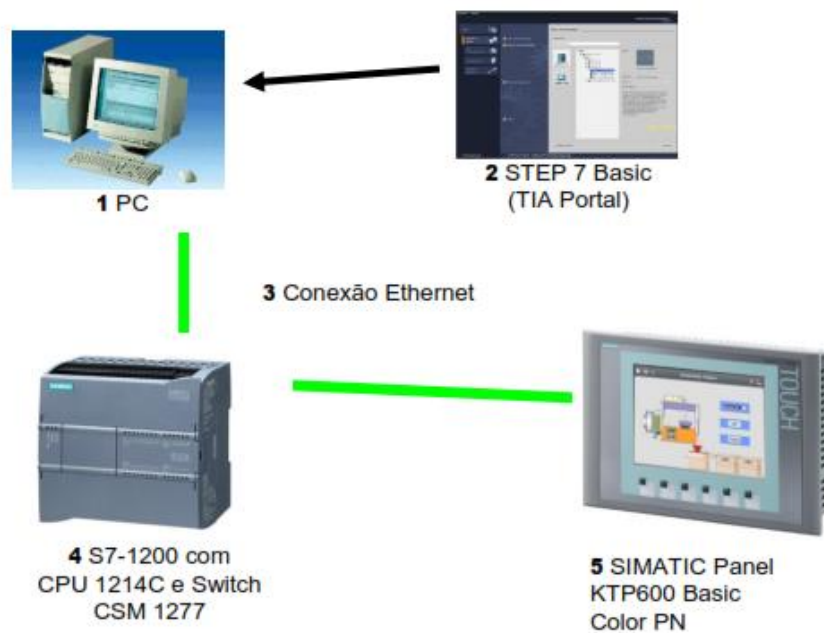


Figura 18 - Hardware e software SIMATIC S7 1200

Utilizando o TIA Portal V11 vários tipos de linguagem de programação são possíveis tais como: a lógica ladder (LAD), diagramas de blocos de funções (FBD) e linguagem de controlo estruturada (SCL). Devido ao conhecimento mais aprofundado em lógica ladder (LAD) foi essa a linguagem escolhida para a programação do PLC. O PLC S7-1200 da Siemens suporta vários tipos de blocos de código de forma organizada. Os tipos de blocos de código existentes são: os blocos organizacionais (OB), que definem a estrutura do programa que têm um comportamento predefinido, tipicamente contém o programa principal e são acionados por certos eventos; blocos funcionais (FC) O bloco funcional (FC) não tem uma instância associada blocos de dados (DB). O bloco de chamada passa parâmetros para o FC. Os valores do bloco FC de saída devem ser gravados num endereço de memória. O tamanho do programa, os dados, e a configuração é limitado pela memória disponível; funções (FB) que contém o código do programa correspondente a tarefas específicas e combinações de parâmetros é uma sub-rotina portanto é sempre chamada por outros blocos de código; e os blocos de dados (DB) que são usados para guardar dados usados pelos blocos do programa. A Figura 19 mostra o tipo de blocos de código existentes no TIA Portal V11.

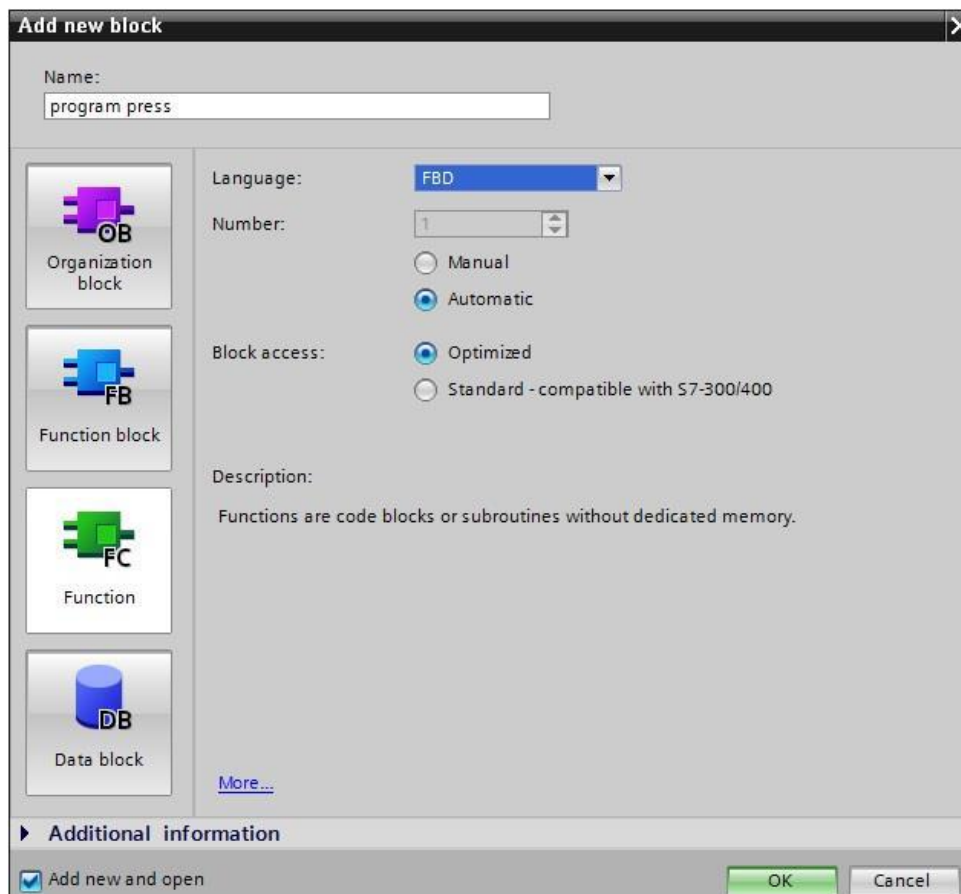


Figura 19 - Tipos de blocos de código

Outro ponto de referir são as variáveis que irão ser definidas em cada bloco. As variáveis subdividem-se em dois grupos:

- Os parâmetros que formam a interface do bloco para a chamada no programa.
 - ✓ Parâmetros de entrada, cujos valores são lidos pelo bloco (*Inputs*).
 - ✓ Parâmetros de saída, cujos valores são gravados pelo bloco (*Outputs*).
 - ✓ Parâmetros de transição, cujos valores são lido pelo bloco na chamada e no qual se realiza a gravação após o processamento (*InOut*).

- Dados locais usados para armazenamento de estados intermediários.
 - ✓ Dados locais temporários, variáveis usadas para o armazenamento de estados temporários, os dados temporários são mantidos durante um ciclo (*Temp*).
 - ✓ Dados locais estáticos, variáveis usadas para o armazenamento de resultados intermediários estáticos no bloco de dados de instância. Os dados estáticos são mantidos até nova gravação, mesmo durante muitos ciclos (*Static*).

Existem vários tipos de blocos organizacionais, dentro deste pode-se referir o bloco *Startup* que permite a iniciação do programa principal, sendo executado sempre que o PLC transite do modo *Stop* para o modo *Run* e o bloco *Hardware interrupt* que interrompe o funcionamento sempre que seja acionado um evento do equipamento, quando ativo o PLC para a execução de qualquer instrução.

As áreas de memória do PLC são necessárias para a utilização das variáveis que se pretendem definir, cada variável tem um único endereço. O endereço de cada variável é identificado utilizando o I, Q ou M, correspondendo respetivamente ao processo de entradas, do processo de saídas, ou memória de bits. O tamanho dos dados a são definidos em *byte*, *word*, ou *doubleword*.

A utilização de *tags* é muitas vezes usadas nas instruções do programa, uma *tag* é uma variável usada que pode assumir diferentes valores, as *tags* tem a vantagem de ser possível alterar o seu endereço.

Tabela 2 - Áreas de memória

Áreas de memória		Descrição
I	Entrada	Copiado a partir das entradas físicas no início do ciclo de varrimento.
Q	Saída	Copiado para as saídas físicas no início do ciclo de varrimento.
M	Memória de bits	Memória de controlo e de dados.
L	Memória temporária	Dados temporários para um bloco local a este bloco.
DB	Blocos de dados	Memória de dados e também memória de parâmetros para FBs.

O PLC 1214C da Siemens utilizado na realização deste projeto, possui saídas em relé DC, 14 entradas/10 saídas digitais e uma porta *ethernet*. Tem proteção contra condensação, proteção contra gases corrosivos tais como SO₂, H₂S, Cl, NO_x (ISA S71.04 G3+), pode funcionar numa gama alargada de temperaturas (-25°C to +70°C), a velocidade de transmissão situa-se entre os 10 e 100Mb/s. Os protocolos suportados são: TCP/IP native, ISO on TCP e S7-Communication.

4.2. STEP 7 BASIC V11

No controlo do Simatic S7-1200 o *software* utilizado para a programação é o STEP 7. Será apresentado neste capítulo o STEP 7 Basic V11 (TIA Portal V11) sendo esta a ferramenta de programação utilizada para o sistema de automação utilizado neste trabalho, o SIMATIC S7-1200 da Siemens.

O STEP 7 Basic V11 SP2 é disponibilizado em DVD, junto com a bancada didática SIMATIC, a instalação do programa executa-se da seguinte maneira:

1ºpasso

Colocar o DVD do STEP 7 Basic na unidade de disco de DVD.

2ºpasso

O programa de instalação é automaticamente inicializado. Em caso negativo, clique duas vezes no arquivo , “START.exe”.

3ºpasso

O programa de instalação irá guiá-lo através de toda a instalação do STEP 7 Basic

4ºpasso

Para usar o STEP 7 Basic vêm com o DVD de instalação uma *pen drive* com a licença necessária para a utilização do programa.

São feitas frequentes atualizações no STEP 7 Basic V11 (TIA Portal V11) para permitir a utilização de novos produtos, o DVD de instalação tem a versão *Service Pack 2* a qual também é necessária instalar depois de instalada a versão inicial.

Para utilizar novos módulos e diferentes versões de *firmware*, é necessário atualizar o catálogo de *hardware* no STEP 7 Basic V11, o cpu da bancada Simatic tem a versão 3.0, o *Hardware Support Packages* (HSP) são disponibilizados na página de internet da Siemens.

4.3. Criação de um projeto

Para começar a criação de um projeto no STEP 7 basta clicar no ícone do *software* TIA PORTAL V11 no ambiente de trabalho do PC. Depois de abrir a janela de

apresentação seleccionar '*create new project*' e clicar em '*create*' como mostra na figura 20.

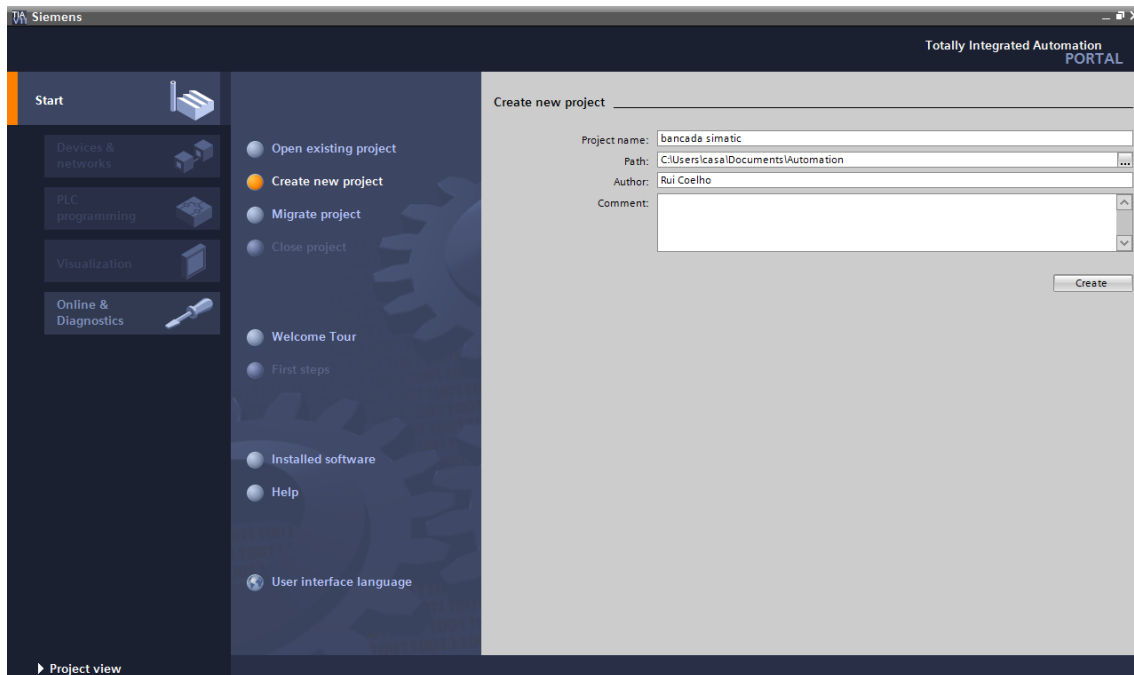


Figura 20 - Criação de novo projeto

Após a criação de um novo projeto, adiciona-se os equipamentos para a realização do projeto. Nesta fase deve-se saber exatamente o tipo de *hardware* que se irá utilizar, bem como o seu modelo e versão de *firmware*. O Simatic learnig kit utilizado contém os seguintes equipamentos e serão estes a ser implementados:

- CPU 1214C AC/DC/Rly (6ES7 214-1BG31-0XB0) -
- Módulo switch CSM1277 ethernet
- SIMATIC KTP600 Basic color PN (6AV6647-0AD11-3AX0)

Para adicionar o autómato, na janela '*add new device*', seleccionar o ícone '*PLC*' como mostra na figura 21. Em seguida seleccionar o CPU 1214C AC/DC/Rly (6ES7 214-1BG31-0XB0) e clicar '*OK*'.

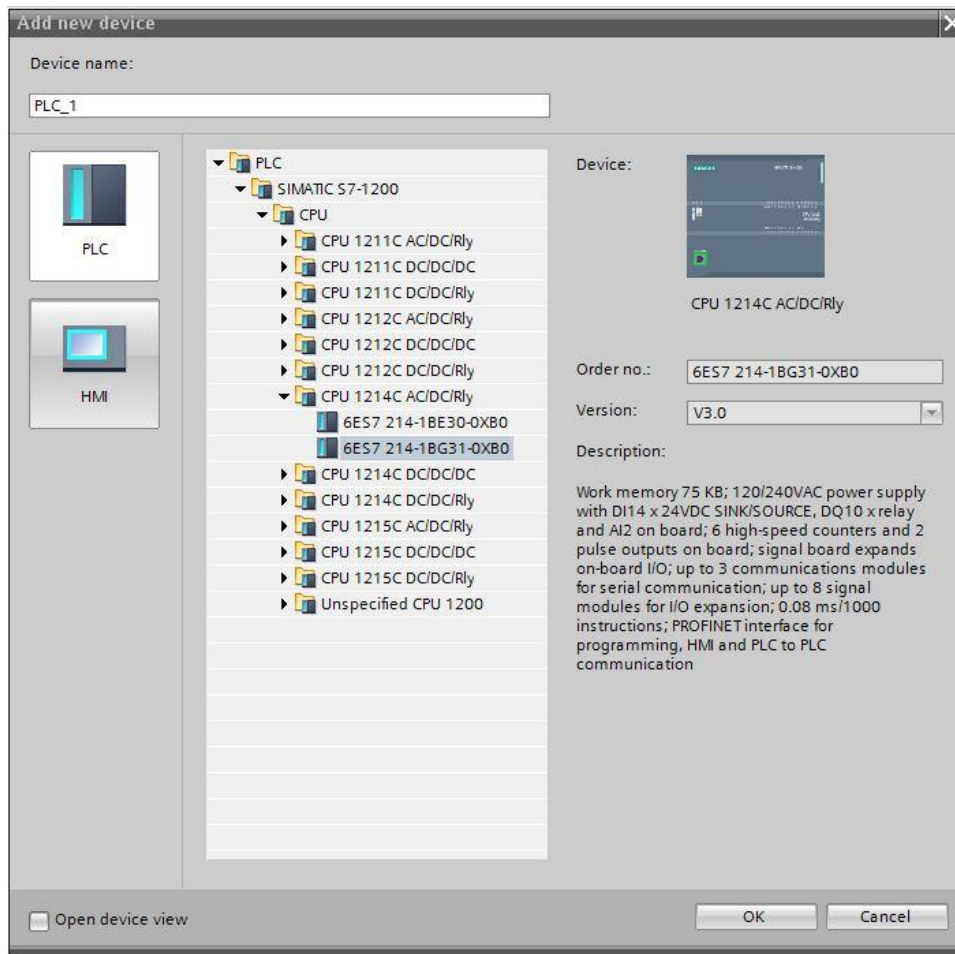


Figura 21 - Inserindo o CPU ao projeto

Para adicionar a consola HMI, na janela 'add new device', seleccionar o ícone 'HMI' como mostra na figura 22. Em seguida seleccionar KTP600 Basic color PN (6AV6647-0AD11-3AX0) e clicar 'OK'.

