



Mestrado em Engenharia Eletrotécnica

---

**Projeto e Implementação de uma Célula de  
Soldadura Robotizada –  
Estágio na Motofil Robotics S.A.**

Relatório de Estágio apresentado para a obtenção do grau de Mestre em  
Engenharia Eletrotécnica – Área de Especialização em Automação e  
Comunicações em Sistemas Industriais

**Autor**

**Rafael Vieira Branco**

**Orientadores**

**Doutor Frederico Miguel do Céu Marques dos Santos**

Professor do Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

**Supervisor**

**Engenheiro Miguel Reis**

Motofil Robotics.

**Coimbra, Maio, 2017**



**AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer ao meu orientador, Professor Frederico Miguel Santos, a forma como orientou o meu trabalho de mestrado. Os seus conselhos e a sua preocupação com o meu trabalho contribuíram decisivamente para a realização da parte prática e para a elaboração deste relatório. Agradeço também ao meu monitor de projeto na Motofil Robotics, Engenheiro Miguel Reis, o seu auxílio sempre que foi oportuno e os constantes conselhos, em particular, no esforço desenvolvido para me dar todas as informações necessárias. À Motofil Robotics, pela oportunidade de trabalhar em projetos ambiciosos e de grande valor para o meu futuro e por toda a disponibilidade. Aos meus colegas, que passaram o semestre a elaborar um trabalho semelhante de dissertação, mas que, sempre que necessário, deram a sua opinião, ajuda e principalmente motivação, quando o caminho se tornou por vezes mais sinuoso. A todos os que não foram mencionados, mas estiveram envolvidos e me ajudaram no desenvolvimento deste trabalho, agradeço também profundamente. Por último, mas em primeiro plano, gostaria de agradecer à minha família, em especial aos meus pais, pelo facto de terem investido e acreditado sempre em mim, proporcionando-me a oportunidade de estar a terminar um curso superior.

A todos, Muito Obrigado



**RESUMO**

Este relatório tem como objetivo descrever o estágio do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica, na área da Automação e Comunicações em Sistemas Industriais, ministrado no Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, pertencente ao Instituto Politécnico de Coimbra.

Este estágio foi efetuado na empresa Motofil Robotics S.A. cuja área de atividade ocupa os segmentos da automação industrial e controlo de processos.

O estágio proporciona uma oportunidade de interação direta com o mercado de trabalho, permitindo desenvolver os conhecimentos e competências adquiridos ao longo do percurso académico. Durante a realização deste estágio foram abordadas diversas áreas da automação industrial destacando-se as áreas de projeto e da programação de HMI e PLC.

Inicialmente o estágio consistia em percorrer todas as etapas do processo de criação das máquinas produzidas durante o decorrer do estágio, posteriormente surgiu a oportunidade de desenvolver um HMI. O desenvolvimento deste produto também facilitou a aproximação a programação dos autómatos Siemens (PLC) e Fanuc (PMC). Durante o acompanhamento das máquinas foram adquiridos conhecimentos de instalações elétricas, programação, projeto elétrico e pneumático, conhecimentos dos vários tipos de soldaduras e parâmetros, protocolos de comunicação (Profinet, Profibus, Ethernet, Can), parametrização de variadores e sistemas de segurança (Barreiras óticas, Profisafe, Reles de Segurança).

O balanço desde estágio é muito positivo e constituiu uma excelente oportunidade para uma integração bem-sucedida no mercado de trabalho na área de automação, pois permitiu a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos durante o percurso académico assim como a aquisição de novas técnicas e métodos de trabalho aplicados no meio industrial.

Neste documento encontram-se descritos os principais pressupostos teóricos que fundamentam as diversas tecnologias utilizadas nos projetos descritos, assim como explicações aprofundadas das diversas etapas associadas ao desenvolvimento dos respetivos projetos.

**Palavras-chave:** Automação; Projeto; Estágio; Engenharia eletrotécnica; Motofil Robotics S.A; Controlo; Soldadura.



**ABSTRACT**

This report is intended to describe an Industry Internship of the Master's degree in Electrical Engineering, in the area of Automation and Communications in Industrial Systems, taught at the Coimbra Institute of Engineering, a School belonging to the Polytechnic Institute of Coimbra.

This internship was carried out at Motofil Robotics S.A., an automation company with an area of activity centered in the segments of industrial automation and process control.

The internship provides an opportunity for direct interaction with the labor market, allowing developing and applying the knowledge and skills acquired along the academic studies. During this internship, several areas in the industrial automation field were addressed, especially the areas of project and programming HMIs and PLCs.

Initially, the internship consisted in going through all the process stages needed to creating the machines. Later, the opportunity arose to develop a new brand HMI to replace the already used Siemens, Beijer, and an operator panel with buttons. The development of this product also facilitated the approach to the programming of the Siemens (PLC) and Fanuc (PMC) automatons. During the follow-up of the machines were acquired knowledge of electrical installations, programming, electrical and pneumatic design, knowledge of various types of welding and parameters, communication protocols (Profinet, Profibus, Ethernet, Can), parameterization of inverters and security systems (Optics, Profisafe, Safety Relays).

The assessment is very positive and provided an excellent opportunity for a successful integration in the labor market in the area of automation, since it allowed the practical application of the knowledge acquired during the academic course as well as the acquisition of new techniques and working methods applied in the industrial environment.

In this document, the main theoretical basis supporting the various technologies that are used in the developed projects are described, as well as detailed explanations for the various phases associated with the development of each of the projects.

**Key-words:** Automation; Project; Electrotechnical Engineering; Motofil Robotics S.A; Control; Welding.



**ÍNDICE**

AGRADECIMENTOS.....	iii
RESUMO .....	v
ABSTRACT .....	vii
ÍNDICE .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABELAS.....	xiii
SIMBOLOGIA .....	xv
ABREVIATURAS.....	xvii
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Apresentação da empresa Motofil Robotics .....	1
1.2 Objetivos .....	3
1.3 Organização do documento.....	3
2 Estado da Arte .....	5
2.1 Soldadura por Arco Elétrico.....	7
2.1.1 MMA .....	7
2.1.2 MIG/MAG.....	7
2.1.3 TIG.....	7
2.1.4 Arco Submerso .....	8
2.1.5 Plasma.....	8
2.1.6 Conceitos de Funcionamento .....	8
2.2 Automação e Robótica.....	9
2.2.1 Tipos de Automação .....	9
2.2.2 Classificação de Robôs .....	10
2.2.3 Robôs Industriais .....	12
2.2.4 Robôs na soldadura.....	14
2.2.5 Braços Robóticos.....	16
2.3 Sistemas de Controlo .....	17
2.3.1 Programmable Logic Controller (PLC) .....	17
2.3.2 Norma IEC 1131-3 .....	20
2.3.3 Human Machine Interface (HMI).....	22

2.3.4	Componentes Elétricos .....	25
3	Soluções Desenvolvidas.....	29
3.1	Tipos de máquinas Mesa H e Coluna de Soldadura .....	29
3.1.1	Mesa H.....	29
3.1.2	Coluna de Soldadura Simples .....	32
3.1.3	Quadros Elétricos .....	34
3.2	Programação de autômatos e robôs .....	37
3.2.1	Programação Siemens.....	37
3.2.2	Consola de programação Fanuc ( <i>Teach Pendant</i> ):.....	40
3.3	Criação e Implementação de HMI Weintek.....	42
3.3.1	Siemens .....	43
3.3.2	Fanuc.....	44
3.3.3	Trabalho desenvolvido – Coluna de soldadura .....	44
3.4	Desenvolvimento de Seam Tracker.....	56
3.4.1	Solução Utilizada.....	57
3.4.2	Trabalho Desenvolvido .....	58
4	Testes .....	63
5	Conclusões .....	65
6	Bibliografia.....	67
Anexo I	– Esquema Elétrico Mesa H.....	71
Anexo II	- Grafcet Modo Automático Mesa H.....	97
Anexo III	- Manual de Operador Mesa H.....	99
Anexo IV	– Parametrização do Variador da Mesas H.....	111
Anexo V	– Ensaio Elétricos.....	126