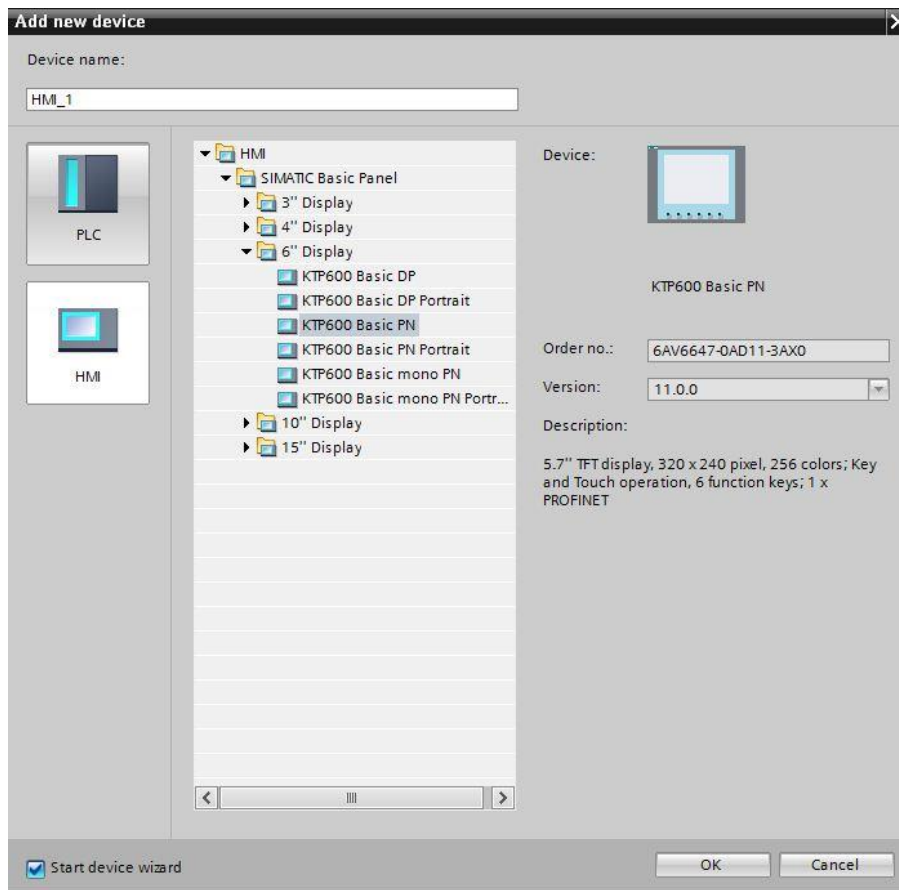


Figura 22 - Inserindo consola HMI ao projeto

Os dispositivos criados no projeto são integrados na mesma plataforma como referido o TIA Portal V11, os serviços de *download* único para todos os dispositivos do sistema, a referência cruzada comum e as eficazes funcionalidades online são geridos centralmente na estrutura e podem ser facilmente acedidos a partir de todos os editores. Ao seleccionar objetos ou modificar editores, os filtros integrados do *software* tornam as tarefas normais e as ligações mais rápidas, e as referências cruzadas reduzem as pesquisas prolongadas sobre instruções ou menus.

Os processos de engenharia no TIA Portal são orientados para os objetos, o que significa que é possível gerir eficazmente os blocos de programas e os módulos de sinal correspondentes em bibliotecas estruturadas. Todas estas importantes funcionalidades integradas reduzem consideravelmente a complexidade dos projetos de engenharia, tornando o respetivo processo mais eficaz e todas as fases do ciclo de vida da produção.

4.4. CONFIGURAÇÃO DE CONEXÕES DOS DISPOSITIVOS

O PC e o SIMATIC S7-1200 para comunicar entre si precisam de ter os endereços de IP compatíveis, se isto não for feito a comunicação não será feita dado que não existindo comunicação não será possível enviar para o controlador o programa.

Para realizar a configuração deve-se proceder da seguinte forma:

1º passo

No 'painel de controlo' ir a 'rede e internet' depois 'ligação de área local' e seleccionar propriedades.

2º passo

Depois seleccionar as propriedades do protocolo de internet TCP/IP.

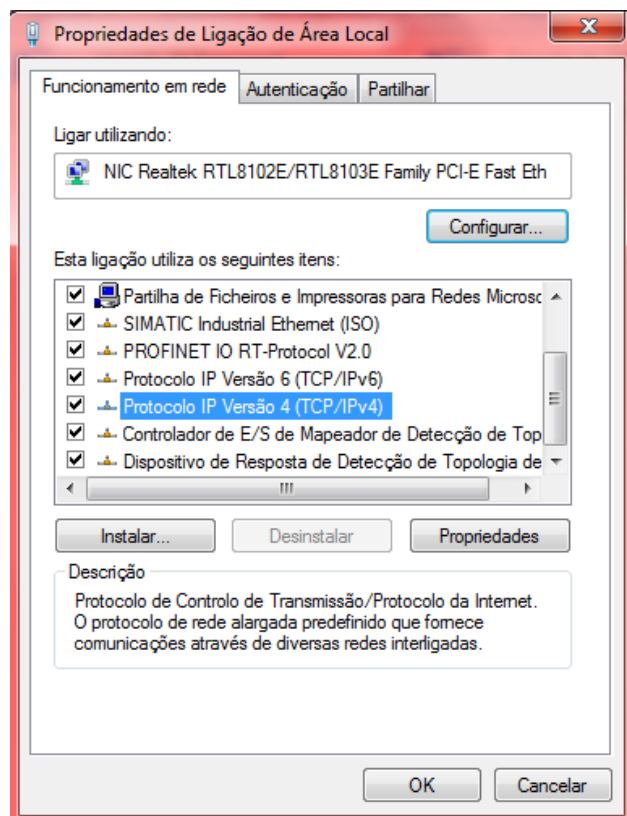


Figura 23 - Propriedades ligação de área local

Em seguida, tem de se atribuir os 'Endereços IP' e a 'Máscara de subrede', como o ilustrado na figura 24 e assim define-se o IP do PC.

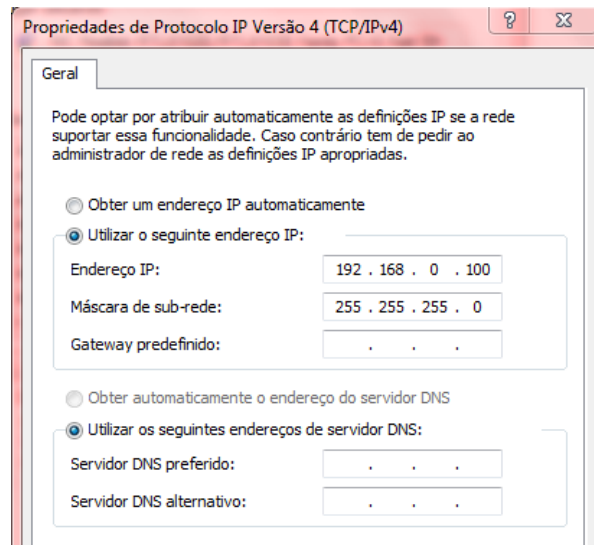


Figura 24 - Propriedades TCP/IP-configuração do endereço de IP e máscara de sub-rede do PC

Na configuração de conexão entre os dispositivos SIMATIC esta pode ser feita de forma automática desde que os dispositivos estejam conectados ao PC através da porta Ethernet via protocolo de comunicação *profibus*..

Existem duas maneiras de conectar os dispositivos, na primeira quando se escolhe um novo dispositivo, pode-se escolher um *unspecific device* como mostra na figura 40, depois fazer o *detect* e o *software* automaticamente faz o *upload* da parte do *software* como mostra.

No PLC quando se envia o programa, este fica com o IP que se definiu no programa, neste caso no Tia-Portal V11.

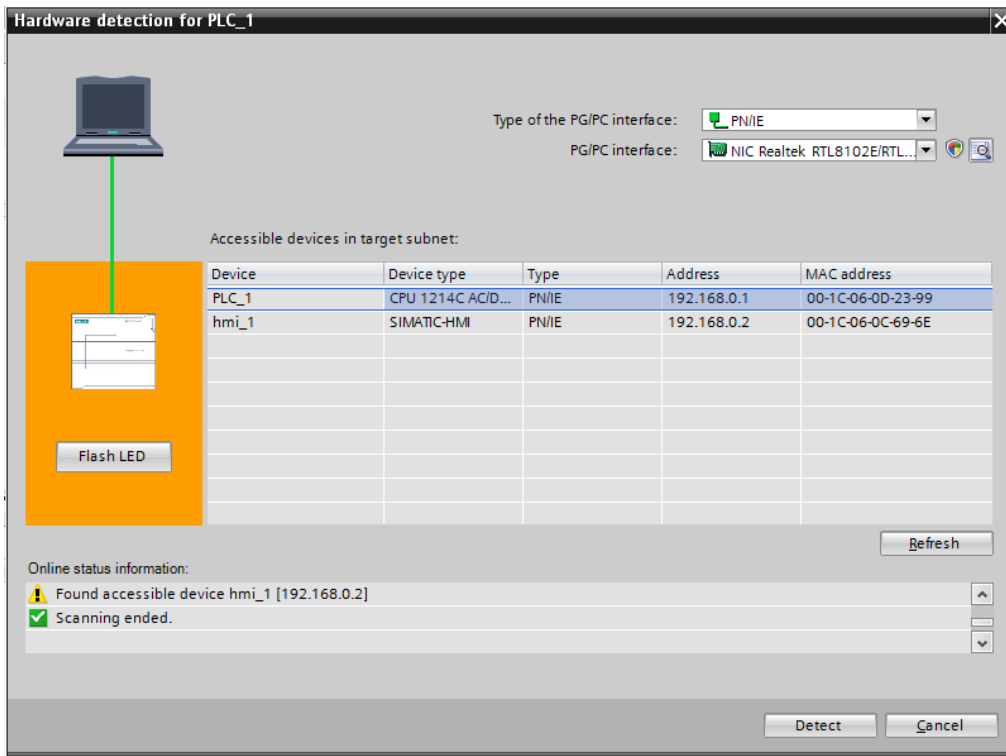


Figura 25 - Accessible devices

No caso da consola HMI coloca-se no TIA-Portal o IP, e depois na consola HMI no *control panel*, seleccionar *Profinet Settings* e colocar o mesmo IP, como mostra na figura 26.

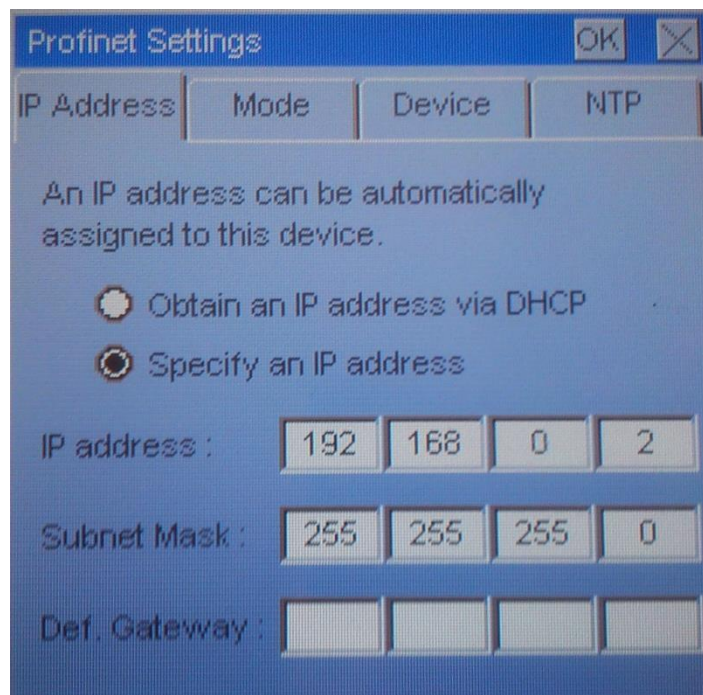


Figura 26 - Configuração de IP consola HMI

Portanto os IP's dos dispositivos devem ser os seguintes (na primeira utilização):

PC - 192.168.0.100

PLC - 192-168.0.1

HMI - 192.168.0.2 (este IP tem que estar na HMI física também).

Relativamente ao módulo *switch* CSM1277 *ethernet*, não é necessária nenhuma configuração.

Existe uma segunda maneira bastante direta, depois de ter-se definido os dispositivos, ir a “*accessible devices*”, para se ver quais os dispositivos ligados em rede, ligados via protocolo de comunicação *profibus* e meio físico *ethernet*. Sendo estes encontrados na rede basta fazer “*show*”, é pedido para atribuir um novo endereço de IP ao PC, ficando este compatível com os dispositivos SIMATIC, clicar “*yes*” e um novo endereço de IP é atribuído ao PC. Na janela de apresentação do TIA Portal V11 aparecerá os dispositivos criados na rede *profinet* (figura 27).

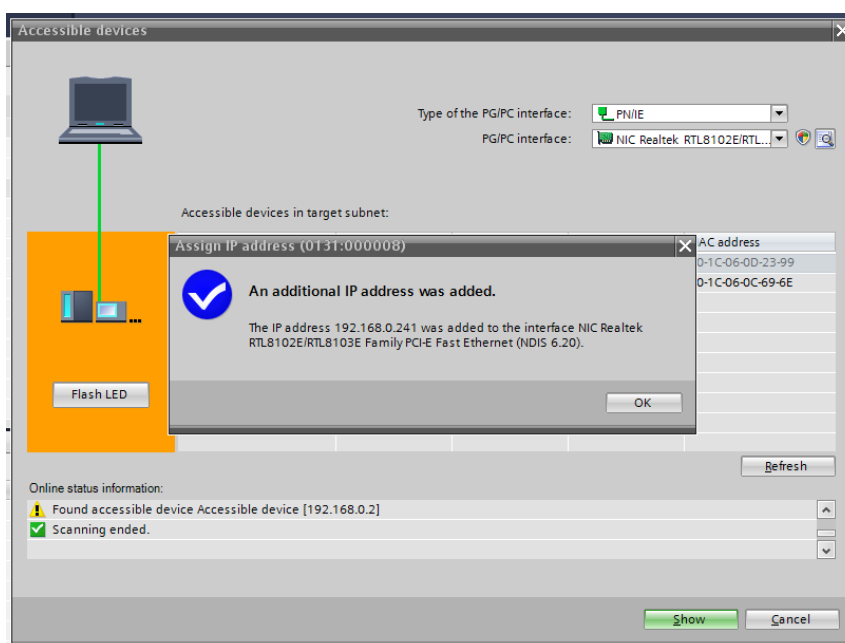


Figura 27 - IP Ethernet configurado

4.5. WINCC

A interface homem-máquina torna-se cada vez mais fundamental na construção de processos mais complexos e exigentes, o operador necessita de uma ferramenta de qualidade para o controlo e monitorização do processo produtivo de uma determinada máquina ou de um sistema de produção

O controlo do processo de um determinado sistema pode ser feito através do WinCC (na unidade de controlo) e uma interface entre o WinCC e o controlador.

O WinCC é o *software* de execução e visualização de projeto, integrado no TIA PORTAL da Siemens [22].

O WinCC executa as seguintes tarefas:

- Representação o processo: o processo é descrito na consola.
- Execução de tarefas: o utilizador pode operar o processo através da interface gráfica.
- Emitir mensagens: se ocorrerem estados críticos no processo, uma mensagem é automaticamente emitida, por exemplo, quando um valor limite predefinido for ultrapassado.
- Arquivar os valores do processo e as mensagens, as mensagens e os valores do processo podem ser arquivados na consola, de forma a ser possível ver processos produtivos antigos.
- Documentar os valores de processo e as mensagens As mensagens e os valores do processo podem ser emitidos pelo sistema HMI como protocolo. Deste modo, por exemplo, poderão ser emitidos os dados de produção após o fim do turno.
- Administrar os parâmetros do processo e os parâmetros da máquina Os parâmetros para os processos e as máquinas podem ser salvos pelo sistema HMI em receitas. Estes parâmetros podem, por exemplo, serem transferidos do painel de operação para o controlador, em apenas uma etapa, para alterar a produção para outro tipo de produto.

A gestão do projeto e a programação realizam-se com o *software* 'Totally Integrated Automation Portal V11', o WinCC está dentro desta plataforma, e aqui é criada a interface gráfica.

Definida a consola a utilizar, por exemplo a KTP600 PN, pode-se configurá-la através de um assistente inicial.

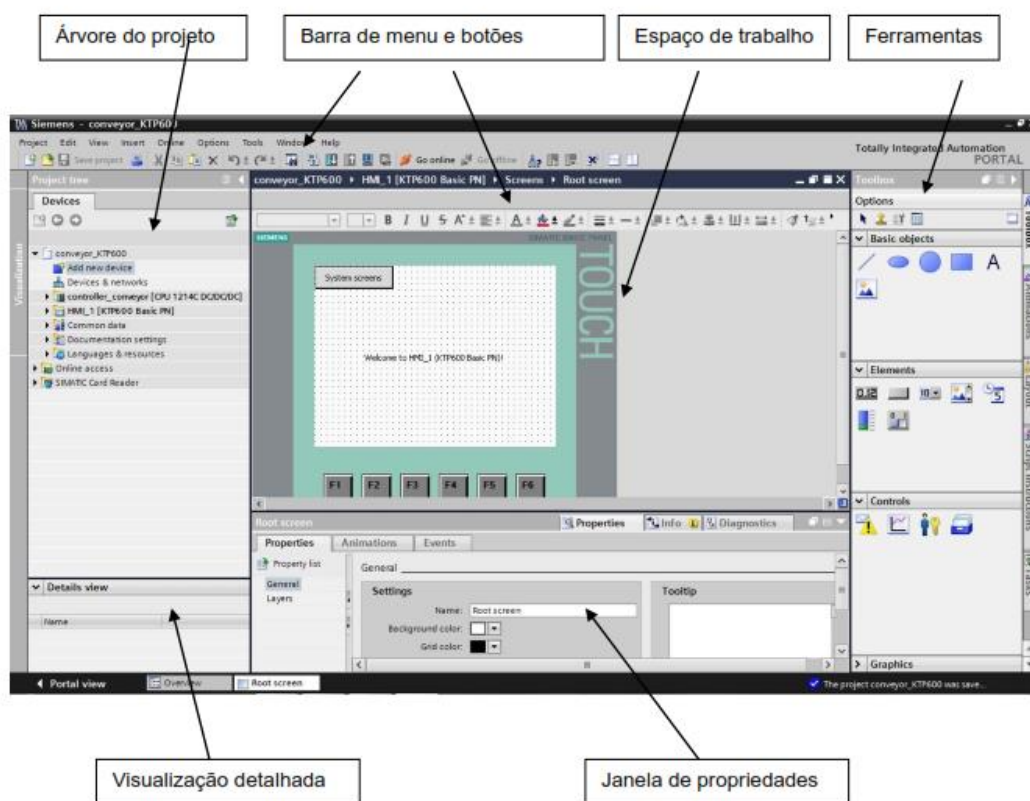


Figura 28 - Interface do utilizador

A janela de árvore do projeto é o principal meio de execução do projeto.

Todos os componentes e todos os editores disponíveis de um projeto são exibidos na janela e podem ser acedidos a partir daí.

A cada editor é atribuído um ícone, através do qual podem ser identificados os objetos correspondentes. Na janela do projeto são exibidos somente os elementos que são suportados pela unidade de controlo selecionada.

Nos menus e nas barras de ferramentas podem ser encontradas todas as funções necessárias para a configuração do painel de operação. Quando um editor estiver ativo, poderão ser visualizados comandos de menu ou barras de ferramentas específicos do editor.

4.6. ASPETOS A RETER DO CAPÍTULO 4

Neste capítulo foi realizada uma introdução ao *software* Tia Portal V11 da Siemens. Os tipos de linguagens de programação que se podem utilizar no TIA foram referidos dado que teríamos de escolher um para utilizar na realização deste projeto.

A criação de um projeto também foi abordado neste capítulo para que de futuro os possíveis utilizadores da bancada tenham um processo de inicialização ao *software* mais célere e sem dificuldades.

5. CASO DE ESTUDO - CONSTRUÇÃO DA BANCADA SIMATIC

5.1. DESENVOLVIMENTO DA BANCADA

Na construção da bancada didática usou-se como modelo de um elevador de 4 pisos, sendo este um dos exemplos mais comuns e com maior dificuldade de implementação na área de automação, devido ao sistema não ser linear.

5.1.1. ESTRUTURA FÍSICA

Nesta fase desenvolveu-se a estrutura da bancada, em primeiro lugar definiu-se o curso que o elevador teria e ficou estabelecido 600mm como ilustrado na figura 29.

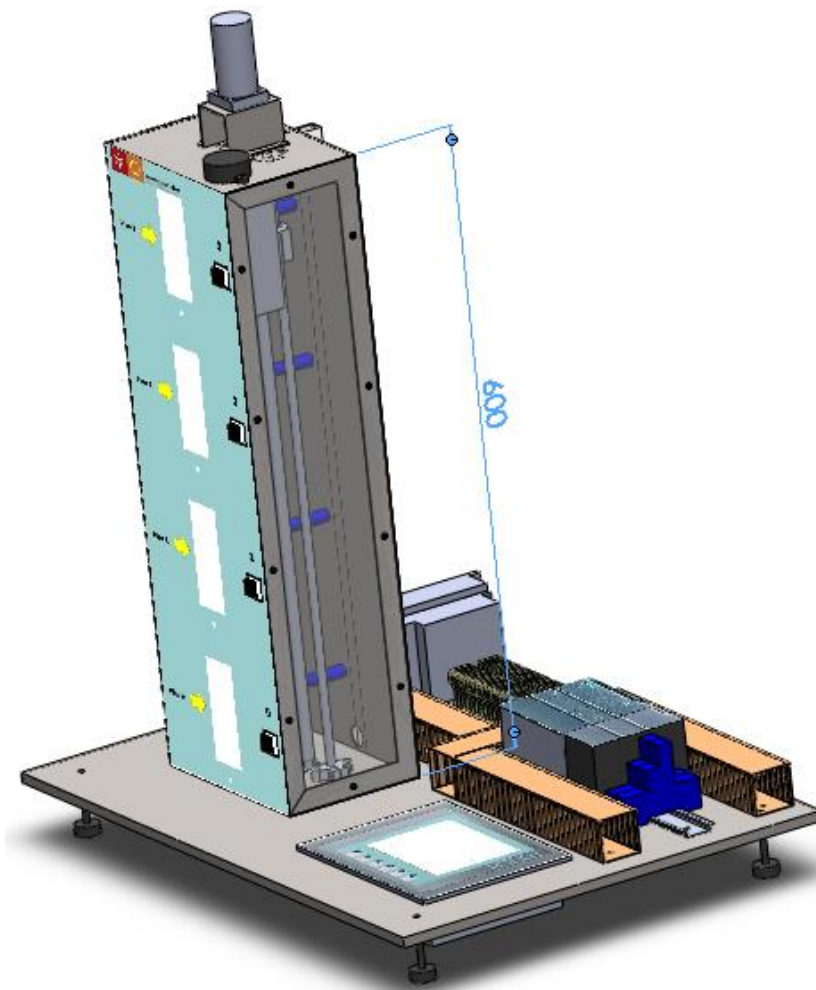


Figura 29 - Ilustração do curso do elevador

A estrutura da bancada foi construída em aço inox 304, este aço inoxidável é o que tem maior uso na construção, porque possui uma combinação excelente de dureza, resistência à corrosão e é facilmente trabalhado.

A bancada didática foi projetada utilizando o Solidworks 2013 na parte da representação 3D, foi efetuado o desenho individual dos principais componentes, bem como a montagem dos mesmos em conjunto. Outro programa de desenho utilizado foi o Autocad 2014 para a representação 2D dos componentes.

A utilização de *software* CAD trazem inumeras vantagens como: ajuda o projetista a visualizar todas a peças que o projeto contem já montado ou por montar; pela redução do tempo necessário em sintetizar, analisar e documentar o projeto e diminui os erros de projeto.

Um sistema CAD permite análises mais completas ao projeto , podendo ser propostas alternativas para serem realizadas em pouco tempo.

A bancada foi projetada para que fosse compacta, querendo isto dizer, juntar a parte do elevador com a parte de comando, para isso foi necessário construir uma mesa, essa serve de base a toda a bancada, tornando adequado o seu deslocamento para as salas de aula não sendo necessário a montagem de partes desta nos novos locais de utilização, bastando para colocar em funcionamento ligar a uma tomada de energia.

A mesa projetada tem as seguintes dimensões 650x450x2mm (figura 30), possui os furos para a fixação dos restantes componentes : estrutura do elevador, calha din para montagem do PLC , dos relés, da interface de comunicação e também para a montagem encastrada da consola HMI.

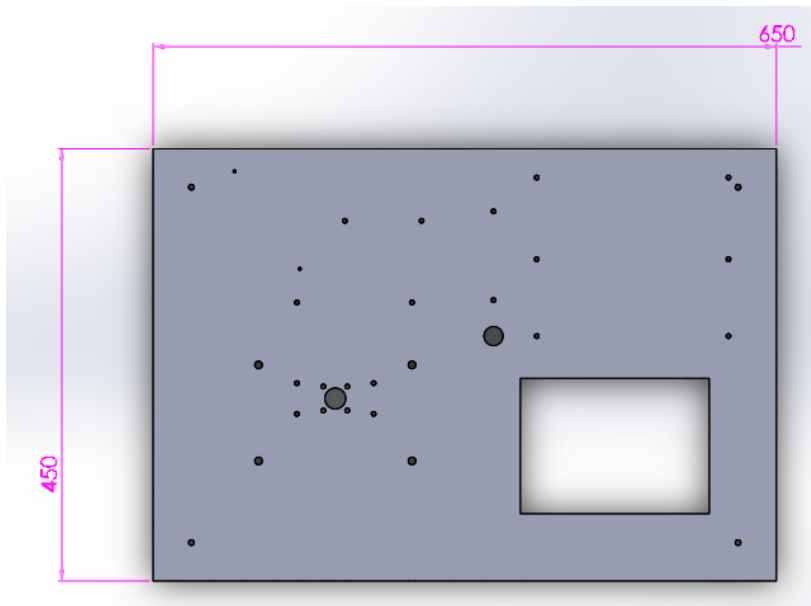


Figura 30 - Desenho mesa da bancada

Para suporte da mesa foram utilizados terminais niveladores redondos em borracha com perno M8 (figura 31) estes possuem a capacidade de aguentar cargas superiores a 100 N, foram dispostos de forma que a mesa distribuisse a carga uniformemente entre eles.



Figura 31 - Terminal redondo em borracha

A estrutura do elevador foi construída em duas peças (figura 32), decisão essa para tornar a bancada mais resistente, diminuindo as vibrações e o trabalho de montagem, no entanto foi necessário soldar as duas partes.

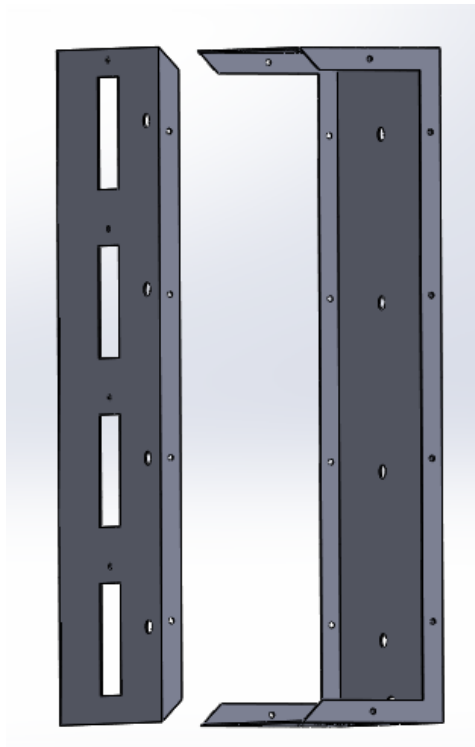


Figura 32 - Estrutura elevador

O elevador é composto também por uma cabina (figura 33), que terá a função de fazer o movimento entre pisos, é constituída por duas partes, este facto deve-se a ser necessário a inclusão do fecho de porta automático dentro da cabine por ser menos dispendioso do que uma solução de uma abertura de porta por piso e também desta forma facilita a montagem dos acessórios para o seu deslocamento no eixo.

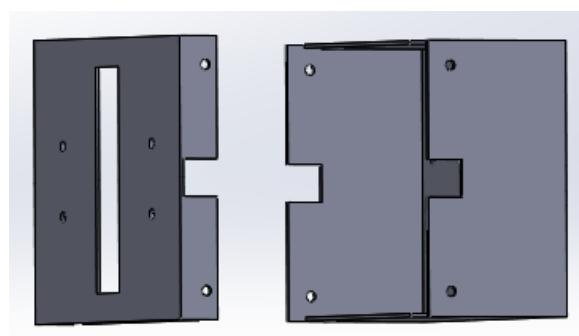


Figura 33 - Cabina elevador

Para realizar o deslocamento vertical da cabina recorreu-se a um fuso com rosca trapezoidal em aço C15 com $\text{Ø}12\text{mm}$ e 6mm de passo e uma fêmea M12 para o fuso trapezoidal fixa a cabina, deslizando sobre duas guias lineares através dos rolamentos de esferas em alumínio (figura 34).

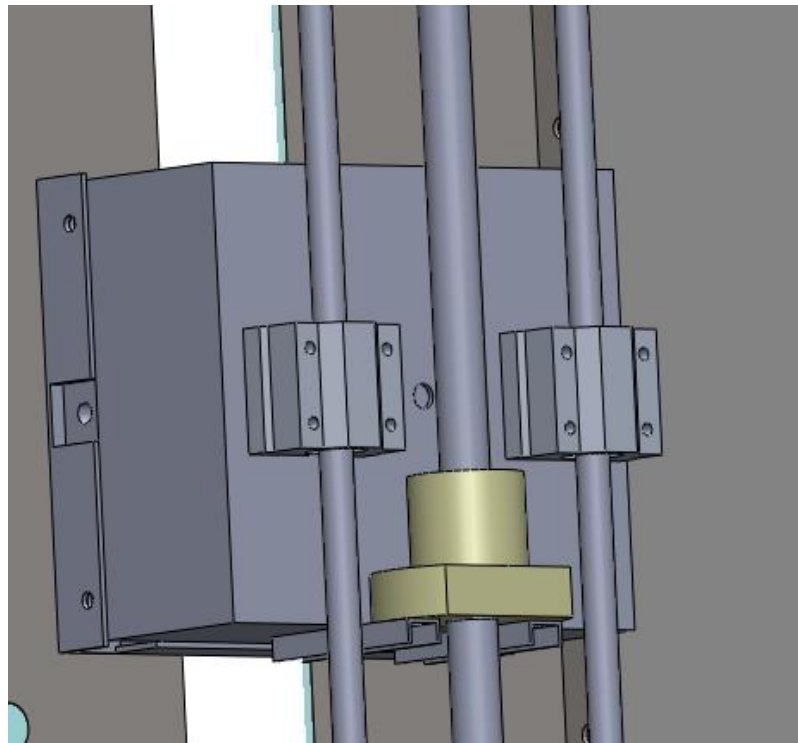


Figura 34 - Sistema de deslocamento

Foi necessário fixar na base e no teto da estrutura uma chumaceira e flanges de fixação das guias lineares de Ø8mm, a aplicação destas peças reduz a vibração durante o deslocamento da cabina.

A furação tendo sido feita a corte a laser permitiu que o deslocamento fosse o mais linear possível, tanto as guias como varão ficaram em paralelo sem grande diferença entre a base e o teto da estrutura.