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - General Motors instala o 1º robô industrial em New Jersey (1961) [1] .....	5
Figura 2.2 – Linha de produção de carroçarias AutoEuropa. [3] .....	9
Figura 2.3 - Relação entre os tipos de automação. [4].....	10
Figura 2.4 - Classificação de robôs [5] .....	11
Figura 2.5 - Humanóide Toyota [5] .....	11
Figura 2.6 – Robô de soldadura ARC Mate 100iC/12 [8] .....	14
Figura 2.7 - Componentes de um Sistema Robotizado de Soldadura. [9] .....	15
Figura 2.8 - Manipulador antropomórfico utilizado em soldadura. [10] .....	16
Figura 2.9 - Componentes de um PLC [13] .....	19
Figura 2.10 - Ciclo de funcionamento de PLC [13] .....	20
Figura 2.11 – Monitorização e Controlo Remoto [15] .....	23
Figura 2.12 - HMI Industrial [17].....	24
Figura 2.13 - Arquitetura de rede [19] .....	25
Figura 2.14 - Disjuntor de MT de vácuo até 24KV [20].....	26
Figura 2.15 - Fonte de alimentação DRT-240 da Mean Well [21].....	27
Figura 2.16 - Gama de variadores de velocidade da Nord [22].....	27
Figura 2.17 - Sistema de barreiras óticas Sick [23] .....	28
Figura 3.1 - <i>Layout</i> geral da célula [24].....	30
Figura 3.2 - Áreas de trabalho de uma mesa H [24].....	31
Figura 3.3 - Coluna de Soldadura Simples [24] .....	32
Figura 3.4 - Cabeçal nos dois extremos na Coluna de Soldadura [24].....	33
Figura 3.5 – Controlador Fanuc parte de controlo e de potência [24] .....	34
Figura 3.6 – Quadro Elétrico Coluna de Soldadura [24] .....	35
Figura 3.7 - PLC Siemens S7-1200 [24].....	36
Figura 3.8 – Siemens ET200S .....	36
Figura 3.9 - STEP 7: Do processo para o projeto [27].....	38
Figura 3.10 - Consola de programação Fanuc monocromática [8] .....	40
Figura 3.11 - Indicadores de estado para consola policromática [24] .....	41
Figura 3.12 - Vista do Fanuc Ladder – III [8].....	41

Figura 3.13 - Arquitetura Fanuc Ladder [28].....	42
Figura 3.14 - HMI Weintek [30] .....	43
Figura 3.15 - Integração entre Simatic S7-1200 e o HMI Weintek [30] .....	43
Figura 3.16 - Armário Elétrico [24].....	45
Figura 3.17 – Menu Inicial.....	45
Figura 3.18 - Ecrã Informações Gerais [24].....	46
Figura 3.19 - Ecrã Menu Geral [24] .....	47
Figura 3.20 – Led do variador de velocidade Ok [24].....	47
Figura 3.21 – Monitorização dos canais de alimentação do Mico [24].....	48
Figura 3.22 – Relé de segurança Sirius da Siemens [24].....	48
Figura 3.23 – Menu de Soldar [24].....	49
Figura 3.24- Menu de Alarmes.....	51
Figura 3.25 – Menu Definições .....	52
Figura 3.26 – Menu de Estatísticas.....	52
Figura 3.27 – Menu de Manutenção .....	53
Figura 3.28 – Menu de Ajuste do Funcionamento do <i>Slide</i> .....	54
Figura 3.29 - Menu Mover.....	55
Figura 3.30- Seam Tracker da Arc Products [33].....	57
Figura 3.31- Regulação horizontal e de altura. [34] .....	57
Figura 3.32 - Joystick da APEM ® [35] .....	58
Figura 3.33 - Palpador do Seam Tracker desenvolvido (fase de testes).....	60
Figura 3.34 - Seam Tracker desenvolvido na Motofil .....	60
Figura 3.35 - Comando de controlo manual do Seam Tracker .....	61
Figura 4.1 – Programação e testes de segurança.....	64

## **ÍNDICE DE TABELAS**

Tabela 3.1 - Caraterísticas Técnicas das Colunas de Soldadura [24] .....	33
Tabela 3.2 - Configurações HMI [30].....	44



## SIMBOLOGIA

**ampere** (símbolo: **A**) - É a unidade de corrente elétrica do Sistema Internacional de Unidades (SI), que representa a intensidade de corrente elétrica.

**grama** (símbolo: **g**) - É a unidade básica de massa do Sistema Internacional de Unidades (SI).

**graus Celsius** (símbolo: °C) – É uma unidade de medida de temperatura.

**hertz** (símbolo: **Hz**) - É a unidade de frequência derivada do Sistema Internacional de Unidades (SI), para a frequência. É expressa em termos de ciclos por segundo, a frequência de um evento periódico.

**kg** - Múltiplo do SI para **g** e representa  $10^3\text{g}$ .

**kHz** - Múltiplo do SI para **Hz** e representa  $10^3\text{Hz}$ .

**kW** - Múltiplo do SI para **W** e representa  $10^3\text{W}$ .

**metro** (símbolo: **m**) - É a unidade de medida derivada do Sistema Internacional de Unidades (SI), para medir comprimentos.

**microsegundo** (símbolo: **µs**) - Múltiplo do SI para **segundo** e representa  $10^{-6}\text{s}$ .

**milímetro** (símbolo **mm**) - Múltiplo do SI para **metro** e representa  $10^{-3}\text{m}$ .

**segundo** (símbolo: **s**) - É a unidade de frequência derivada do Sistema Internacional de Unidades (SI), para medir intervalos de tempo.

**volt** (símbolo: **V**) – É a unidade de tensão elétrica do Sistema Internacional de Unidades (SI), que representa a diferença de potencial elétrico entre dois pontos.

**watt** (símbolo: **W**) – É a unidade de potência do Sistema Internacional de Unidades, é equivalente a um joule por segundo.



**ABREVIATURAS**

**AC** - *Alternating current*

**AC/DC** - *Alternate Current / Direct Current*

**CAN** - *Controller Area Network*

**CCD** - *Charge-Coupled Device*

**CIM** - *Computer Integrated Manufacturing*

**CNC** - *Computer Numerical Control*

**CPU** - *Central Processing Unit*

**DC** - *Direct Current*

**DCS** - *Distributed Control System*

**FBD** - *Function Block Diagram*

**HMI** - *Human–Machine Interface*

**I/O** - *Input/Output*

**IEC** - *International Electrotechnical Commission*

**IL** - *Instruction List*

**IP** - *Internet Protocol*

**ISO** - *International Organization for Standardization*

**LCD** - *Liquid Crystal Display*

**LD** - *Ladder Diagram*

**LED** - *Light-Emitting Diode*

**MIG/MAG** - *Metal Inert Gas / Metal Active Gas*

**MMA** - *Manual Metal Arc*

**MPI** - *Multipoint Interface*

**PID** - *Proportional–Integral–Derivative*

**PLC** - *Programmable Logic Controller*

**PMC** - *Programmable Motion Control*

**PPP** - *Picking, Packing, e Palletizing ou Placing*

**SAW** - *Submerged Arc Welding*

**SCADA** - *Supervisory Control and Data Acquisition*

**SCARA** - *Selective Compliance Articulated Robot Arm*

**SFC** - *Sequential Function Chart*

**ST** - *Structured Text*

**TCP** - *Transmission Control Protocol*

**TIG** - *Tungsten Inert Gas*

**USB** - *Universal Serial Bus*



## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, no sector da indústria, tem-se assistido a um mercado extraordinariamente competitivo. Daí resulta a necessidade de desenvolver e construir produtos de uma forma rápida e eficiente, que seja associada a baixos custos e, acima de tudo, que possuam muito boa qualidade final. Razões como estas levam a que a indústria esteja obrigatoriamente sujeita a uma necessidade de melhoria constante, para aumentar a sua produtividade e garantir uma posição de destaque no mercado em que se encontra inserida.

Neste contexto, é importantíssimo que as indústrias possuam células robotizadas para garantir celeridade nos processos de fabrico, acomodar a introdução de alterações regulares nos produtos fabricados e permitir que as alterações do produto não façam com que o investimento inicial tenha constituído um desperdício de recursos escassos. Utilizando células robotizadas, as alterações no processo normal de funcionamento não implicam, em geral, custos elevados, apenas exigindo a reprogramação das mesmas. Estas aliam a regularidade no funcionamento ao rigor no fabrico, aos baixos custos de produção e a uma elevada qualidade nos resultados das tarefas que desempenham. A realização de tarefas em que a sua execução se torna mais fácil utilizando robôs, é possível muitas vezes devido ao desenvolvimento de células de dimensão bastante elevada.

Fazem parte integrante das células robotizadas, maioritariamente, os robôs manipuladores. Estes podem desempenhar variadíssimas tarefas e garantir um trabalho realizado, em quantidade e qualidade, muitíssimo superior aos de um operador humano. Para os administradores das empresas, são encarados como um meio para atingir um fim: uma de mão-de-obra mais barata, mais precisa e regular, que resulta num processo produtivo mais rápido e que gera produtos com melhor qualidade. Do ponto de vista dos operadores humanos permite libertá-los do desempenho de tarefas pesadas e repetitivas, por vezes em ambientes muito agressivos.

Assim, cada vez mais, a indústria aposta na automatização robotizada, de modo a poder obter produtos de forma mais rápida, com menos desperdícios, de melhor qualidade e com um baixo custo.

### 1.1 Apresentação da empresa Motofil Robotics

Fundada em 1981, a Motofil Robotics iniciou a sua atividade especializando-se na fabricação de motores elétricos, fio esmaltado e equipamentos de soldadura.

A procura contínua de vantagens competitivas conduziu a Motofil ao investimento em novas tecnologias para otimização dos processos de fabrico, nomeadamente na área da robótica.