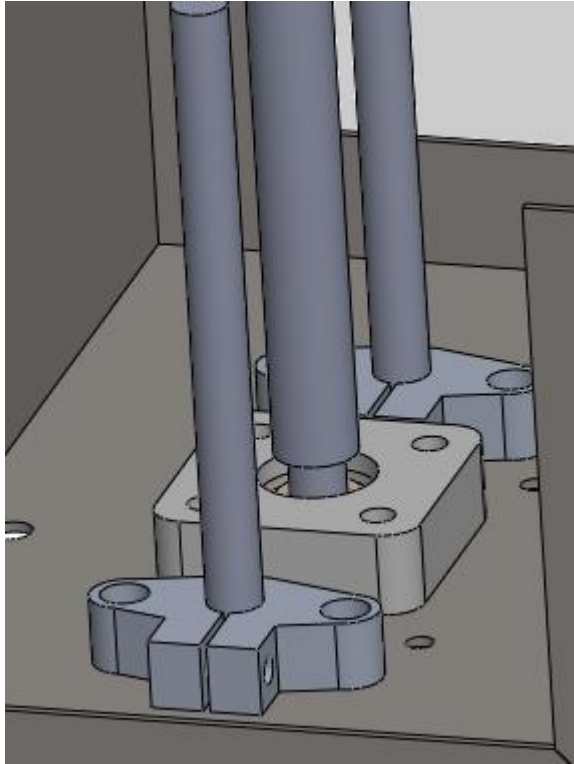


Figura 35 - Posição da chumaceira e flanges

Em relação ao suporte do motor foi necessário projetá-lo de maneira a que a sua fixação fosse possível na parte superior da estrutura sem prejudicar a montagem da chumaceira nem das flanges, construiu-se uma chapa em forma de U para o acoplamento de união do motor ao veio, com uma aba de 10mm em cada lado e quatro furos de $\text{Ø}4\text{mm}$ para fixação na estrutura. Para a fixação do motor ao suporte fez-se quatro furos de $\text{Ø}4\text{mm}$ e um furo de $\text{Ø}22\text{ mm}$ para encaixar o veio do motor.



Figura 36 - Suporte em U motor

O suporte e o motor foram fixados com parafusos de aço inox tipo fenda, M4, L = 10mm, em conformidade com a norma ISO724.

O sistema de deslocamento da cabina poderia ter sido implementado com uma das soluções já existentes no mercado, por exemplo da marca Iigus, usando uma mesa linear com atuação por fuso trapezoidal Iigus® Drylin SHTP-01-12-600 (Figura 37), normalmente utilizado para movimentos lentos e pouco frequentes e um motor de corrente contínua Iigus® drylin MOT-AE-B-024-005-036 binário 0.5 N.m 190 rpm de 24V DC trazendo a vantagem de existir um deslocamento preciso e com maior longevidade.

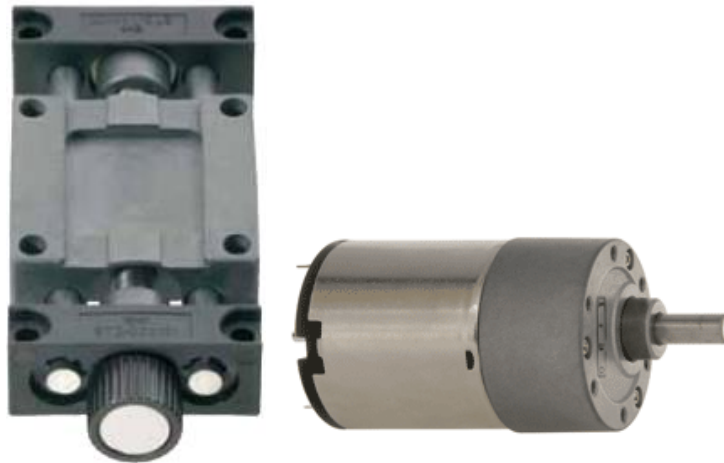


Figura 37 - Mesa SHTP-01-12-600 e motor MOT-AE-B-024-005-036

Mas sendo a parte económica uma questão importante, usou-se em vez da mesa completa apresentada anteriormente, um fuso trapezoidal de Ø12mm com 6mm de passo acoplado ao veio do motor de corrente contínua de 24 VDC com uma frequência de 200 rpm, duas guias lineares de aço de Ø8mm x 600mm, dois rolamentos Ø8mm de esferas e uma fêmea M12 para o fuso trapezoidal utilizada em movimentos sem lubrificação, embora em termos de implementação não seja a mais indicada devido ao atrito e à menor longevidade foi solução para a implementação com um custo relativamente baixo (tabela 3). Neste caso uma volta corresponde a um avanço de 6mm, portanto com o motor escolhido, obtém-se uma velocidade de deslocamento igual a 20mm/s.



Figura 38 - Solução *low cost* implementada Motor 24 VDC,acoplamento e fuso

Tabela 3 - Solução Marca Iigus®

Solução Marca Iigus®	Preço
1-Motor corrente contínua igus drylin Art.º N.º MOT-AE-B-024-005-036	105.54 €/un
1-Mesa linear com atuação por fuso trapezoidal igus Drylin Art.º N.ºSHTP-01-12-600	82,67 €/un
Total	188,21 €

Tabela 4 - Solução *Low Cost*

Solução Low Cost	Preço
1-Motor corrente contínua	18 €/un
1- Fuso com rosca trapezoidal em aço C15	8.64 €/un
1-Acoplamento	2.67 €/un
2-Guias inox Ø8mmx600mm	4 €/un
1-Porca com rosca trapezoidal drylin 12x6p3	35.98 €/un
2-Rolamentos de esferas	1.5 €/un
4- Flanges alumínio Ø8mm	1.23€/un
2 – Chumaceira Ø8mm	2.45€/u
Total	74.47 €

O valor da bancada didática (sem contar os respetivos equipamentos como PLC, e consola que foram fornecidos para a execução deste projeto) tem um custo total de 296,02 €. Segue na tabela seguinte a descrição do custo do total de desenvolvimento da bancada didática.

Tabela 5 - Custo da bancada didática

Bancada didática	Preço
Solução low cost	74,47 €
Autocolante	10 €
Laterias em acrílico	9,5 €
Estrutura em inox (corte a laser e quinagem)	118,84 €
Parafusos e acessórios de fixação	15 €
Botões de pressão	10 €
Calha DIN	4,38 €
Torneamento fuso	10 €
Fontes de alimentação	25 €
Cablagem	10 €
Calha plástica	2 €
Buzzer (Avisador Sonoro)	6,83 €
Total	296.02 €

5.2. CARACTERÍSTICAS DA BANCADA DIDÁTICA

A bancada didática desenvolvida possui as características mencionadas na tabela 6.

Tabela 6 - Características bancada

Características elevador bancada didática Simatic Siemens	
Número de pisos	4
Curso aproximado	600mm
Construção da estrutura	Aço inox 304 EN 1.4301
Acionamento	Elétrico
Velocidade	20mm/s
Cabina (dimensão)	110x125x60mm
Porta da cabina (dimensão)	20x20mmx1mm
Portas de Piso	N/A
Alimentação elétrica	230V,monofásica,50Hz 5A

5.3. COMANDO E CONTROLO

Na parte de comando e controlo foi utilizado o kit de aprendizagem Simatic S7-1200 da Siemens disponibilizado pela Universidade do Minho, este kit é composto por um PLC CPU 1214C, um módulo *switch* CSM1277 *ethernet*, uma consola HMI SIMATIC KTP600, como já referido anteriormente.

Estes componentes foram fixados á mesa da bancada didática, o PLC e o módulo de comunicação foram colocados em calha DIN 35mm e esta fixa á mesa através de parafusos m5x10mm inox.

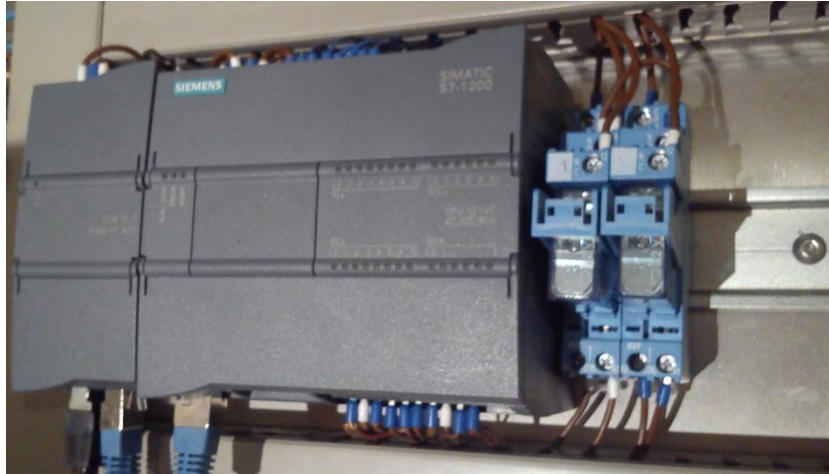


Figura 39 - PLC, Modulo de comunicação e relés em calha DIN

Para o controlo do sentido de rotação do veio do motor fazendo subir e descer a cabina do elevador foram utilizados relés, neste projeto os relés utilizados foram da marca Finder de 5 pinos com bobine de 12V com suporte de calha DIN para aplicação na mesa como demonstrado na figura 39.

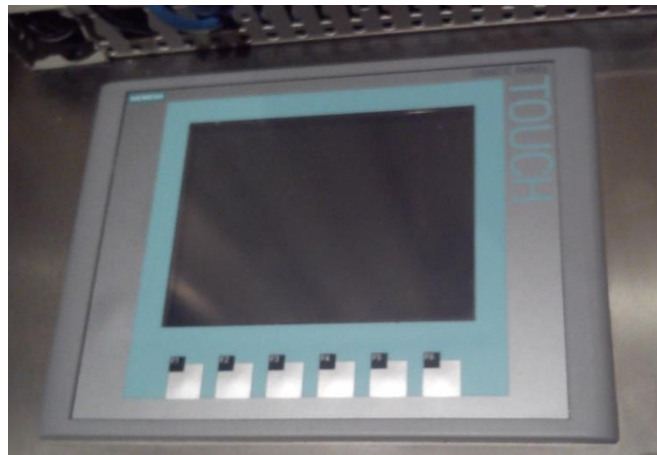


Figura 40 - Consola HMI sobre a mesa

A consola HMI foi aplicada no corte de 197x141mm existente na mesa com as medidas adequadas à sua aplicação encastrada, como ilustrado na figura 40.

5.3.1. ALIMENTAÇÃO

A entrada de alimentação da bancada didática é feita através de um cabo H07V 3G1.5mm², com proteção contra sobreintensidades (disjuntor) na entrada. Esta alimentação serve as duas fontes de alimentação existentes na bancada e o PLC.

A fonte de alimentação de 24 VDC fornece o motor , enquanto que a fonte de alimentação 12VDC fornece o *buzzer*, os leds de piso e a bobine dos relés.

A alimentação da consola HMI é feita através do PLC já que este possui uma saída de alimentação a 24 VDC .



Figura 41 - Fontes de alimentação, de 24V DC e 12V DC e entrada de alimentação da bancada didática

5.3.2. SENSORIZAÇÃO DO SISTEMA

Na bancada didática desenvolvida a utilização de sensores para o controlo da posição da cabine do elevador foi necessária. O sensor utilizado foi do tipo indutivo de forma a que quando a cabine passa num piso o sensor muda de estado e esse sinal é depois interpretado pelo PLC. Utilizou-se tipo de sensor porque emitem um sinal elétrico quando, sem contacto direto, elementos metálicos atravessam o seu campo magnético, neste caso dimensionou-se de maneira a que o acionador metálico deste sensor ficasse a uma distância de 2mm. Estes sensores são em muito semelhantes aos sensores capacitivos quanto ao tipo de aplicações, apenas diferindo no facto de apenas detetarem objetos metálicos, enquanto os capacitivos detetam qualquer tipo de objeto. Nesta aplicação poder-se-ia ter aplicado chaves fim-de curso, só que devido ao desgaste mecânico e a sua construção não ser a adequada para o projeto optou-se pelos sensores indutivos como mostra na figura 42 .



Figura 42 - Sensor indutivo PNP

Ainda neste assunto é de referir os botões interruptores de pressão (figura 43) como sendo um tipo de sensores aplicados neste projeto já que é um dispositivo que provoca uma mudança de estado no processo, ele foi projetado para que sempre fosse chamado a cabine do elevador para determinado piso ele muda de estado de 0 para 1.



Figura 43 - Botão interruptor de pressão unipolar SPST OFF-(ON)

5.4. ASPETOS A RETER DO CAPÍTULO 5

No capítulo 5 , em primeiro lugar é apresentada uma descrição detalhada do sistema automatizado de forma a expor o seu funcionamento e as partes estruturais da bancada, nomeadamente os componentes físicos. Em seguida, fez-se um estudo das melhores soluções existentes no mercado, de forma a que o custo da bancada fosse minimizado, definindo os atuadores e os sensores que melhor se enquadrassem na bancada a criar.



Figura 44 – Protótipo final da bancada desenvolvida

6. APLICAÇÃO DESENVOLVIDA

6.1. INTRODUÇÃO

A bancada didática criada foi projetada tendo conta a impossibilidade de grande investimento monetário. O objetivo é criar um sistema em que fosse possível realizar alguns testes.

No sistema implementado é possível a utilização de um motor de corrente contínua, montado no eixo, movimentando o elevador, controlado através do PLC Simatic S7-1200 e pela HMI Simatic KTP 600 PN da Siemens.

6.2. EXERCÍCIO DE APLICAÇÃO

O elevador deslocar-se-á entre 4 pisos.

O movimento do elevador é comandado (subir, descer e parar) a partir dos comandos dados pelos botões de chamada existentes em cada um dos pisos e pelos estados dos detetores de fim de curso existentes em cada piso.

Em cada piso existe um botão de chamar o elevador (b0,b1, b2, b3) e também um fim de curso em cada um dos pisos (fc0, fc1, fc2, fc3).

O alarme sonoro irá atuar sempre que o sistema detete que o botão de alarme sonoro for atuado.

A porta do elevador será controlada, deverá abrir 4 segundos após ter chegado ao piso desejado e sempre que o elevador seja chamado, a porta deverá ser fechada.

6.2.1. MODELO DO CONTROLADOR

Para a criação de um modelo de controlo do elevador é necessário definir as variáveis que compõem o sistema, como as variáveis de entrada (I), saída (Q) e de controlo e dados (M).

Variáveis de entrada , saída e controlo

O primeiro passo para resolver o exercício é definir as recetividades (inputs) e as ações (outputs) que serão utilizadas no programa de comando. Na tabela 7 ,8 e 9 estão representadas as descrições, Words e Bits dados às variáveis recetividades e ações respetivamente.

Através da consola HMI pretende-se efetuar a monitorização e controlo do sistema implementado.

Tabela 7 - Variáveis de entrada

Entradas	Descrição	Word & bit
b0	Botoneira de chamada de elevador para o piso 0	%I0.0
b1	Botoneira de chamada de elevador para o piso 1	%I0.1
b2	Botoneira de chamada de elevador para o piso 2	%I0.2
b3	Botoneira de chamada de elevador para o piso 3	%I0.3
fc_0	Fim de curso indicativo de elevador no piso 0	%I0.4
fc_1	Fim de curso indicativo de elevador no piso 1	%I0.5
fc_2	Fim de curso indicativo de elevador no piso 2	%I0.6
fc_3	Fim de curso indicativo de elevador no piso 3	%I0.7

Tabela 8 - Variáveis de saída

Saídas	Descrição	Word & bit
mt_sb	Movimento de subida do elevador	%Q0.0
mt_dc	Movimento de descida do elevador	%Q0.1
led0	Indicação de presença de elevador no piso 0	%Q0.2
led1	Indicação de presença de elevador no piso 1	%Q0.3
led2	Indicação de presença de elevador no piso 2	%Q0.4
led3	Indicação de presença de elevador no piso 3	%Q0.5
buzina	Avisador sonoro	%Q0.6
Abre_port	Abertura de porta do elevador	%Q0.7

Tabela 9 - Variáveis de controlo e dados

Saídas	Descrição	Word & bit
Pa	Movimento de subida do elevador	%M0.0
Pch	Movimento de descida do elevador	%M0.1
Cti1, Cti2, Cti3, Cti4, Cti5, Cti6	Condições de transição iniciais	%M0.2
CT1,...	Condições de transição	%M20.0, ...
X0,...	Etapas	%M50.1,...
ON	Ligar bancada	%M24.5
OFF	Desligar bancada	%M24.6
Bt_alarme	Botoneira de alarme	%Q24.7

Para este exercício, podem ser desenvolvidas várias soluções, todas diferentes mas funcionais.

Assim os alunos podem desenvolver e testar diferentes programas de comando. O SFC apresentado nas figuras seguintes é uma das possíveis soluções ao problema descrito no exercício de aplicação.