Com uma política de satisfação do cliente e qualidade do produto, a Motofil expandiu a sua empresa, ao criar delegações comerciais em Espanha, possibilitando assim uma maior resposta às solicitações do mercado.

Atualmente, a Motofil Robotics S.A é a sede do Grupo Motofil, constituído juntamente com as seguintes empresas:

- Motofil Serviços, Lda;
- Motofil Aeronáutica, Lda;
- Motomig – Soldadura, Lda;
- ACN – Máquinas Industriais Lda;
- irm2 – Sistemas, Lda;
- Motofil Cutting – Equipamentos de corte, Lda;
- Motofil Brasil;
- Motofil México.

A Motofil Robotics apresenta uma gama muito variada de soluções robotizadas para a soldadura por arco e resistência. Desenvolve e integra, igualmente, aplicações de manipulação, corte e quinagem flexível, entre outros.

O produto é concebido e fabricado segundo uma filosofia de construção tipo máquina-ferramenta, sendo as estruturas e demais componentes maquinados, estabilizados e retificados, utilizando igualmente componentes comerciais de primeira qualidade, mundialmente reconhecidos.

Em 2008 foi criada a Motomig Soldadura com a missão de produzir fio de soldadura de elevada qualidade e produtividade. Produção de fio SG2 para a soldadura Mag e AS para arco submerso.

A Motofil Serviços surgiu em Abril de 2009 para fornecer serviços de corte, construção soldada e peças maquinadas de elevada qualidade e a um preço competitivo.

Assente na sua estratégia de crescimento e para dar resposta aos seus clientes na área de corte, nasce em 2010, a Motofil Equipamentos de Corte, Lda uma empresa destinada à conceção de máquinas de: Corte térmico por oxicorte, corte térmico por plasma, misto com oxicorte + plasma + furação e fresagem, corte térmico com laser.

A Motofil Aeronáutica surge em 2013 como um desafio, trabalhar para um sector exigente como o da Aeronáutica, iniciando a atividade com o fornecimento de ferramentas e moldes para esta indústria.

Atualmente o Grupo Motofil exporta para vários países como: Espanha, Austria, França, Alemanha, Republica Checa, Brasil, México, Estados Unidos, estando em curso a expansão de novos mercados.

Sendo a exportação uma forte aposta do Grupo Motofil foram criadas as delegações no Brasil, México, Espanha e Estados Unidos.

Está presente nas seguintes áreas de negócio: indústria automóvel; aeronáutica; cutelarias e utensílios domésticos; equipamento agrícola; indústria de bicicletas e motociclos; mobiliário metálico; mobiliário urbano; esquentadores e caldeiras; equipamento hospitalar; equipamento para construção civil; energias alternativas; construções metálicas; máquinas universais e outras

indústrias onde os processos produtivos exigem, cada vez mais, a inclusão de aplicações robotizadas.

Para responder eficazmente às exigências competitivas, apostam na constante formação de colaboradores e clientes.

O grupo Motofil Robotics apresenta-se hoje, como uma empresa em constante desenvolvimento e bem posicionada no mercado internacional.

## **1.2 Objetivos**

O principal objetivo deste estágio é proporcionar um primeiro contacto com o mundo do trabalho, facilitando a integração no mesmo, através da participação nas diversas atividades desenvolvidas pela empresa, de modo a aplicar e desenvolver os conhecimentos adquiridos ao longo do percurso académico.

Para a realização deste estágio foi proposto um acompanhamento de todas as etapas de conceção das máquinas de soldadura de modo a compreender as técnicas, programas, e ferramentas que são usadas no dia-a-dia. Numa primeira fase o acompanhamento e posterior produção dos quadros elétricos e montagem da instalação. Numa segunda fase a parte de projeto elétrico e pneumático, execução de esquemas e manuais. Terceira parte programação de HMI e programação de autómatos. Por último testes de funcionamento e entrega da máquina no cliente.

## **1.3 Organização do documento**

Este documento encontra-se dividido em cinco capítulos:

- O presente capítulo contém a introdução ao relatório, a apresentação da empresa onde foi realizado o estágio, os objetivos e a organização do documento;
- No segundo capítulo são abordadas as principais tecnologias e equipamentos que fundamentam os trabalhos realizados durante a realização do estágio;
- No terceiro capítulo encontra-se uma introdução a algumas das máquinas sobre as quais foi possível desenvolver trabalho ao longo do estágio e as tecnologias presentes nas mesmas;
- O quarto capítulo consiste na exposição do trabalho de instalação, parametrização e arranque das máquinas na fábrica e no cliente;
- No quinto e último capítulo são apresentadas as conclusões referentes à realização do estágio e dos projetos nele desenvolvidos.



## 2 Estado da Arte

Na Automação industrial associada à Robótica Industrial os robôs industriais são aqueles que apresentam o melhor rácio entre o custo de produção por unidade de produto, em relação ao volume de produção, para pequenos/médios volumes de produção. Estes trazem vantagem a nível produtivo da robótica, visto que com as características atuais de mercado (elevada concorrência, produtos em parte definidos pelos clientes, produtos com tempo de vida curtos, uma maior qualidade a menor preço, entre outros), as empresas não produzem para terem grandes *stocks*, produzem apenas em pequena ou média escala, ou seja, consoante as encomendas que surgem. Estes motivos levaram à crescente implementação de robôs, e a utilização quer em ambiente industrial, quer em processos de investigação e desenvolvimento. Esses desafios de integração e desenvolvimento têm como base a interação dos operadores humanos com os robôs manipuladores, pois estes coabitam em ambiente industrial. Nestas circunstâncias, é necessário criar interfaces que possibilitem a sua comunicação/ interação.

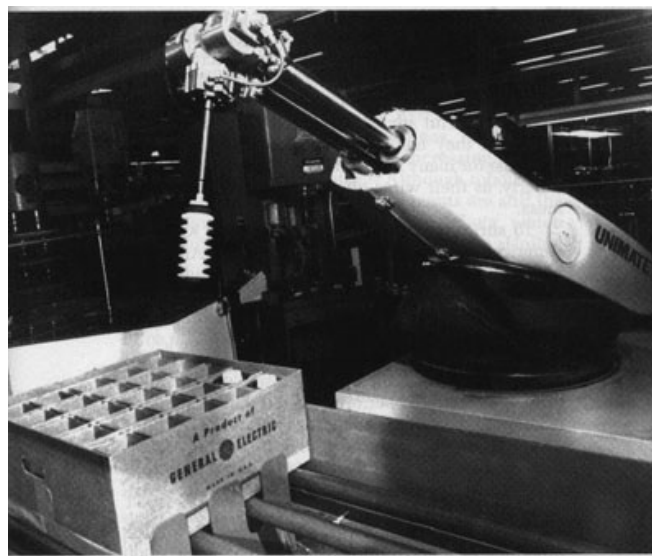


Figura 2.1 - General Motors instala o 1º robô industrial em New Jersey (1961) [1]

Atualmente, nas fábricas modernas, existe uma grande colaboração entre o trabalho humano e o trabalho realizado por elementos de automação industrial (robôs manipuladores e móveis, autómatos programáveis, equipamentos pneumáticos e hidráulicos, entre outros). Essa realidade coloca enormes desafios à área de integração e desenvolvimento, pois é necessário criar dispositivos e *softwares* de *Human-Machine Interface* (HMI), bastante simples, intuitivos e, acima de tudo, seguros. Isso deve-se à baixa previsibilidade humana, que coloca os sistemas automáticos em situações difíceis, nomeadamente, em sistemas que não podem parar com frequência (linhas de produção, visto estarem dependentes de outros processo). O processo

produtivo automatizado é um processo que foi estudado e racionalizado em fases. Este encontra-se organizado em células flexíveis de fabrico, cada uma destas realiza um determinado número de tarefas sobre as matérias-primas ou produtos semi-acabados, até que estes cheguem a ser o produto final a entregar ao cliente. O percurso entre o armazém de matérias-primas até ao armazém de produtos acabados apresenta várias fases, que estão associadas à transição de uma célula flexível para a seguinte. Os locais onde se armazenam os produtos semi-acabados nas diferentes fases de transição denominam-se *buffers*. Os produtos semiacabados poderão passar por vários estados do produto até este representar um produto acabado.

As várias etapas pelas quais os produtos necessitam de percorrer até serem finalizados ou até mesmo para a sua identificação, obrigou as empresas a desenvolverem meios de obter informações detalhadas, em tempo real, sobre as várias fases de produção. Isto levou à criação de uma organização hierarquizada do processo, o que permitiu tornar o mesmo mais eficiente, mais equilibrado e com níveis de produtividade mais elevados. Permitindo assim, que, durante o processo de produção, haja troca de informação entre os vários níveis funcionais das empresas, tornando-o assim, um processo integrado. Quem desenvolve os equipamentos de automação industrial tem perfeita noção da organização moderna das empresas, assim sendo, adapta os seus equipamentos aos ambientes destas, para que se consiga uma exploração exaustiva dos mesmos.