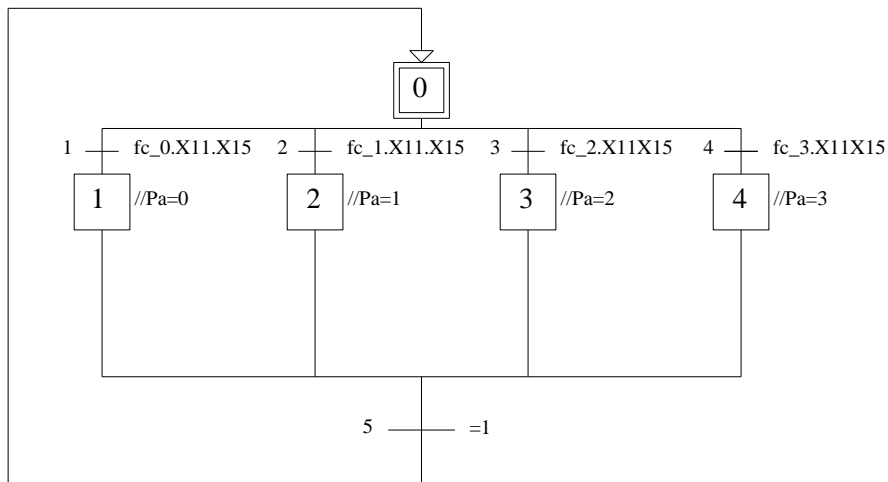


Figura 45 - SFC Observador

Em função do SFC (figura 45) elaborado para o problema proposto, convertese o Grafcet para equações algébricas que depois são implementadas na linguagem Ladder .

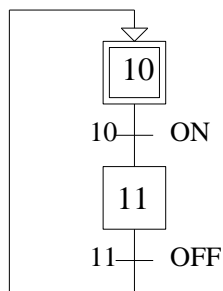


Figura 46 - SFC ON/OFF

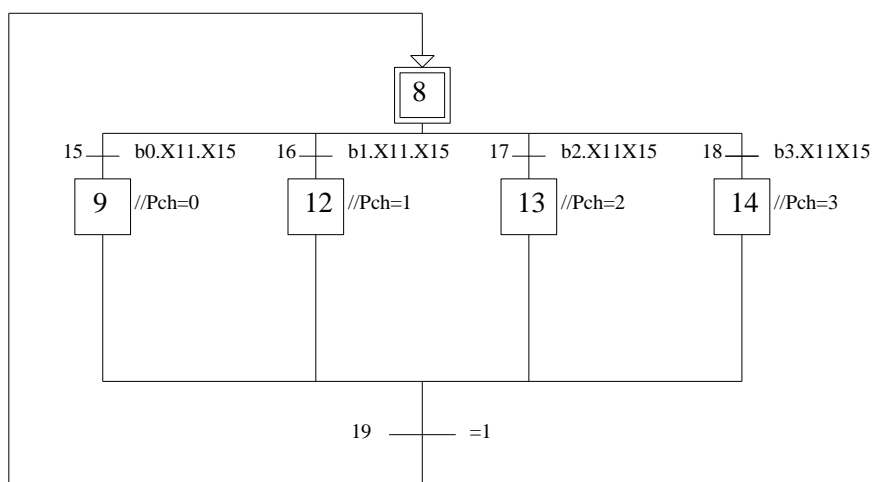


Figura 47 - SFC de controlo

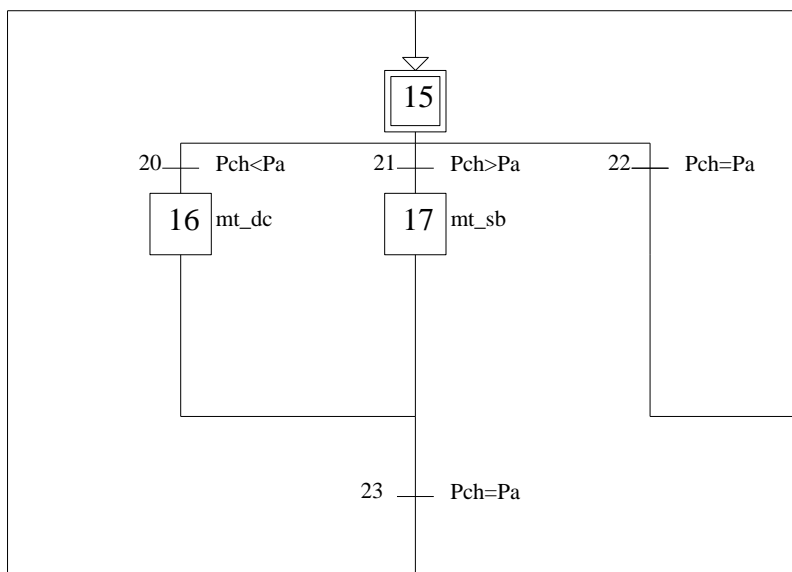


Figura 48 - SFC Movimento elevador

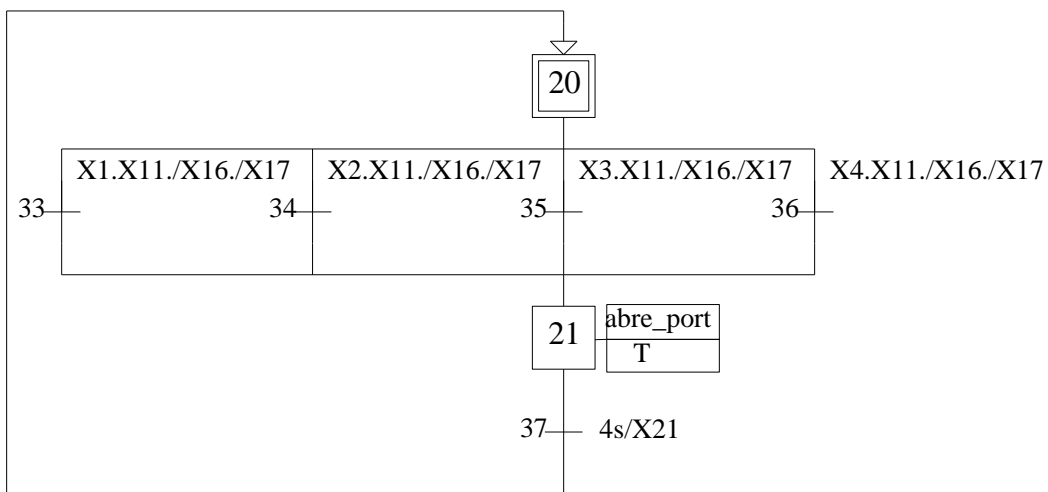


Figura 49 - SFC Controlo Porta

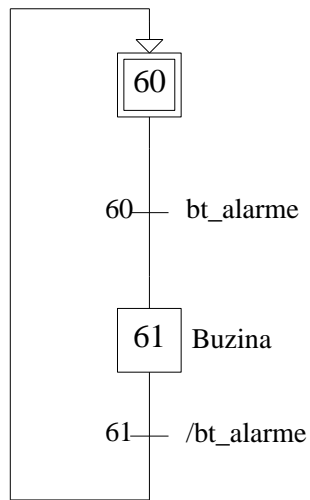


Figura 50 - SFC Acionamento de alarme

Como verificado acima a especificação deste comando é constituído por seis Graficets: um para a ativação da bancada, com etapa inicial 10; um de identificação do piso em que se encontra a elevador, com etapa inicial 0, um para o controlo da chamada do elevador, com etapa inicial 8, um para o movimento de descida ou subida, com etapa inicial 15, um para o controlo da porta com etapa inicial 20 e outro que para o acionamento do alarme, com etapa inicial 60.

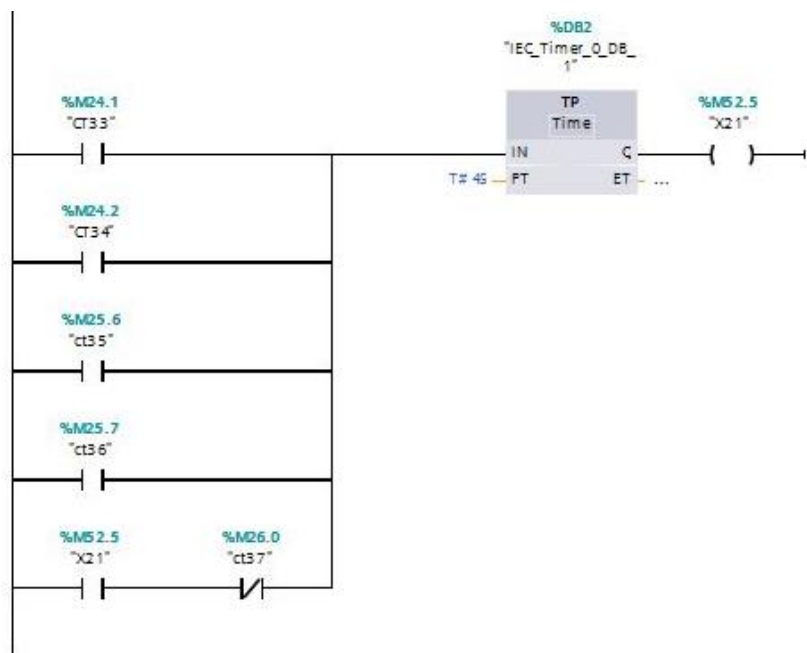


Figura 51 - Modelação da parte de comando no TIA PORTAL V11

A modelação da parte de comando do sistema automatizado será simulada com o auxílio do Tia Portal V11. As equações de comando, elaboradas na linguagem Ladder, serão transpostas para este programa.

A modelação encontra-se representada na figura 51, porém esta não está completa, apenas uma parte da modelação é referida por uma questão de espaço. Neste exemplo é demonstrado a parte de controlo da porta, onde é realizada uma temporização para a abertura/fecho.

6.3. ESQUEMA DE MONTAGEM

A Figura 52 mostra o esquema de montagem e de ligações do sistema.

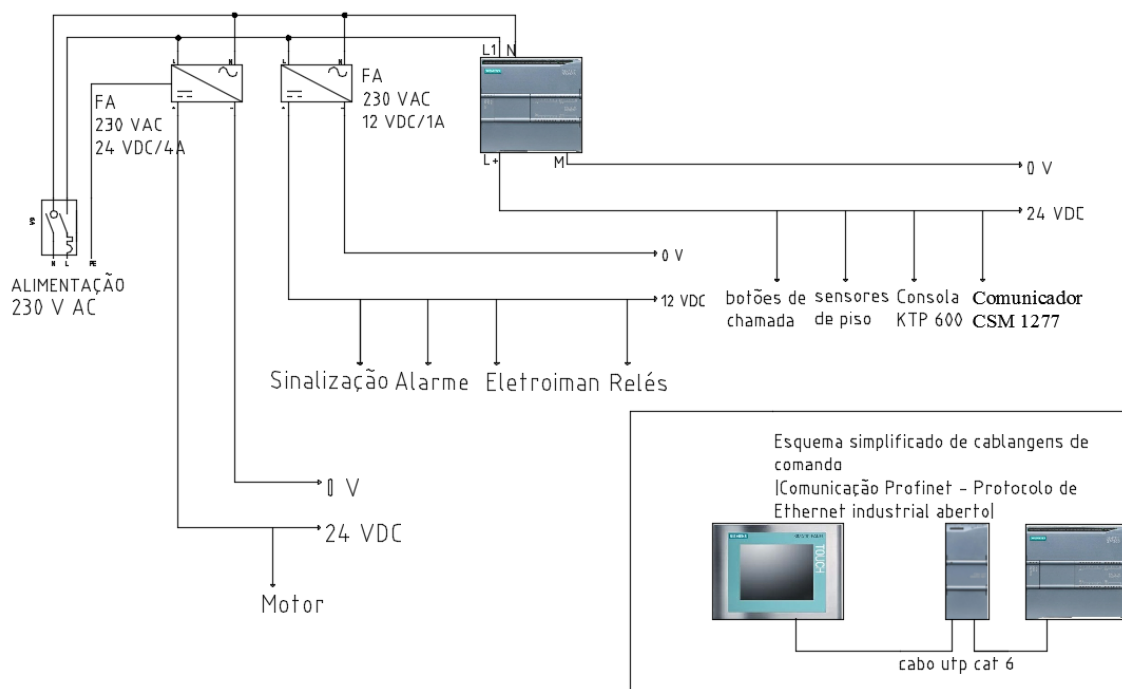


Figura 52 - Esquema de montagem

A maioria dos dispositivos que compõe este sistema opera através de tensão elétrica contínua a 12V DC. O motor, a HMI, são alimentados através de fontes distintas, o motor através de uma fonte de alimentação e a HMI é através do PLC que contém uma saída a 24V DC. O PLC é alimentado a 230 V AC e protegido através de um disjuntor de 6 A.

O PLC e a HMI comunicam pelo protocolo PROFINET através de um cabo Ethernet.

6.4. INTERFACE GRÁFICO

O interface gráfico foi concebido para dar informação acerca do projeto e controlar/monitorizar as funções executadas pelo PLC, com o programa criado no capítulo anterior e a interface gráfica desenvolvida é possível a interação entre os dois.

O interface gráfico é composto por várias telas.

(1) Tela de inicialização – Tela onde é indicado se pretendem seguir para a tela principal ou sair da interface;

(2) Tela principal – Tela onde é possível escolher uma das funções como informação, descrição ou controlo do elevador ;

(3) Tela Informação – Relativo á informação do autor do projeto;

(4) Tela de descrição – Descreve de forma sucinta o modo de funcionamento da bancada didática;

(5) Tela Controlo elevador – Tela onde é possível controlar as funções do PLC e monitorizar o posicionamento do elevador.

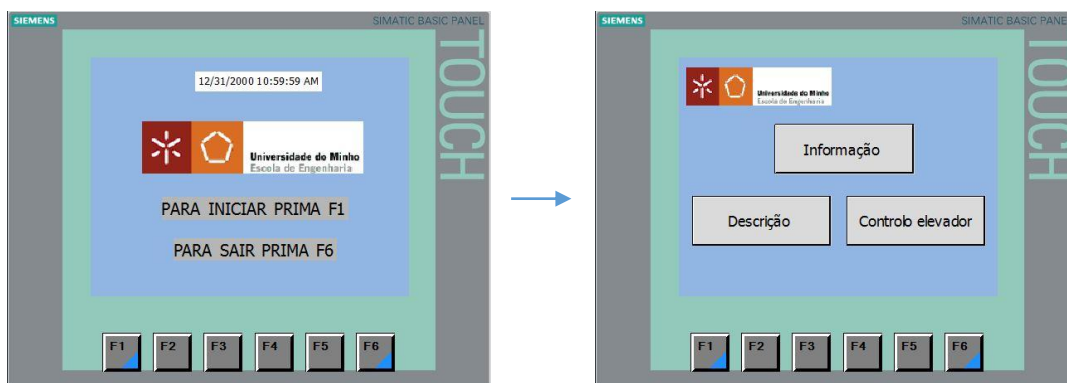


Figura 53 - Tela de inicialização e Tela principal

Como se pode visualizar a tela principal interliga todas as telas, é a partir dela que se consegue passar de uma tela para outra consoante o que se pretende realizar. Através da tela principal é possível escolher uma das funções como informação, descrição ou controlo do elevador.

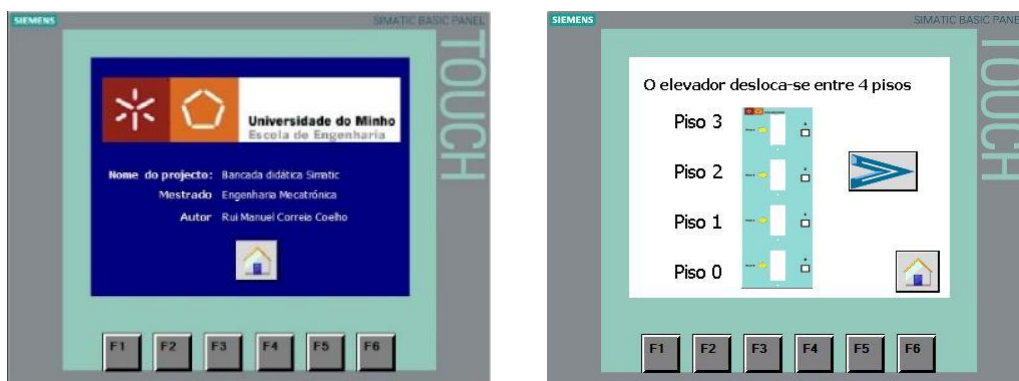


Figura 54 - Tela de informação e descrição

Através da tela de informação e de descrição o utilizador consegue obter dados do projeto e a forma como a bancada didática funciona.