No mercado nacional, os sistemas com organização do tipo CIM (Computer Integrated Manufacturing) usam os robôs antropomórficos para aplicação de soldadura por arco, soldadura por pontos, carga/descarga de máquinas e manipulação em geral (incluindo PPP – Picking, Packing, e Palletizing ou Placing(Figura 2.1)).

Na indústria atual, o uso da robótica industrial vai desde as micro-empresas até as maiores empresas nacionais, sendo que, por vezes, estas chegam a ter número semelhante de trabalhadores e de manipuladores instalados. A indústria automóvel é o grande cliente de manipuladores industriais (o caso da AutoEuropa e de alguns fabricantes de componentes), que realizam tarefas de soldadura e manipulação. No entanto, os produtores de bens de consumo e equipamentos também apresentam alguma relevância. Têm surgido novas aplicações para setores inesperados, como por exemplo: cortiça (produção de rolhas e paletização de aglomerados), fruticultura (movimentação intermédia na embalagem e final de linha), vinho (paletização), calçado (colagem), vidro (recolha do vidro para moldes e paletização), madeira (paletização e movimentação intermédia), plásticos (extração de máquinas de injeção, soldadura, corte, controlo de qualidade) e moldes (maquinação).

Deste modo, pode então dizer-se que, tendo em conta a escala no que diz respeito à quantidade, em termos de avanços tecnológicos na área da robótica de manipulação industrial, Portugal se encontra ao nível das maiores economias mundiais, pois apresenta uma enorme variedade de aplicações.

## 2.1 Soldadura por Arco Elétrico

Existem diferentes processos de soldadura por arco elétrico utilizando corrente alternada, corrente contínua e corrente pulsada. Alguns dos processos são manuais e outros mecanizados. O mais comum é o eletrodo revestido MMA (Manual Metal Arc), MIG/MAG (Metal Inert Gas/Metal Active Gas) e TIG (Tungsten Inert Gas). Existe também a soldadura (e corte) por plasma e a soldadura por arco submerso, que habitualmente são mecanizados.

### 2.1.1 MMA

O processo de soldadura por eletrodo revestido é o processo de soldadura por arco elétrico mais comum, utilizando habitualmente eletrodos revestidos com comprimento de cerca de 200-400 mm. O arco é estabelecido entre a extremidade do eletrodo e a peça a ser soldada, derretendo o eletrodo dentro da junta. Cada eletrodo leva cerca de 45 a 90 segundos para ser consumido, formando então o cordão de soldadura. Este processo é levado a cabo quer com corrente alternada quer contínua, com uma tendência nos últimos anos para a corrente contínua. Além disso, estão também a ser cada vez mais utilizadas pequenas máquinas com tecnologia *inverter* (inversor), particularmente em serviços de manutenção e em usos domésticos. A corrente de soldadura depende da dimensão do eletrodo, das características das peças a soldar e principalmente do tipo de material e espessura, variando normalmente na gama 40-400 A. Neste tipo de equipamento, o comprimento dos cabos varia entre os 3m e os 10m, tendo os mais usuais 3 ou 4m.

### 2.1.2 MIG/MAG

Nos processos de soldadura por MIG/MAG, o eletrodo é substituído por uma bobine de arame que é alimentada de forma contínua através da tocha. Estes processos são normalmente semiautomáticos, podendo contudo ser robotizados. A soldadura pode processar-se de forma continuada por vários minutos, sendo normalmente limitada pelo tamanho da peça a soldar ou pela necessidade do soldador mudar de posição. O processo MIG/MAG é predominantemente contínuo, contudo recentemente foi desenvolvido um processo a corrente alternada mas que não é muito utilizado. Além disso, a corrente de soldadura pode ser pulsada a 10-150 Hz entre um baixo nível de intensidade de corrente (50 A) e um valor elevado de pico (habitualmente 400-600 A).

### 2.1.3 TIG

O processo TIG é utilizado principalmente na soldadura de componentes de precisão em aço inox, ligas de níquel e alumínio. O arco é estabelecido entre um eletrodo de tungsténio não consumível e o componente a ser soldado. Se for necessário efetuar enchimento, é fornecida uma vareta externa que é derretida no banho de fusão. A soldadura TIG é efetuada utilizando corrente contínua e alternada (30-300Hz) para o alumínio e corrente pulsada (2 Hz – 20 kHz). A corrente de soldadura varia entre 5 – 500 A.

#### **2.1.4 Arco Submerso**

A soldadura por arco submerso é um processo mecanizado semelhante ao processo MIG/MAG, em que o arco é submerso sob o fluxo de soldadura ao longo da junta, em vez de ser protegido com um gás de proteção. Este tipo de soldadura é efetuada utilizando corrente contínua ou alternada com intensidades até os 1500 A, ou eventualmente superiores.

#### **2.1.5 Plasma**

O processo de soldadura por plasma é semelhante ao TIG, contudo o eletrodo está recuado na tocha e o arco do plasma é apertado por meio de um orifício estriado. Este processo pode ser manual ou mecanizado e utiliza normalmente corrente contínua ou pulsada. Pode também ser utilizado para cortar caso o ar seja substituído por um gás inerte.

#### **2.1.6 Conceitos de Funcionamento**

Os equipamentos de soldadura variam em complexidade entre um simples transformador e um microprocessador que controla uma fonte de alimentação com *inverter*. Ao longo dos últimos anos, os principais desenvolvimentos ocorreram na aplicação da tecnologia *inverter* de forma a tornar as fontes de alimentação mais pequenas, leves e com melhor desempenho e eficiência energética. Numa fonte de alimentação com *inverter* a entrada monofásica ou trifásica (AC) é primeiro retificada, filtrada (DC) e de seguida comutada para alta frequência através do inverter gerando-se elevada voltagem e baixa amperagem (AC). Normalmente, passa de seguida por um transformador onde é convertida em baixa voltagem e elevada amperagem. O secundário é depois retificado e filtrado para dar uma saída em corrente contínua. Por conseguinte, embora a saída seja nominalmente contínua pode conter uma onda de alta frequência, produzindo assim um campo magnético a esta frequência. Atualmente as frequências de comutação passaram de alguns kilohertz para cerca de 100 kHz. Além disso, a soldadura pulsada é cada vez mais aplicada, em particular para a soldadura MIG, para melhorar as características do arco e reduzir as projeções de soldadura.

## 2.2 Automação e Robótica

Pode designar-se por automação em contexto industrial como uma tecnologia que engloba sistemas mecânicos e eletrónicos assistidos por computador na operação e controlo de produção. Pode-se dar como exemplo as linhas de montagem, centros de maquinagem e robôs.

### 2.2.1 Tipos de Automação

Podemos definir 3 tipos de automação:

- **Automação dedicada**

Mais indicada para tarefas específicas onde o volume de produção é elevado. O projeto é fundamental uma vez que abarca um grande investimento inicial e a mudança de componentes pode conduzir à obsolescência do sistema.

Estes sistemas são eficientes e fiáveis e têm um custo de operação relativamente reduzido. Exemplo: a automação dedicada é encontrada na indústria automóvel, na produção de componentes do motor e transmissão (Figura 2.2). [2]

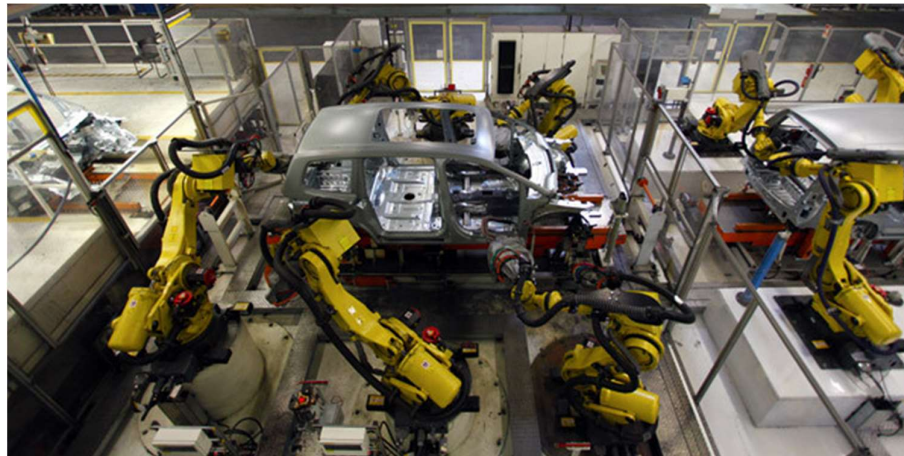


Figura 2.2 – Linha de produção de carroçarias AutoEuropa. [3]

- **Automação programável**

É mais utilizada quando o volume de produção é relativamente reduzido ou há uma grande variedade de produtos a serem fabricados. Neste caso, o sistema de produção pode ser facilmente adaptável a alguma variação na configuração de produtos e, por este motivo, existe a possibilidade de uma mistura variável de produtos caso seja uma produção contínua. [2]