Na tela seguinte está a parte de monitorização e controlo, foi criado uma única tela para combinar as duas partes sem ter o utilizador de saltar de tela para tela durante um evento contínuo.

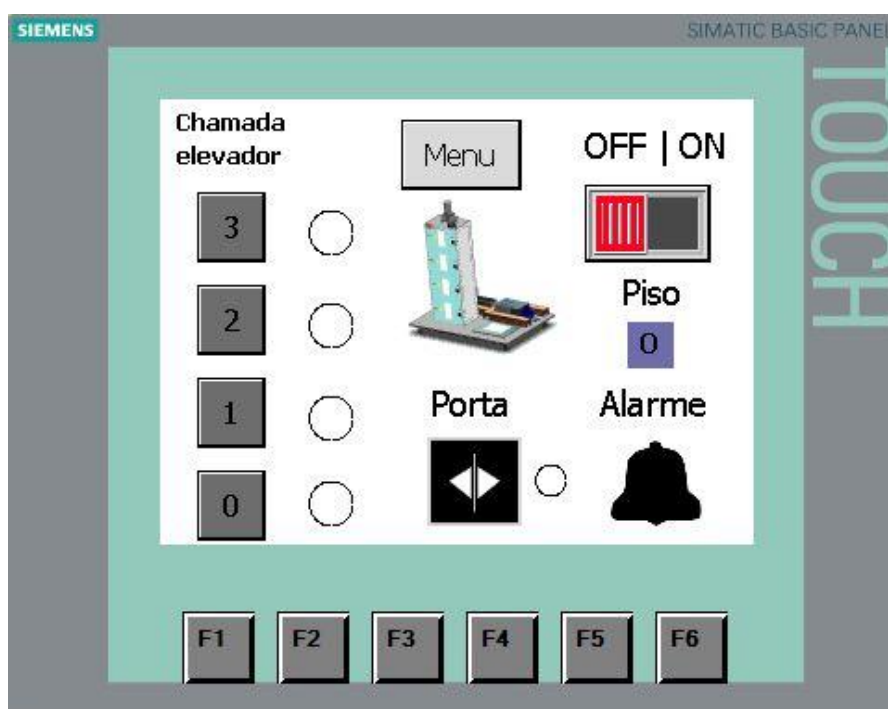


Figura 55 - Tela Controlo elevador

6.5. ASPETOS A RETER DO CAPÍTULO 6

Neste capítulo foi apresentado um exercício de aplicação para a bancada didática, onde foram desenvolvidos os graficets para a resolução do sistema.

As várias fases da realização da parte de projeto foram demonstradas , até á criação da interface de utilizados.

Para utilizar a bancada, o utilizador deve construir primeiramente o programa do controlador em Graficet, convertê-lo para linguagem ladder e escrevê-los no ficheiro do Tia Portal V11.O sistema desenvolvido permitiu estabelecer a comunicação entre o PLC e a consola, com esta a receber informações atualizadas do piso em que se encontra o elevador, como também a possibilidade de comandar o elevador.

7. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

A dissertação realizada teve como objetivo principal a materialização do ensino de sistemas a eventos discretos, através da colocação em funcionamento da bancada SIMATIC da Siemens, a bancada teve este nome dado utilizar os componentes do Simatic learning kit. Outros objetivos deste projeto foram também a elaboração de ferramentas de apoio ao ensino de automação para que os alunos em formação obtivessem conhecimento aplicando num modelo físico o programa criado com a ajuda dos formalismos de especificação de comando estudados durante o processo de aprendizagem.

A bancada didática construída leva a uma abordagem muito específica de um sistema de comando, mas que pode ter várias condicionantes, para isto basta que o exercício proposto seja criativo e tente utilizar as capacidades máximas da bancada de forma que o grau de dificuldade aumente e a capacidade futura de resposta dos formandos aos problemas se torne mais fácil devido á experiência obtida pela utilização desta bancada didática.

Para a modelação dos sistemas automatizados foram explorados vários formalismos, tendo sido escolhido o Grafcet. Esta escolha deveu-se principalmente ao conhecimento adquirido ao longo ciclo de estudos do mestrado especialmente na disciplina de Automação Segura onde foi reiterado que seria o modelo ideal para a aplicação em sistemas mecatrónicos devido às suas inúmeras vantagens já referidas ao longo da dissertação. A principal desvantagem deste formalismo é o facto de ser de difícil aplicação a processos que não sejam sequenciais, de média/alta complexidade.

O *software* utilizado de programação utilizado foi o Totally Integrated Automation Portal (Step 7 e WinCC) da Siemens que foi fornecido com o kit learnig Simitic disponível para a elaboração deste projeto.

A construção da bancada didática foi um objetivo atingindo com êxito. A conceção e construção da bancada através da modelação em 3D foi outro objetivo que foi realizado com sucesso.

Durante a dissertação foram feitas opções que determinaram o caminho a seguir. Outras opções poderiam ter sido tomadas que poderiam ter levado a diferentes conceções da bancada mas a que foi tomada levou todos os aspetos relevantes em conta. Esta dissertação não é o fim do projeto várias características podem evoluir como

a implementação de fuso trapezoidal para um movimento do elevador com maior velocidade e maior estabilidade e a adição de mais sensores como extensómetro para controlar o peso dentro do elevador ou um tacómetro para medir o número de rotações do veio , dependendo contudo do número de entradas do PLC utilizado.

Este sistema destina-se a uma exercício muito particular, mas bastante complexo por isso as suas características são importantes para a aplicação noutras que surjam.

BIBLIOGRAFIA

- [1] E. Matias, P. Oliveira, J. Cunha, E. Pires e F. Soares, “E- Grafcet : A multimédia educational teaching tool,” em *controlo 2010, 9th Conference on Automatic Control*, Coimbra, 2010.
- [2] T. K. Kiong e A. S. Putra, *Drives and Control for Industrial Automation*, Springer, 2011.
- [3] C. Barros, “Desenvolvimento de Plataformas de Automação Digitais,” Universidade do Minho, Guimarães, 2013.
- [4] “Festo,” 2015. [Online]. Available: http://www.festo.com/net/pt-br_br/SupportPortal/default.aspx?cat=2000. [Acedido em 2015].
- [5] “Festo,” 2015. [Online]. Available: <http://www.festo-didactic.com/br-pt/sistemas-de-ensino/bancadas-de-treinamento/hidraulica/hidraulica/grupo-de-acionamento-hidraulico.htm?fbid=YnluchQuNTM3LjZLjE4LjEwMjMuNTM2MA>. [Acedido em 10 2015].
- [6] B. Didáticas, “WEG,” 2015. [Online]. Available: <http://www.weg.net/br/Produtos-e-Servicos/Paineis-Eletricos/Bancada-Didatica/Bancadas-Didaticas-para-Treinamentos>. [Acedido em 05 2015].
- [7] Schneider Electric, “Data acquisition and processing,” [Online]. Available: <http://www2.schneider-electric.com/sites/corporate/en/products-services/training-workstations/data-acquisition-and-processing/data-acquisition-and-processing.page>. [Acedido em 10 2015].
- [8] J. d. Souza, “Introdução ao estudo dos PLC’s,” Universidade da Beira Interior, 2013.
- [9] J. C. Pinto, *Técnicas de automação*, Lisboa: ETEP, 2004.
- [10] F. Borges, “http://www.schneiderelectric.pt/documents/product-services/training/iaut_cfp2008.pdf,” [Online]. [Acedido em 2014].
- [11] J. M. Machado, *Apontamentos da disciplina de automação segura*, Universidade do Minho, 2013.
- [12] H. Neto e N. Horta, *Notas de apoio á disciplina de sistemas digitais*, Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2004.
- [13] A. Guambe, “Modelização e Controlo de Sistemas de Manufatura via Filas de Espera,” Porto, 2013.
- [14] T. Murata, *Petri Nets: Properties, Analysis and Applications*, vol. 77, Proceedings of the IEEE, 1989.

- [15] M. A. P. d. Reis, "Reengenharia de um sistema de controladores domóticos utilizando Redes de Petri," Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2011.
- [16] J. P. M. R. e. Barros, "Introdução à modelação de sistemas utilizando redes de Petri," Instituto Politécnico de Beja - Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Beja, 2001.
- [17] P. Leitão, "Integração de Sistemas de Fabrico," Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2006.
- [18] L. F. d. S. Gomes, "Redes de Petri Reactivas e Hierárquicas," Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa, 1997.
- [19] J. P. R. B. M. Antunes, "Desenvolvimento e integração de editores gráficos de elevado impacto visual," Faculdade de engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2010.
- [20] I. E. Commission, *Langue de spécification GRAFCET pour diagrammes fonctionnels en séquence*, 2 ed., 2000.
- [21] P. C. M. Carneiro, "Desenvolvimento de protótipos virtuais para utilização em simulação Software-in-the-Loop," Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade do Minho, Guimarães, 2012.
- [22] Siemens, "Tarefas de automação - Visualização," [Online]. Available: <http://www.industry.siemens.com/topics/global/pt/tia-portal/automation-tasks/pages/visualization.aspx>. [Acedido em 2014 03].
- [23] P.Hauptmann, *Sensor: Principles and Applications*, Prentice Hall, 1993.
- [24] I. R.Sinclair, *Sensors and Transducers*, Newnes, 2001.
- [25] R.H.Bishop, *Mechatronic systems, sensors and actuators : Fundamentals and Modeling*, Boca Raton: Taylor & Francis, 2008.

ANEXO 1 - DESENHO TÉCNICO

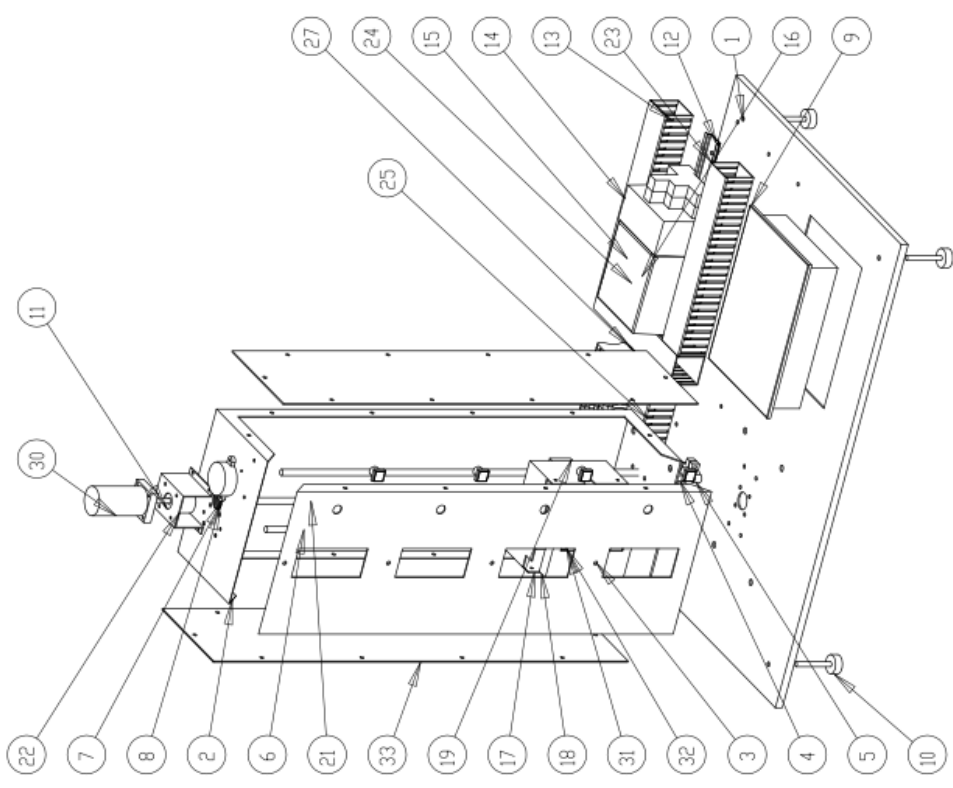
POS	DESIGNAÇÃO	QTD	Nº DESENHO	MATERIAL	Nº REF.	DIMENSÕES(mm)	PESO
DESENHO Nº	1						
CLIENTE	Este desenho é propriedade de Rui Coelho e não poderá ser utilizado, reproduzido, total ou parcialmente ou entregue a alguém, sem prévia autorização.						
Desenhado	Rui C.	23/03/15					
Verificado							
Projetado							
Revisão							
		Sem escala	DESCRIÇÃO	Barcada didática			Lingua
		Emissão	Nome Ficheiro	IC1			PT-PT
			Nome do código Peça				A3
							EN ISO 8015

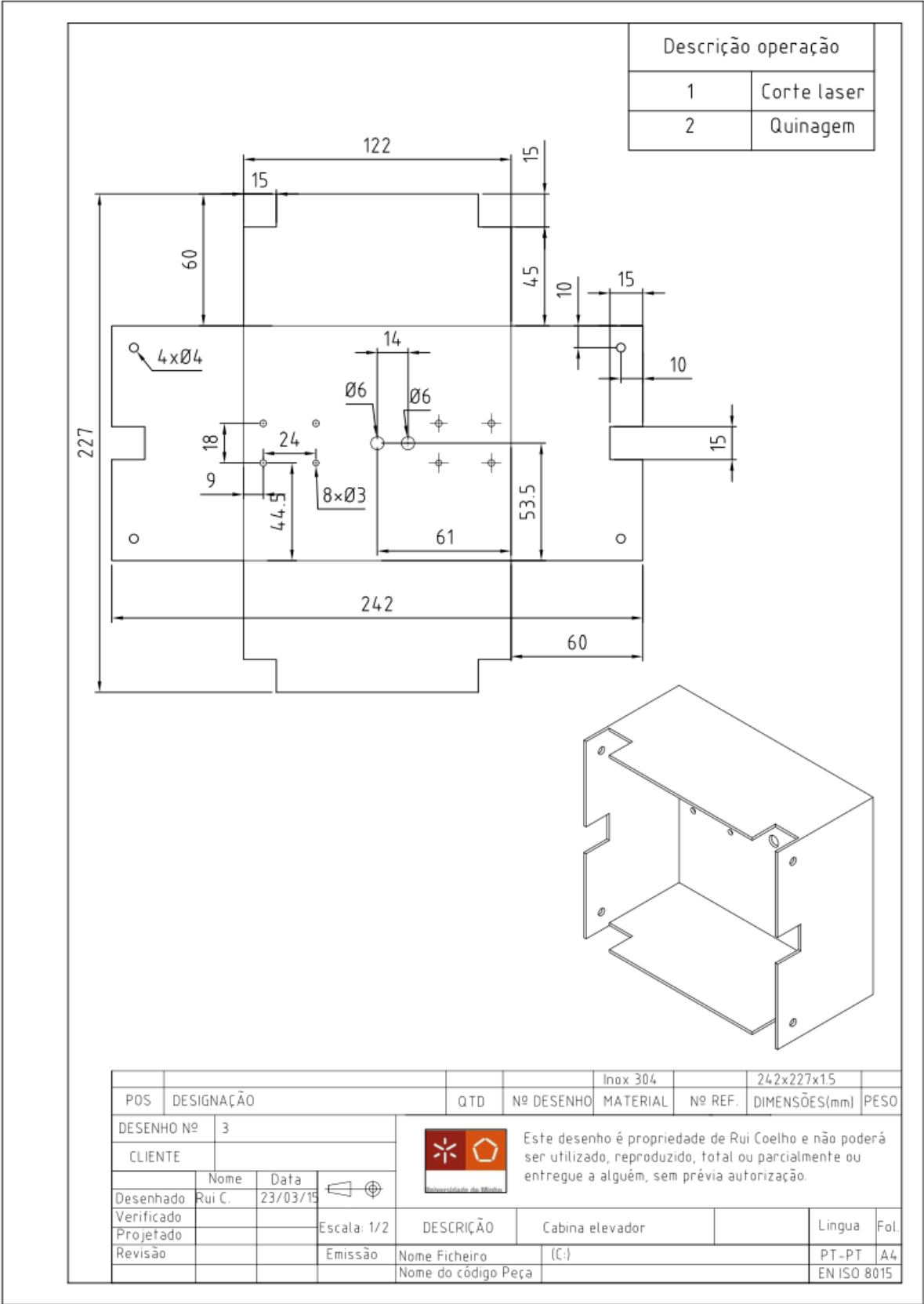
ITEM N	Descrição	Quantidade
1	tabuleiro	1
2	Estrutura traseira	1
3	Estrutura frente	1
4	Chumaceira	2
5	baze 8mm para guia	4
6	guia em inox Ø8mm	2
7	buzzer	1
8	SKF - 608 - Full,SI,NC,F,ul1_68	2
9	consola	1
10	suportes da bancada	4
11	suporte motor	1
12	calha Din 35mm	1
13	cpu1214c	1
14	esm 1277	1
15	relé 12VDC	2
16	borne	2
17	cabine corpo	1
18	tampa cabine	1
19	rolamento de esferas	2
20	B18,2,4,2M - Hex nut, Style 2, M8 x 1,25 --D-S	1
21	Fuso trapezoidal Ø12mm	1
22	acoplamento motor	1
23	calha rasgada 40x40 X 400	2
24	calha rasgada 40x40	1
25	calha rasgada 40x40 X 150	1
26	fonte de alimentação	1
27	calha Din 35mm - ft	1
28	sensor indutivo	4
29	B18,2,3,1M - Hex cap screw, M6 x 1,0 x 30 --18N	1
30	motor 24V DC	1
31	suporte electroiman	2
32	electroiman	2
33	laterais em acrílico	2


POS	DESIGNAÇÃO	DTD	NR DESENHO	MATERIAL	NR REF	DIMENSÕES(mm)	PESO
DESENHO NR	2						
CLIENTE							
Desenhado	Rui C.	Data	23/03/19				
Verificado							
Projetado							
Revisão							

Este desenho é propriedade de Rui Coelho e não poderá ser utilizado, reproduzido, total ou parcialmente ou entregue a algum, sem prévia autorização.

Nome	Data	Descrição	Vista explodida	Lingua	Fol.
Rui C.	23/03/19	Sem escala			
		Emissão	IC1		
		Nome do código Peça			
					PT-PT A3
					EN ISO 8015

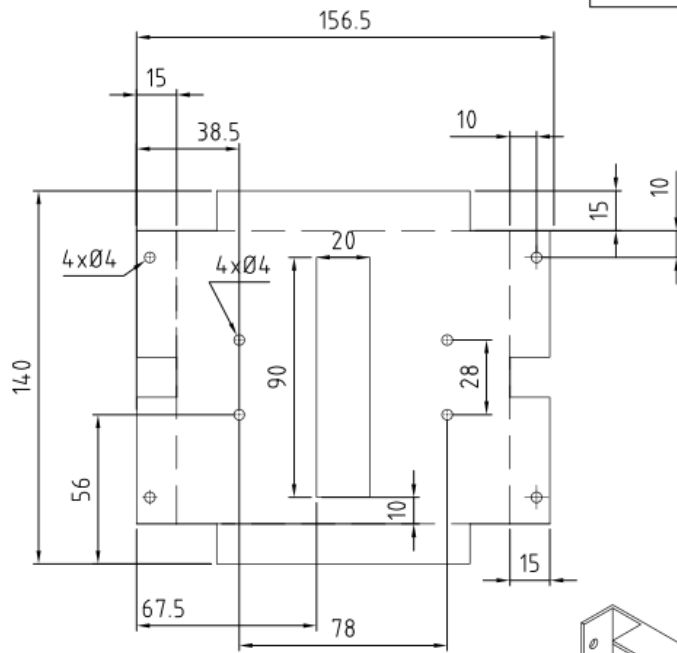




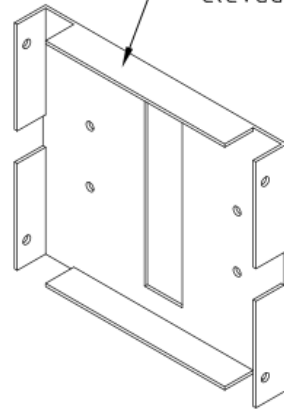
POS	DESIGNAÇÃO	QTD	Nº DESENHO	MATERIAL	Nº REF.	DIMENSÕES(mm)	PESO
				Inox 304		242x227x15	
DESENHO Nº	3			 Este desenho é propriedade de Rui Coelho e não poderá ser utilizado, reproduzido, total ou parcialmente ou entregue a alguém, sem prévia autorização.			
CLIENTE							
	Nome	Data					
Desenhado	Rui C.	23/03/15					
Verificado			Escala: 1/2	DESCRIÇÃO	Cabina elevador	Lingua	Fol.
Projetado							
Revisão			Emissão	Nome Ficheiro	(C:)	PT-PT	A4
				Nome do código Peça		EN ISO 8015	

Descrição operação

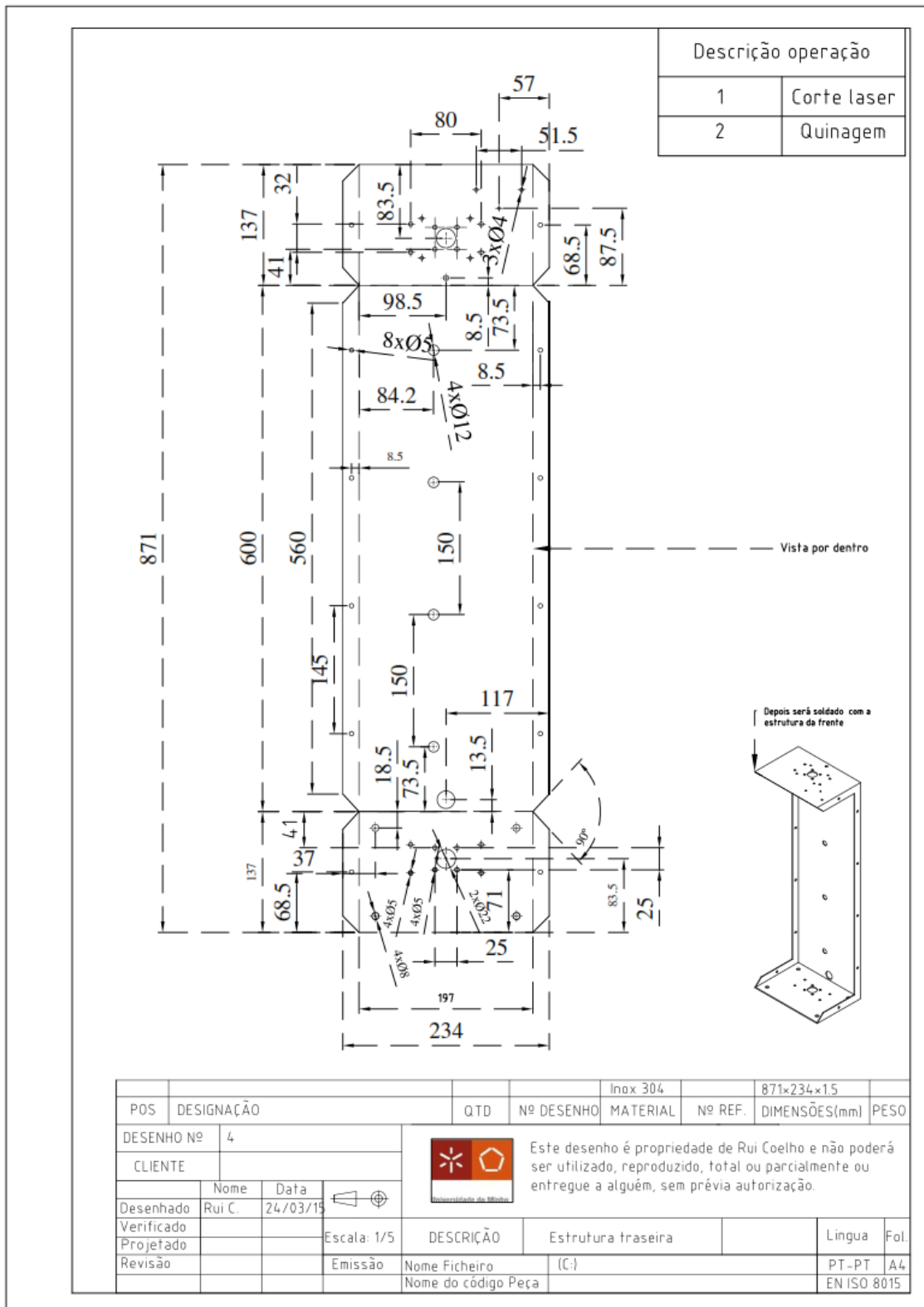
1	Corte laser
2	Quinagem



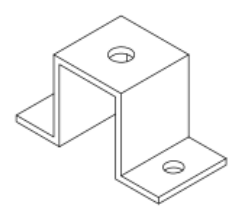
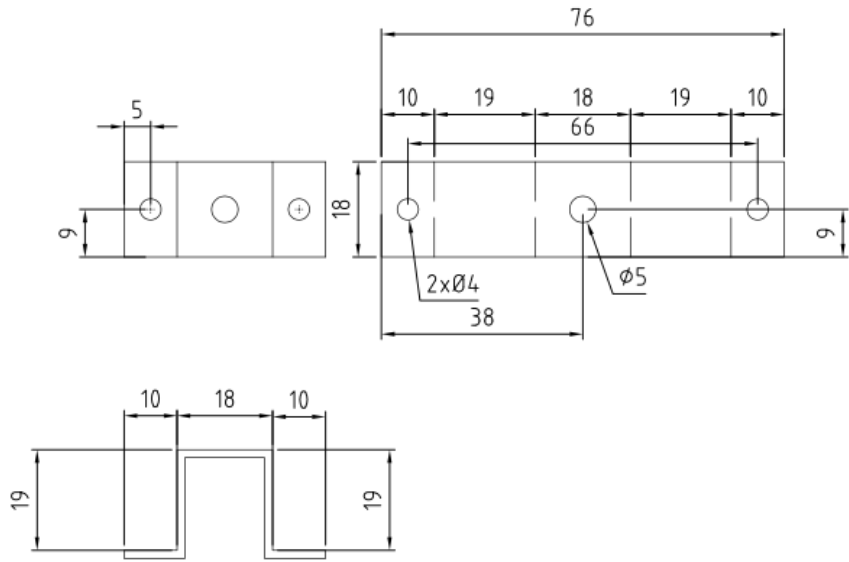
Tampa de fecho da cabine do elevador



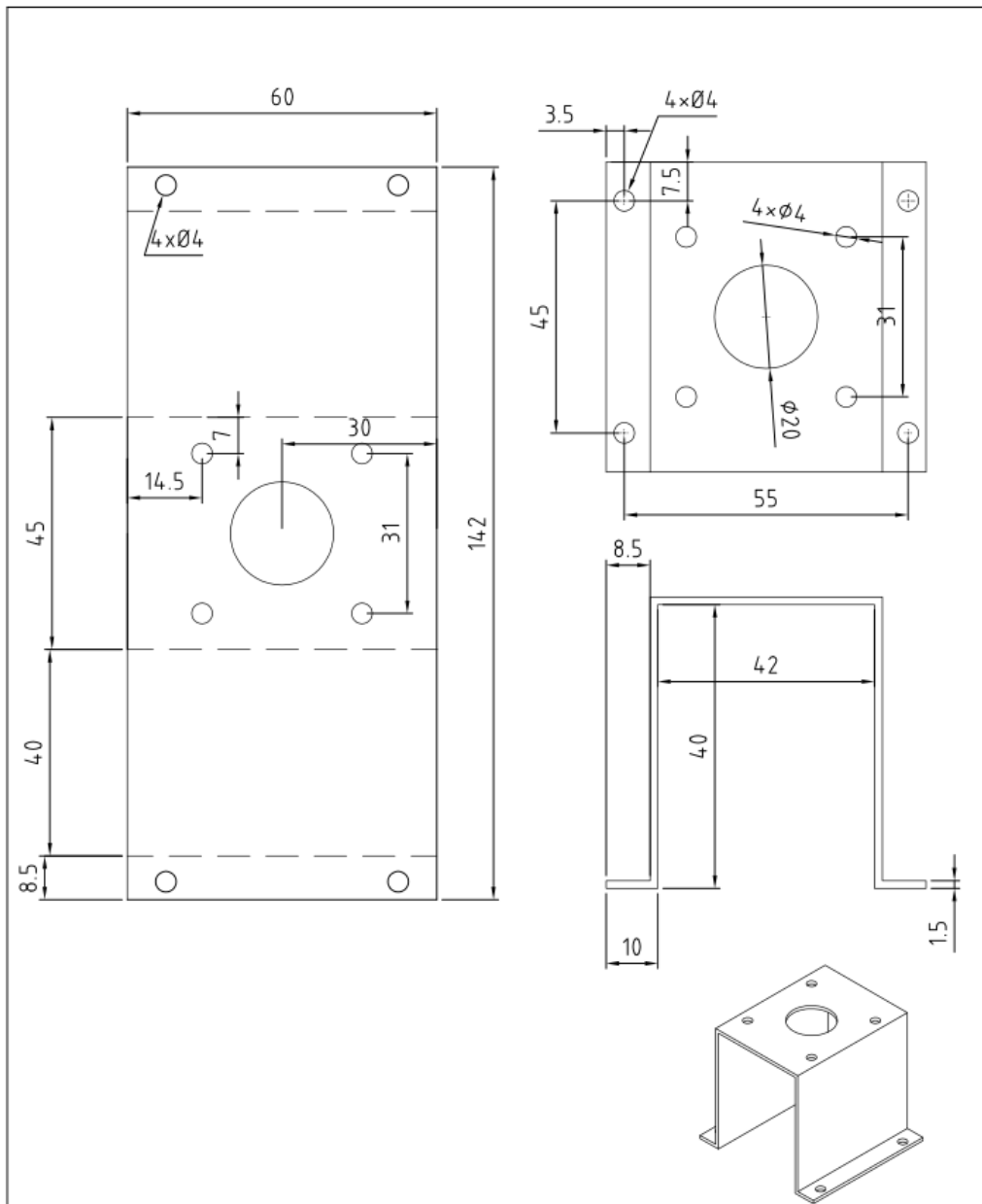
POS	DESIGNAÇÃO	QTD	Nº DESENHO	Inox 304	MATERIAL	Nº REF.	140x156.5x15	DIMENSÕES(mm)	PESO
DESENHO Nº	1								
CLIENTE									
Desenhado	Nome Rui C.	Data 21/03/15							
Verificado									
Projetado									
Revisão									
		Escala: 1/2	DESCRIPÇÃO	Tampa da cabina			Lingua	Fol.	
		Emissão	Nome Ficheiro	(C:)			PT-PT	A4	
			Nome do código Peça				EN ISO 8015		