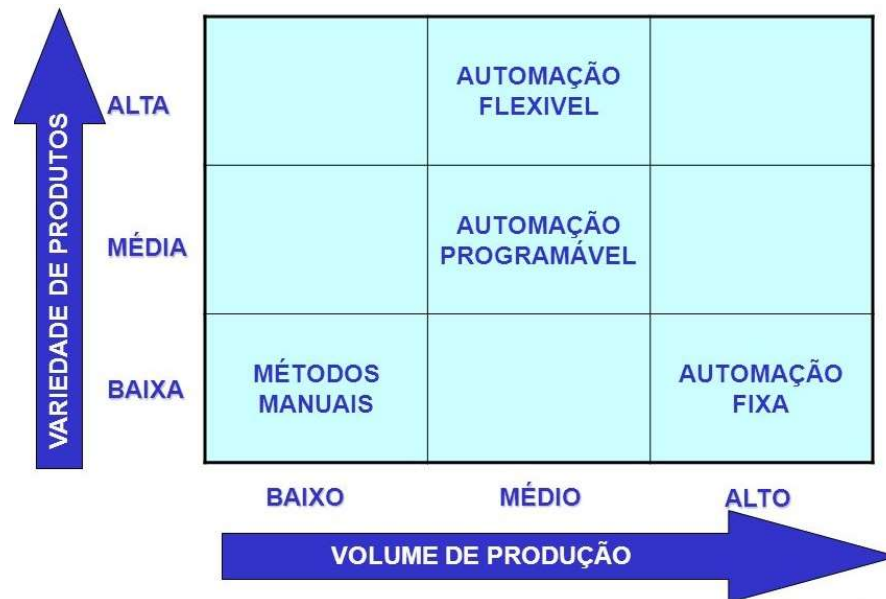


Figura 2.3 - Relação entre os tipos de automação. [4]

- **Automação flexível**

Conforme se pode observar na Figura 2.3, a automação flexível está entre a automação dedicada e a automação programável, o que leva a crer que tenha algumas das características de uma e outra. Verifica-se, então, que a automação flexível é programável para diferentes configurações de um dado produto, por sua vez, a variedade dessas configurações é limitada. [2]

Uma das grandes diferenças entre a automação flexível e programável é que nesta última os produtos são produzidos em lotes e no final podem ser reconfigurados/programados para produzir lotes de outro produto, já na automação flexível podem ser produzidos vários produtos ao mesmo tempo no mesmo sistema de produção. [2]

Os robôs industriais são utilizados, quer em sistemas de automação flexível quer em sistemas de automação programável.

### 2.2.2 Classificação de Robôs

Os robôs podem ser classificados utilizando critérios como: autonomia do sistema de controle, mobilidade da base, estrutura cinemática, forma de acionamento, graus de liberdade, geometria do espaço de trabalho, etc (Figura 2.4). [5]

Sistema de controle	Mobilidade da base	Estrutura Cinemática	Espaço de trabalho
Equipamentos teleoperados	<ul style="list-style-type: none"> <li>Veículo teleoperado</li> <li>Manipulador teleop.</li> </ul>		
Robôs	Móveis	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aquáticos</li> <li>Aéreos</li> <li>Terrestres</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Submarinos</li> <li>Marinos</li> <li>Pernas</li> <li>Rodas</li> </ul>
	Fixos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paralelos</li> <li>Série</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 - 6 GdL</li> <li>Cartesiano</li> <li>Cilíndrico</li> <li>Esférico</li> <li>Articulado</li> <li>SCARA</li> </ul>

Figura 2.4 - Classificação de robôs [5]

- **Robôs Humanóides:** conforme o nome indica, têm o aspeto do ser humano (Figura 2.5) e é possível interagir com praticamente todos os elementos com que o ser humano se relaciona. São constituídos por cabeça, tronco, membros superiores e membros inferiores. [6]



Figura 2.5 - Humanóide Toyota [5]

- **Robôs Móveis:** Os robôs móveis são capazes de se moverem de uma forma autónoma, permitindo que não se encontrem fixos e limitados a uma determinada zona. As movimentações efetuadas são com base no ambiente que os rodeiam, recolhendo sinais através de sensores. Estes robôs podem ter como meio de locomoção rodas, lagartas ou pernas (formato aranha). [6]

- **Robôs Industriais:** são capazes de manusear peças, ferramentas ou dispositivos, através de movimentos programados para a realização de uma variedade de tarefas e serão falados com mais detalhe no próximo capítulo [6]

### 2.2.3 Robôs Industriais

Os robôs são máquinas programáveis possuidoras de vários mecanismos de interface com outros equipamentos, tornando os robôs equipamentos flexíveis por natureza uma vez que se podem adaptar às mais diferentes tarefas. Esta importante característica aumenta a disponibilidade dos elementos robotizados para alterações de tarefas e operações, o que é crucial para responder de forma ágil a alterações de mercado ou à introdução de novos produtos. [7]

Nas fábricas modernas atualmente verifica-se uma grande mistura de trabalho humano e trabalho realizado por máquinas automáticas tais como robôs manipuladores e móveis, autómatos programáveis, equipamentos hidráulicos e pneumáticos, máquinas ferramenta.

Os robôs manipuladores substituem os operários humanos nos seguintes contextos [7]:

- **Trabalho perigoso para seres humanos:** é considerado o uso de um robô industrial quando o ambiente no qual a tarefa é desempenhada é perigoso, inseguro, nocivo à saúde, desconfortável, ou de certa forma, desagradável. Alguns processos são fundição, forjamento, pintura por pulverização (*spray*) e soldadura por arco elétrico.
- **Peças de difícil manuseio:** Peças ou ferramentas muito pesadas para que pessoas manuseiem encontram-se dentro das capacidades de um grande robô. Se a tarefa envolve o manuseio de peças ou ferramentas que são pesadas ou difíceis de manipular, um robô industrial pode ser disponibilizado para realizar a tarefa.
- **Operação em múltiplos turnos:** a substituição por um robô proporciona retorno financeiro mais rápido pois o robô pode ser equivalente a vários trabalhadores, uma vez que pode trabalhar ininterruptamente.
- **Ciclo de trabalho repetitivo:** esta característica também tende a promover o uso de um robô em detrimento de um operário humano. Se a sequência de elementos no ciclo for a mesma e os movimentos simples, um robô geralmente consegue desempenhar o ciclo de trabalho com mais consistência e repetibilidade que um operador, traduzindo numa maior qualidade do produto final.

As aplicações na indústria onde os robôs manipuladores são mais utilizados [7]:

1. Soldadura por arco elétrico e soldadura por pontos;
2. Empacotamento e paletização;
3. Manipulação e transporte;
4. Corte e acabamento;
5. Montagem;
6. Abastecimento de máquinas;
7. Aplicação de materiais para selagem e colagem;
8. Pintura;
9. Inspeção.

Os robôs industriais seguem os seguintes parâmetros [6]:

- Graus de liberdade: para controlar por completo a orientação do extremo de um braço robótico podem ser necessários 6 eixos – 3 eixos para alcançar qualquer ponto no espaço e mais 3 eixos (2 sentidos de giro e aperto);
- Cinemática: a disposição dos membros e juntas determinam os movimentos de um robô. As categorias cinemáticas incluem os articulados, cartesianos, paralelos e SCARA;
- Ambiente de trabalho: a região de um espaço que um robô pode alcançar;
- Capacidade de carga;
- Velocidade: a rapidez com que um robô pode mexer o braço;
- Precisão: o quão próximo da região desejada o robô pode alcançar. A precisão pode variar com a velocidade e com o ambiente de trabalho e pode ser aumentada através da calibração;
- Controlo dos movimentos: para o desempenho de tarefas como a soldadura, os movimentos do braço devem ser controlados (velocidade e orientação), já para outro tipo de tarefas tais como montagens repetitivas, o robô apenas precisa executar rapidamente um número limitado de posições pré-programadas;
- Fonte de energia: podem ser utilizados motores elétricos (mais rápido – usado em aplicações como pintura a spray) ou atuadores hidráulicos (mais forte – usado em aplicações de movimentação de cargas pesadas);
- Acoplamento: pode ser direto quando os motores são acoplados, como o próprio nome indica, diretamente às juntas ou indireto – através de caixas de redução.