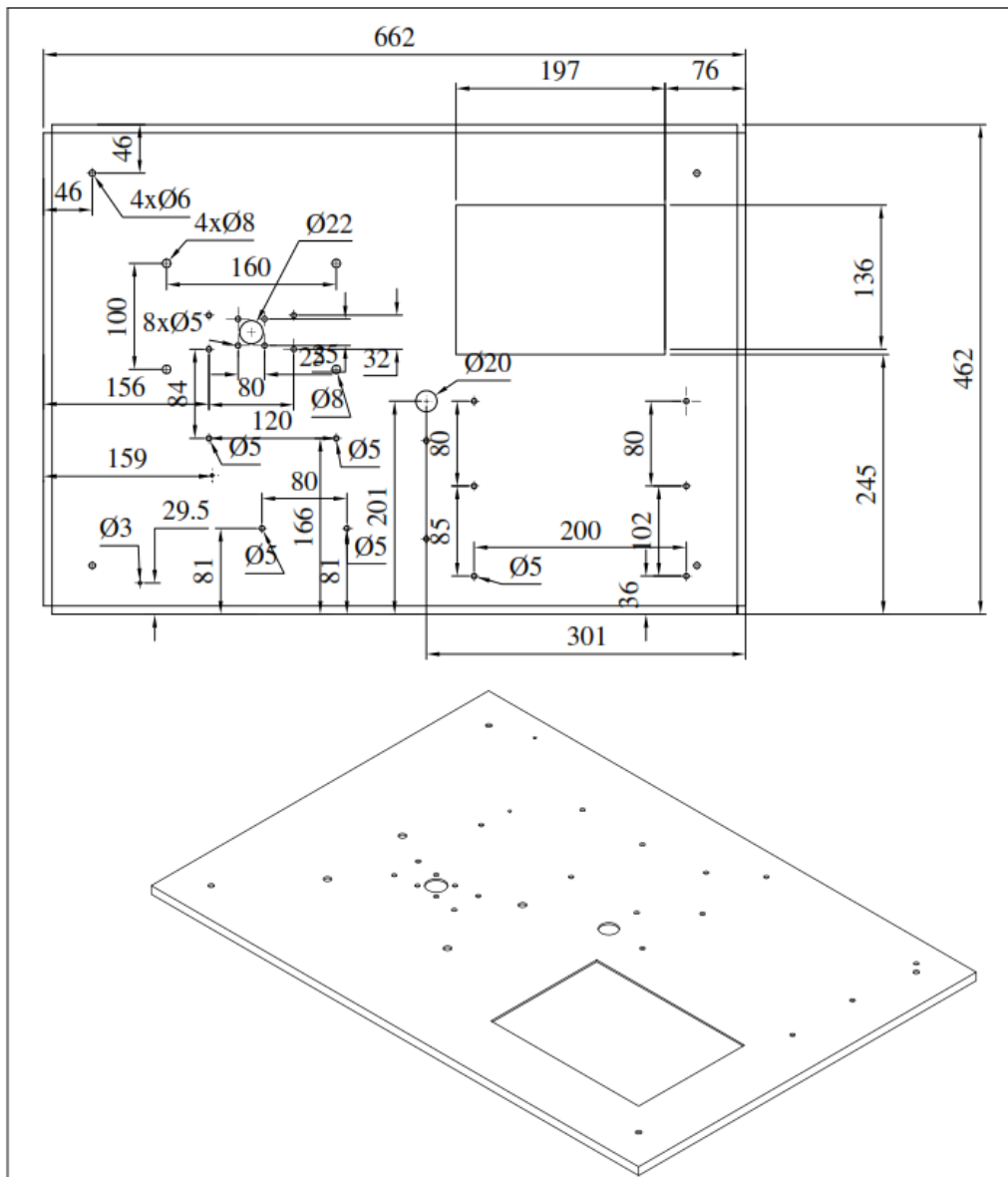
POS	DESIGNAÇÃO	QTD	Nº DESENHO	Inox 304	871x234x1.5	PESO
DESENHO Nº	4					
CLIENTE						
Desenhado	Nome Rui C.	Data 24/03/15	 <p>Este desenho é propriedade de Rui Coelho e não poderá ser utilizado, reproduzido, total ou parcialmente ou entregue a alguém, sem prévia autorização.</p>			
Verificado						
Projetado			DESCRIÇÃO	Estrutura traseira	Lingua	Fol.
Revisão			Emissão	Nome Ficheiro (C:)	Nome do código Peça	
					PT-PT	A4
					EN ISO 8015	



POS	DESIGNAÇÃO	QTD	Nº DESENHO	MATERIAL	Nº REF.	DIMENSÕES(mm)	PESO
				Inox 304		76x18x1,5	
DESENHO Nº	5			 Este desenho é propriedade de Rui Coelho e não poderá ser utilizado, reproduzido, total ou parcialmente ou entregue a alguém, sem prévia autorização.			
CLIENTE							
Desenhado	Nome	Data	 Escala 1/1	DESCRIÇÃO Suporte eletroiman		Lingua	Fol.
Verificado	Rui C.	24/03/15					
Projetado			Emissão	Nome Ficheiro	(C:)	PT-PT	A4
Revisão				Nome do código Peça		EN ISO 8015	

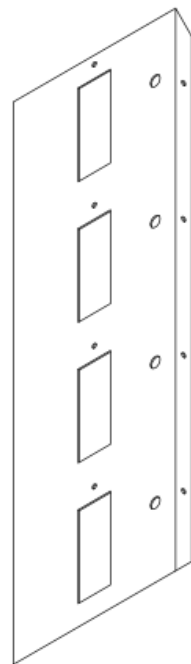
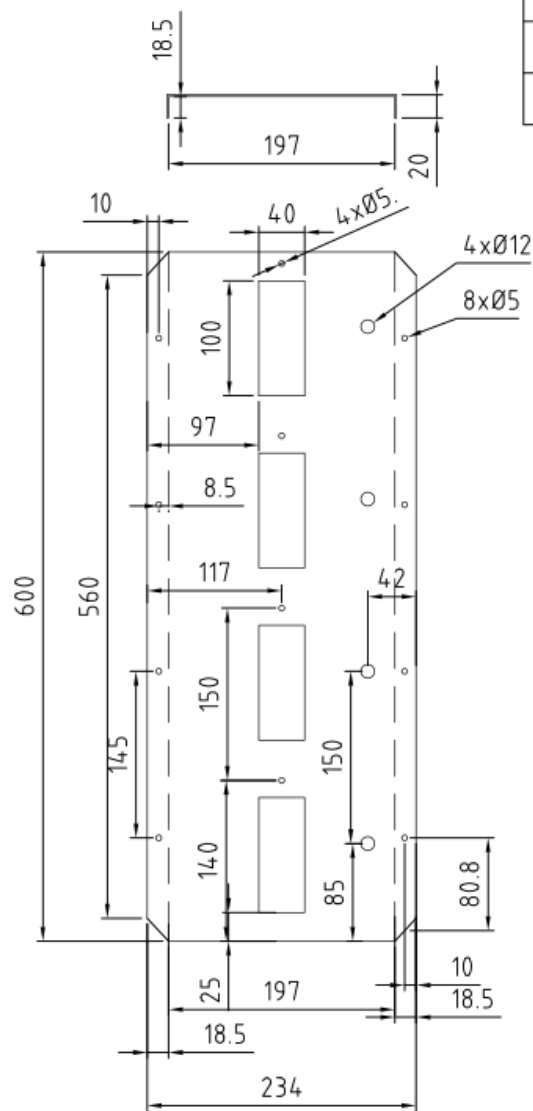


POS	DESIGNAÇÃO			QTD	Nº DESENHO	MATERIAL	Nº REF.	DIMENSÕES(mm)	PESO
DESENHO Nº	6								
CLIENTE									
Desenhado	Nome	Data		Este desenho é propriedade de Rui Coelho e não poderá ser utilizado, reproduzido, total ou parcialmente ou entregue a alguém, sem prévia autorização.					
Verificado	Rui C.	23/03/15							
Projetado			 Escala: 1/1	DESCRIÇÃO	Suporte motor		Língua	Fol.	
Revisão	Rui C.	24/06/15	Emissão	Nome Ficheiro	(C:)		PT-PT	A4	
				Nome do código Peça			EN ISO 8015		



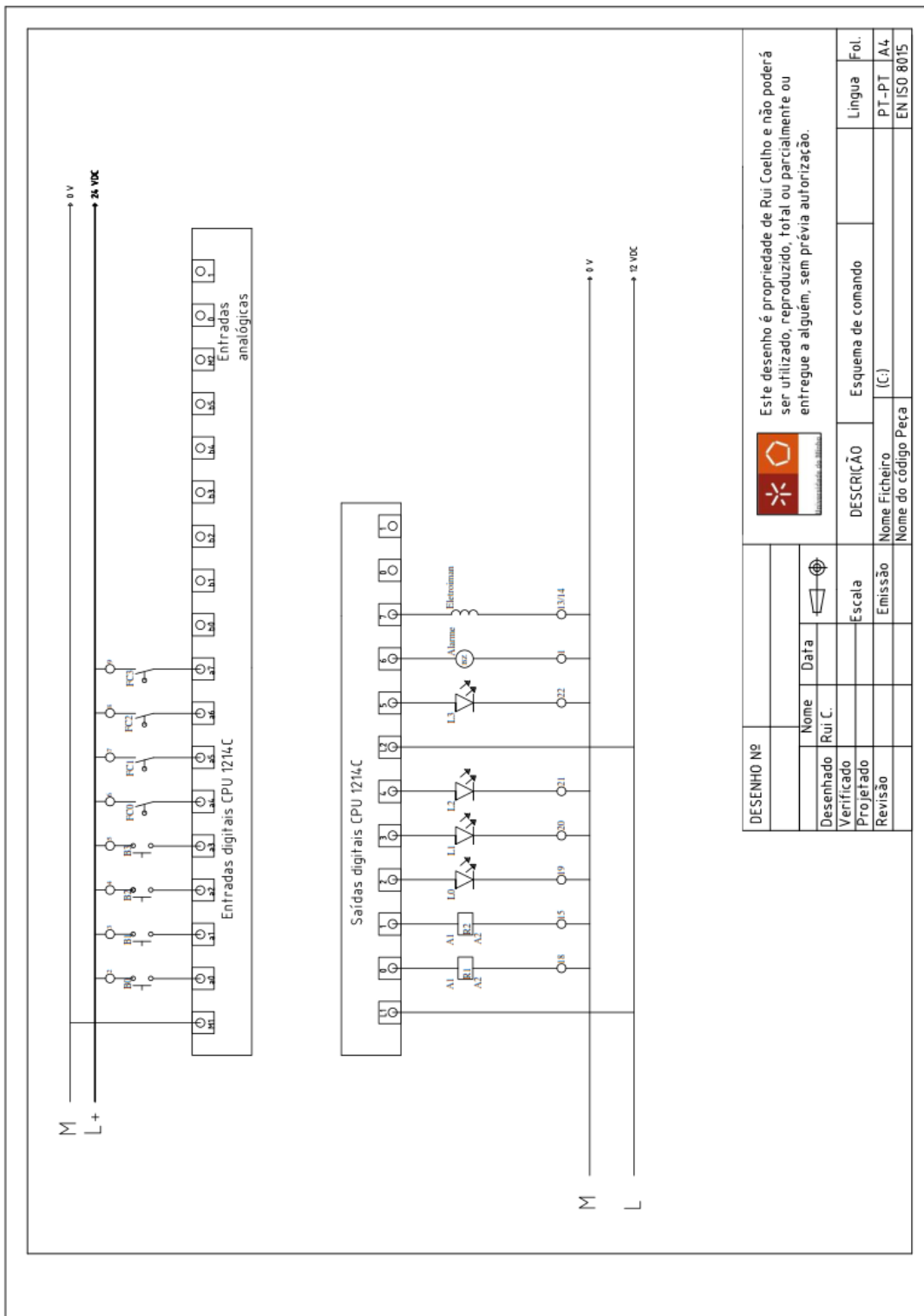
POS	DESIGNAÇÃO	QTD	Nº DESENHO	MATERIAL	Nº REF.	DIMENSÕES(mm)	PESO
				Inox 304		662x462x2	
DESENHO Nº	7		 Este desenho é propriedade de Rui Coelho e não poderá ser utilizado, reproduzido, total ou parcialmente ou entregue a alguém, sem prévia autorização.				
CLIENTE							
	Nome	Data					
Desenhado	Rui C.	23/03/15					
Verificado			Escala: 1/5	DESCRIÇÃO	Tabuleiro	Língua	Fol.
Revisão			Emissão	Nome Ficheiro	(C:)	PT-PT	A4
				Nome do código Peça		EN ISO 8015	

Descrição operação	
1	Corte laser
2	Quinagem



POS	DESIGNAÇÃO	QTD	Nº DESENHO	Inox 304	Nº REF.	600x234x1.5	PESO
DESENHO Nº	8						
CLIENTE							
Desenhado	Rui C.	23/03/15	Escala: 1/5	 Este desenho é propriedade de Rui Coelho e não poderá ser utilizado, reproduzido, total ou parcialmente ou entregue a alguém, sem prévia autorização.			
Verificado							
Projetado	Rui C.	23/03/15		DESCRIZAÇÃO	Estrutura Frente		Lingua Fol.
Revisão			Emissão	Nome Ficheiro	(C.)		PT-PT A4
				Nome do código Peça			EN ISO 8015

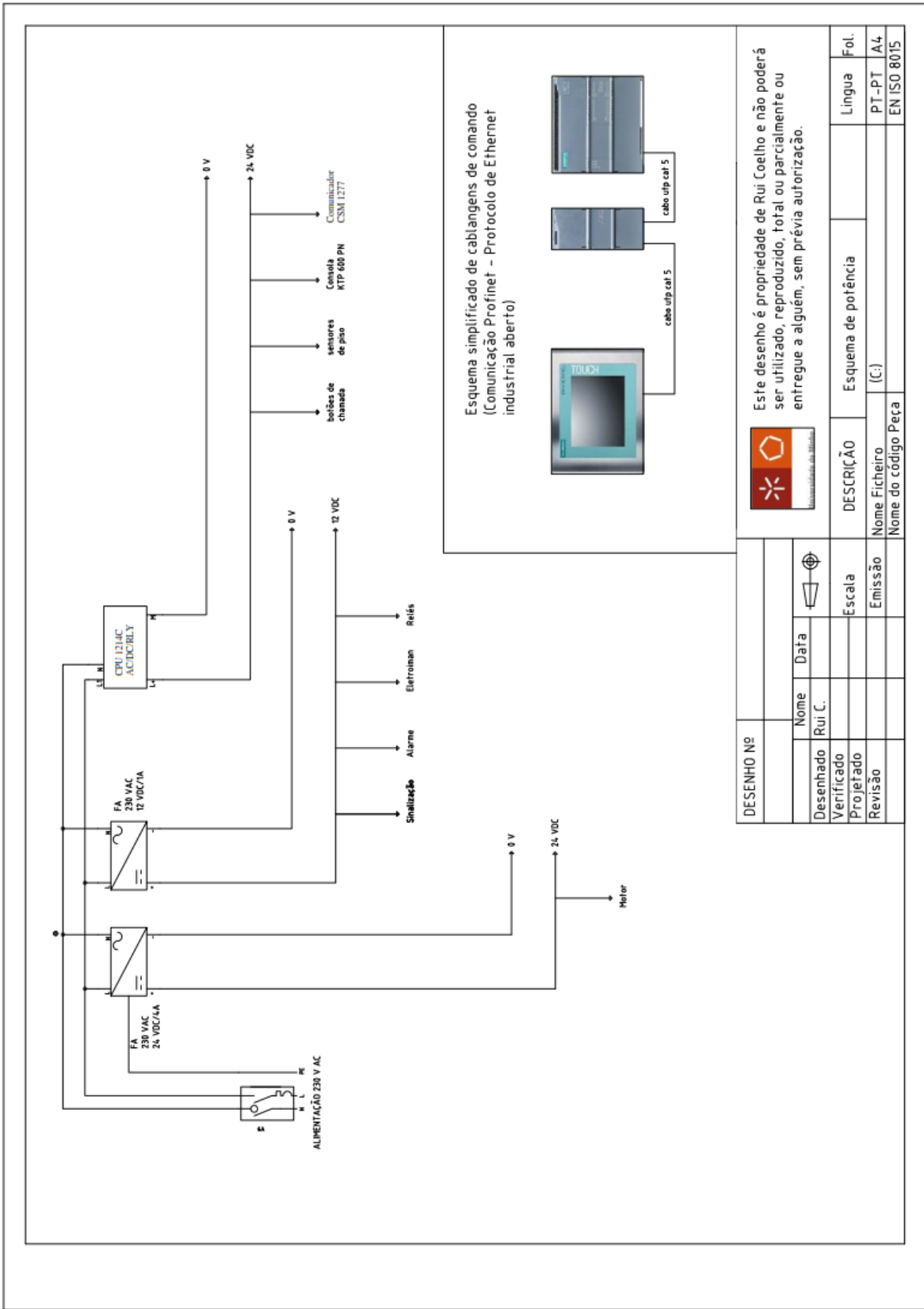
ANEXO 2 - ESQUEMA ELÉTRICO



DESENHO Nº			
Desenhado	Rui C.	Nome	Data
Verificado		Projetado	
Revisão		Emissão	
		Nome do código Peça	
		DESCRÇÃO	Esquema de comando
		Lingua	Fol.
		Nome do código Peça	PT-PT A4
			EN ISO 8015

Este desenho é propriedade de Rui Coelho e não poderá ser utilizado, reproduzido, total ou parcialmente ou entregue a alguém, sem prévia autorização.





DESENHO Nº			
Nome	Data		
Desenhado Rui C.			
Verificado		Escala	
Projetado		Emissão	
Revisão			
		DESCRIÇÃO	Esquema de potência
		Nome Ficheiro (C:)	Lingua Fol.
		Nome do código Peça	PT-PT A4
			EN ISO 8015

Este desenho é propriedade de Rui Coelho e não poderá ser utilizado, reproduzido, total ou parcialmente ou entregue a alguém, sem prévia autorização.