## 2.2.4 Robôs na soldadura

Os robôs concebidos especificamente para executarem aplicações de soldadura por arco, são caracterizados pelas suas dimensão reduzida, com motores extremamente rápidos, uma excelente aceleração e uma boa capacidade de repetição entre ciclos. Devido a sua agilidade a carga útil suportada por este tipo de robôs é reduzida e ronda os 5 a 20kg dependendo dos modelos com alcances até 2 metros. Estes estão pensados para suportar as ferramentas de soldadura (Tocha, Cabos, Alimentador de fio), a rondar os 5 a 15kg conforme as características dos equipamentos, embora possam ser utilizado para outras tarefas como PPP. (Figura 2.8)



Figura 2.6 – Robô de soldadura ARC Mate 100iC/12 [8]

### 2.2.4.1 Soldadura por Arco Elétrico

Quando a soldadura por arco é realizada manualmente requer a utilização de um técnico especializado – soldador – assistido por outro operário – o preparador – que prepara as partes a soldar. O ambiente de trabalho não é agradável na medida em que há calor intenso, fumos, faíscas, correntes elétricas elevadas e emissão de raios ultravioletas que obrigam a utilização de viseiras protetoras. É por este motivo que se considerou a automação por sistemas dedicados ou por sistemas robotizados. [7]

A utilização de robôs traz alguns desafios técnicos e económicos. A ocorrência de variações dimensionais e geométricas nos componentes a soldar representam um dos maiores obstáculos em termos técnicos. Em termos económicos, como a soldadura por arco costuma ser empregue na fabricação de pequenas quantidades de produtos constituídos por muitos componentes e, além disso, com diferentes processos de fabrico envolvidos, torna difícil a justificação da utilização de robôs. Outro desafio provém do facto de a soldadura por arco ser realizada em locais de difícil acesso como depósitos interiores de navios e reservatórios, e nestes ambientes a flexibilidade inerente a um homem tem um papel significativo em termos económicos também. [7]

Soluções [7]:

- Correções no processo produtivo de tal forma que os componentes a soldar não criem problemas durante o processo. Esta alternativa é muito interessante pois contribui para a qualidade total do produto final e simplifica o processo de soldadura. A desvantagem é que aumenta os custos de produção dos referidos componentes e envolve um acréscimo de trabalho.
- Garantir que o robô possa acomodar e compensar erros dimensionais geométricos e de preparação de juntas a soldar durante o processo. Esta solução passa pela utilização de diversos tipos de sensores como sistemas de visão, do processamento da informação recolhida e atuação em tempo real para que seja possível o seguimento da junta e a correção de parâmetros de soldadura (Figura 2.7). Esta alternativa representa uma área com muito potencial de aplicação ainda em fase de desenvolvimento.

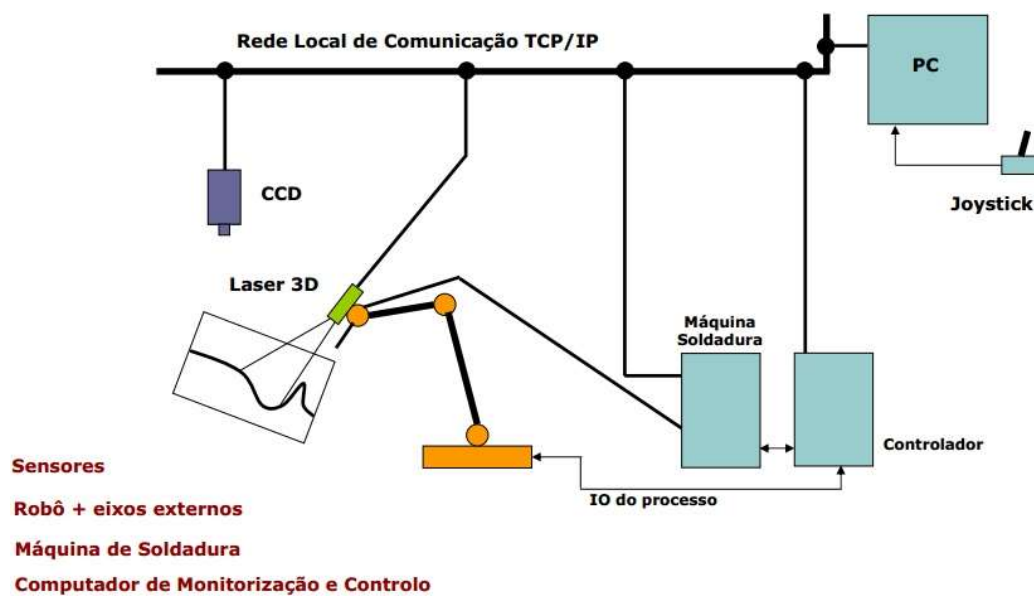


Figura 2.7 - Componentes de um Sistema Robotizado de Soldadura. [9]

## 2.2.5 Braços Robóticos

Os braços robóticos usados para manipulação de objetos ou posicionamento de ferramentas, foram desenvolvidos para imitar o “braço humano” na realização de tarefas. Deste modo é possível fazer uma analogia dos sete graus de liberdade do “braço humano” para o braço robótico, uma junta de três graus de liberdade (o ombro), seguida de uma junta com um grau de liberdade (o cotovelo) e por outra com três graus de liberdade (o punho). A grande maioria dos robôs manipuladores tem, geralmente, seis eixos, que lhe permitem atingir qualquer posição/orientação no seu espaço de trabalho, desde que não atinjam os pontos de singularidade. A existência das singularidades representa uma perda de mobilidade no manipulador industrial, mas, desde que conhecidas, estas podem ser evitadas aquando da realização do trabalho. Como no braço humano, os robôs manipuladores industriais usam as primeiras juntas para posicionamento (no homem representam o cotovelo e o ombro) das juntas seguintes. As últimas juntas dos robôs (representando o punho do ser humano), são utilizadas para pequenos ajustes de posição ou orientar o elemento-terminal (última junta do robô ou um qualquer tipo de ferramenta acoplada). (Figura 2.8)

O punho tem geralmente duas configurações: pitch-yaw-roll (YXZ), como o punho humano, ou roll-pitch-roll (ZYZ), também denominado de punho esférico. Este último é o mais usado na robótica de manipulação devido à sua maior simplicidade, apesar de apresentar singularidades.

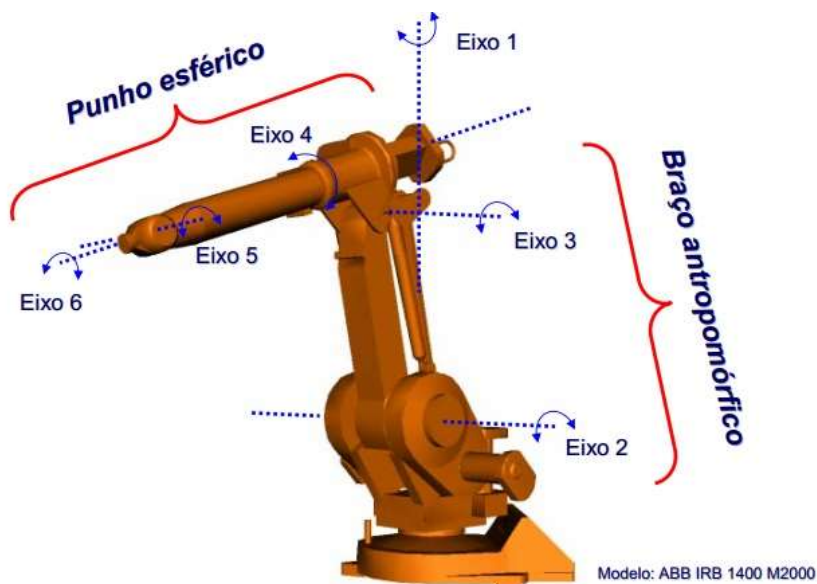


Figura 2.8 - Manipulador antropomórfico utilizado em soldadura. [10]

## 2.3 Sistemas de Controlo

A Automação Industrial visa principalmente a produtividade, qualidade e segurança dos processos. Num sistema típico, toda a informação dos sensores é concentrada num controlador programável que define o estado dos atuadores, de acordo com o programa em memória. Com o aparecimento de instrumentação inteligente, as funções executadas no controlador programável tem uma grande tendência a serem migradas para os instrumentos de campo. Uma contribuição adicional importante dos sistemas de Automação Industrial é a conexão do sistema de supervisão e controlo com sistemas corporativos de administração das empresas. Esta conectividade permite a partilha de dados importantes da operação diária dos processos, contribuindo para uma maior agilidade no processo de decisão e maior confiança nos dados que suportam as decisões dentro da empresa, para assim melhorar a produtividade.

### 2.3.1 Programmable Logic Controller (PLC)

*“Os controladores lógicos programáveis – PLC’s - são desenvolvidos para efetuar tarefas de lógica programada, temporização, contagem e operações matemáticas em alta velocidade, substituindo contadores auxiliares, temporizadores e contadores eletromecânicos com vantagens como a otimização de espaços, facilitando significativamente as atividades de manutenção”.* [11]

Este conceito nasceu dentro da indústria automóvel americana, especificamente na Hydronic Division da General Motors, em 1968. Este aparecimento foi devido à grande dificuldade de mudança dos painéis de comando a cada alteração efetuada na linha de montagem, uma vez que tais mudanças implicavam altos gastos de tempo e dinheiro. Sobre a liderança do engenheiro Richard Morley, foi preparada uma especificação que refletia as necessidades de muitos utilizadores de circuitos que utilizavam relés, não só da indústria automóvel, mas em toda a indústria de manufatura em geral. Nascia assim, um equipamento bastante versátil e de fácil utilização, que tem vindo a ser progressivamente melhorado, diversificando cada vez mais os sectores industriais e as suas aplicações, o que se traduz num mercado que movimenta muitos milhões de Euros por ano. Desde o seu aparecimento até hoje, muita coisa evoluiu nos controladores lógicos, como a variedade de tipos de entradas e saídas, o aumento da velocidade de processamento, a inclusão de blocos lógicos complexos para tratamento das entradas e saídas e principalmente o modo de programação e a interface com o utilizador. PLC é o tipo de controlador de maior aplicação na indústria. Possui elevada capacidade de processamento. Funciona em tempo real, é projetado para controlar múltiplas entradas e saídas e também para funcionar em ambientes hostis, pois suporta grandes variações de temperatura e tem imunidade a ruídos elétricos e elevada resistência a vibração e impacto. Os programas são geralmente construídos numa aplicação específica num computador e depois transferidos para o PLC por cabo ou via rede, sendo armazenados em memórias não voláteis.

Os principais fabricantes de PLS's são: a Klocner Moeller – WEG; a Autos – Aromat; a Atos – Siemens e Allen Bradley.

Todos os PLCs possuem as seguintes características [12]:

- Contadores: permitem a contabilização de atividades. Na maioria dos PLC, os contadores são de alta velocidade para utilizações mais exigentes;
- *Timers*: permitem a implementação de funções de temporização;
- Registos: permitem a escrita e consulta de dados em memória. A capacidade de memória aumenta muito com a gama do PLC e podem guardar desde *bits* a *double words*;
- Entradas e Saídas Digitais e Analógicas: às entradas são usadas para receber sinais dos vários dispositivos que constituem o sistema onde está instalado o PLC, já as saídas são utilizadas para atuar periféricos escravos. Alguns PLC tem um esquema modular, permitindo a expansão de I/O com módulos dedicados a funções específicas;
- Possibilidade de ligação remota: de modo geral, todos os PLC permitem comunicações por ligações ponto-a-ponto, normalmente por RS232 ou RS485. Os mais avançados, podem suportar redes Ethernet baseadas em TCP/IP, redes CAN e Profibus, etc.;
- Operações lógicas elementares: permitem manipular informação e construir sequências lógicas de instruções essenciais ao seu funcionamento;
- Funções matemáticas: muito úteis para cálculo de determinadas variáveis. O número das possíveis funções matemáticas depende muito da gama do PLC utilizado;
- Funções avançadas de controlo: por exemplo, blocos PID já construídos e configuráveis pelo utilizador é uma das funções normalmente existente nos PLC de gama média e alta;
- Atualmente, os PLC apresentam velocidades de execução da ordem de 0,5 a 1.8  $\mu$ s por instrução, o que é uma performance bastante considerável.

### **2.3.1.1 Componentes de PLCs**

A estrutura característica de um PLC (Figura 2.9) é:

- CPU (*Central Processing Unit*) é o elemento central do equipamento. É a CPU que executa o controlo das instruções, comunica com outros equipamentos (outros PLCs, programas distribuídos, I/O distribuídos) e desempenha as atividades internas como diagnósticos. É também responsável por todas as operações matemáticas, por gerir *timers*, contadores e outras funções especiais. A memória do programa é a zona de memória destinada a conter o programa em execução, sendo que os registos atualizados das entradas e saídas, o registo das operações matemáticas, lógicas e registos do utilizador são guardados na memória de trabalho. [12]

- Entradas: Comutadores, botões, sensores (sensores fotoelétricos, sensores de proximidade, Pressostatos, Detetores de nível, Sondas de Temperatura e Vacuostatos) e Encoders (Codificadores incrementais ou absolutos). [13] Permite a ligação dos captadores que lhe estão associados, transformando o sinal elétrico num sinal lógico 0 ou 1.
- Saídas: Permite agir sobre os pré-acionadores que lhe são associados e transformam o estado lógico (0 ou 1) num sinal elétrico. Podem ser válvulas, motores; atuadores; relés de controlo; alarmes; lâmpadas; contadores e bombas.

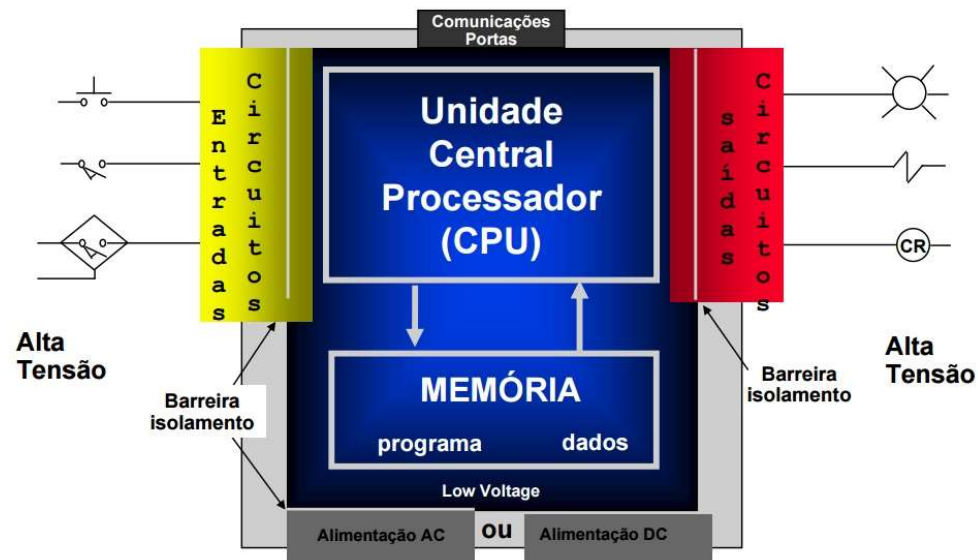


Figura 2.9 - Componentes de um PLC [13]

### 2.3.1.2 Ciclo de Funcionamento

O ciclo de funcionamento de um PLC tem 4 etapas continuamente repetidas – processadas em *loop*: (Figura 2.10) [13]

1. Leitura das entradas: lê o estado das entradas;
2. Execução do programa: processa o programa;
3. Atualização das saídas: liga / desliga as saídas;
4. Housekeeping (Controlos internos): esta etapa inclui diagnósticos, comunicações, etc.



Figura 2.10 - Ciclo de funcionamento de PLC [13]

### 2.3.2 Norma IEC 1131-3

A crescente complexidade na programação dos PLC's motivou a necessidade de normalizar as linguagens. Sobre a direção do IEC (*International Electrotechnical Commission*) foi definida a norma IEC 1131-3 (3ª parte da norma IEC 1131, atualmente identificada por IEC 61131) para a programação dos PLC's, tendo em Agosto de 1992 alcançado o estatuto de norma internacional.

Esta norma é a terceira parte das cinco que constituem a norma IEC, e foi criada com o objetivo de unificar os diferentes padrões de linguagem usados pelos vários fabricantes de dispositivos de controlo programáveis em 1979. Este grupo tinha como objetivo analisar o projeto completo de PLCs (inclusive *hardware*), instalação, testes, documentação, programação e comunicações e designou 8 frentes de trabalho para desenvolver diferentes partes da norma para PLCs.

Esta norma contém:

- IEC 1131-1- Informações gerais (1992)

Estabelece as definições gerais dos termos utilizados na norma e identifica as principais características relevantes para a seleção e aplicação de controladores programáveis e seus periféricos;

- IEC 1131-2- Especificações e ensaios de equipamentos (1992)

Contém os requisitos mínimos para as características funcionais, condições de serviço, características de construção e condições de segurança e testes aplicáveis aos controladores programáveis e periféricos associados;

- IEC 1131-3- Linguagens de programação (1993)

Especifica a sintaxe e a semântica de um conjunto unificado de linguagens de programação para controladores programáveis

- IEC 1131-4- Guias para o utilizador (1994)

Contém um guia de aconselhamento dos utilizadores de PLC's para as diversas fases de projeto de automação;

- IEC 1131-5- Serviços de comunicação

Contém informação sobre as comunicações entre PLC's de diversos fabricantes, assim como comunicações entre outros sistemas que utilizem o mesmo protocolo de comunicações.

Resumindo, a IEC 1131-3 é a única norma global para programação de Controlo Industrial. Uma interface de programação padrão permite a pessoas com diferentes capacidades e formações, criar elementos diferentes de um programa durante estágios diferentes do ciclo de vida de um *software*: especificação, projeto, implementação, teste, instalação e manutenção. A norma IEC 1131-3 e pode ser dividida em duas partes:

- Elementos comuns;
- Linguagens de Programação.

A norma inclui a definição da linguagem *Sequential Function Chart (SFC)*, usada para estruturar a organização interna do programa, e de cinco linguagens: Lista de Instrução (IL), Texto Estruturado (ST), Diagrama de Blocos de Funções (FBD), Diagrama de Contactos (LD) e Diagrama Ladder (LD).

Vantagens da norma IEC 1131-3:

- Diminuição dos problemas de formação;
- Homogeneidade na documentação das aplicações: estrutura de programas idêntica, objetos pré-definidos, etc;
- Variedade de linguagens *standard*: cada função de uma aplicação pode ser programada na linguagem que melhor se adapte para assegurar o melhor resultado;
- Facilidade para a portabilidade dos programas.

### **2.3.2.1 Linguagens de Programação**

Com o objetivo de tornar a norma adequada a uma grande variedade de aplicações, foram definidas cinco linguagens de programação para PLC's (gráficas e textuais), constituindo estas uma forte base para uma boa programação dos PLC's. [14]

- Lista de Instruções – *Instruction List (IL)*

A IL é uma linguagem de baixo nível composta por uma sequência de instruções, na qual se executa uma instrução por linha. A sua estrutura é muito semelhante à da linguagem Assembler. A principal vantagem da IL advém do facto de dispor de um conjunto de funções básicas que podem ser utilizadas para construir uma aplicação complexa. Esta linguagem é muito útil na elaboração de pequenas aplicações onde a otimização do código é fundamental para garantir a performance da aplicação. Uma das desvantagens da IL prende-se com o tempo despendido na elaboração dos programas

- Texto Estruturado – *Structured Text (ST)*

O ST é uma linguagem de alto nível, cuja sintaxe é parecida com a da linguagem Pascal. A utilização de texto estruturado torna a linguagem ST fácil de utilizar. A linguagem ST pode ser empregue para realizar rapidamente aplicações que operam com uma grande variedade de variáveis de diferentes tipos de dados, incluindo valores analógicos e digitais. A ST é uma linguagem adequada para a implementação de algoritmos matemáticos complexos. Deste modo, esta linguagem pode também ser utilizada para simplificar longos programas elaborados em diagramas de contactos ou diagramas de funções.

- Diagrama de Funções – *Function Block Diagram (FBD)*

O FBD permite o desenvolvimento de programas em ambiente gráfico, através da utilização de blocos de funções existentes na biblioteca de blocos de funções do IEC. A linguagem FBD é adequada para o desenvolvimento de aplicações que envolvem o fluxo de informação ou dados entre componentes de controlo. O FBD é particularmente cómodo de utilizar do ponto de vista de técnicos habituados a trabalhar com circuitos de portas lógicas, já que a simbologia utilizada em ambos é equivalente.

- Diagrama de Contactos – *Ladder Diagram (LD)*

O LD é uma linguagem de programação gráfica que utiliza um conjunto de símbolos de programação normalizados. Os símbolos tradicionais do LD são as bobines e os contactos. No entanto, o IEC permite a inserção de blocos de funções no programa, tornando a linguagem mais versátil. Esse passo tem em vista a migração progressiva dos tradicionais esquemas lógicos com relés para métodos mais avançados de diagramas de blocos de funções. O LD está principalmente orientado para resolver problemas de automatismos combinatórios

- Gráfico Sequencial de Funções – *Sequential Function Chart (SFC)*

O SFC é uma linguagem gráfica que proporciona uma representação do processo em forma de diagrama, particionando-se o programa em sequências lógicas. Foi especialmente desenvolvida para resolver problemas de automatismos sequenciais. O gráfico é constituído por um conjunto de etapas e transições. As acções a executar são associadas às etapas e as condições a cumprir às transições. Como consequência das aplicações industriais funcionarem em forma de etapas, o SFC é a forma lógica de especificar e programar em mais alto nível um programa para PLCs.

### 2.3.3 Human Machine Interface (HMI)

Uma interface apoiada por computador - também conhecida como interface homem-máquina (Human Machine Interface - HMI), é a parte de um programa de computador que comunica com o utilizador. Na Norma ISO 9241-110, o termo interface de utilizador é definido como "*todas as partes de um sistema interativo (de software ou hardware) que fornecem informações e controlo necessários para que o utilizador realize uma determinada tarefa com o sistema interativo.*" A interface (HMI) é o ponto de ação no qual o operador está em contato com a máquina e costuma ser implementado com recurso a um ecrã tátil.

Pode-se definir HMI como:

- Canal de comunicação entre o homem e o computador, através do qual interagem, com vista atingir um objetivo comum;
- Conjunto de comandos de controlo do utilizador mais as respostas do computador, constituídos por sinais (gráficos, acústicos e tácteis);
- Parte de um sistema computacional com a qual uma pessoa entra em contacto físico, perceptual e conceitual.

Em suma, uma HMI permite disponibilizar informação, alertas e comandos para um utilizador interagir com uma máquina ou sistema de automação. O *hardware* utilizado pela HMI é normalmente equipamento dedicado, embora possam ser utilizados dispositivos de utilização quotidiana, como um *tablet*.



Figura 2.11 – Monitorização e Controlo Remoto [15]

Quando uma interface é bem projetada, ela é intuitiva, agradável e controlável. Os utilizadores sentem-se seguros ao realizar as suas ações. A importância da interface torna-se evidente, pois todos somos utilizadores e alguns aspetos reforçam esta importância, tais como [16]:

- Aumento da complexidade dos sistemas;
- Preocupação com a qualidade do *software* de acordo com a característica da usabilidade (conforme as definições da Norma ISO/IEC 9126-1).

Os objetivos destes interfaces são os de produzir sistemas seguros, funcionais, versáteis. Esses objetivos podem ser resumidos como:

- Desenvolver ou melhorar a segurança;
- Utilidade;
- Efetividade;
- Usabilidade: neste contexto, o termo sistemas refere-se não somente ao *hardware* e *software*, mas a todo o ambiente que usa ou é afetado pelo uso da tecnologia computacional.

Durante o projeto de interface é necessário que se faça uma análise mais detalhada, como especificação de requisitos, módulo de qualidade e perfil dos utilizadores. A participação do utilizador durante o processo de desenvolvimento da aplicação é de extrema importância, pois ajuda a diminuir os erros, propicia a maior interação e entendimento do utilizador, cativa a curiosidade e interesse e, por fim, ajuda a ter maior aceitação do produto [16].

Em acréscimo, as HMI são passíveis de inclusão no projeto original da máquina ou sistemas de automação, ou mesmo posteriormente em projetos de remodelação tecnológica motivada pela necessidade de dotar sistemas de produção de maior capacidade e eficiência ou implementar normas de segurança e higiene no trabalho e/ou ambientais (Figura 2.12).



Figura 2.12 - HMI Industrial [17]

### **2.3.3.1 Sistemas HMI / SCADA**

As HMI podem encontrar-se no domínio industrial como elemento de interface de sistemas SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) e DCS (*Distributed Control System*) que controlam e monitorizam processos, ou em máquinas singulares, designadamente CNC (*Computer Numerical Control*).

Os sistemas SCADA são plataformas de aquisição e controlo de dados para automação. Permitem um controlo de componentes físicos através de representações gráficas abstratas, com o objetivo de manter uma supervisão rápida e eficiente de processos industriais. [18]

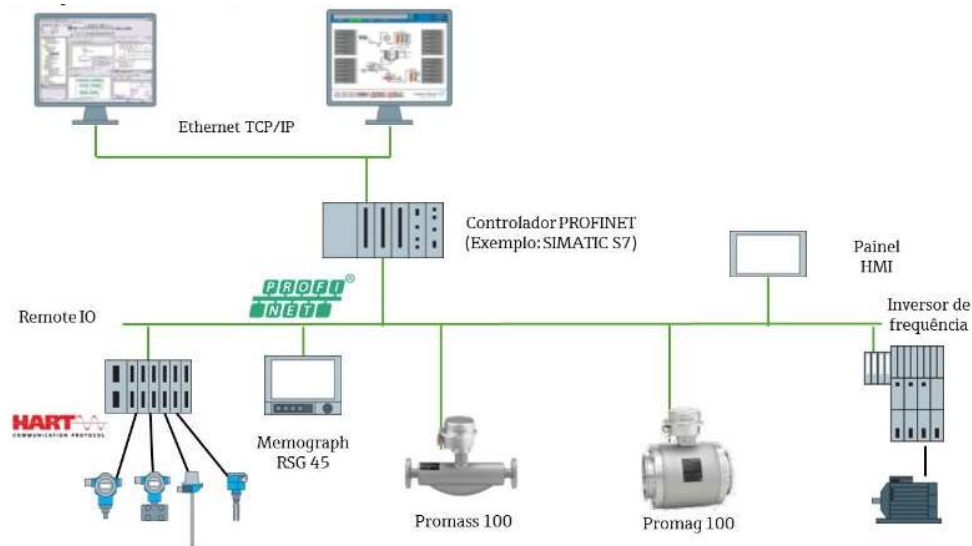


Figura 2.13 - Arquitetura de rede [19]

Vantagens da utilização de um sistema HMI / SCADA [18] (Figura 2.13):

- Aumentar a eficiência: a partir das informações geradas em tempo real permite identificar falhas e conseqüentemente otimizar as tomadas de decisão para manter o processo de operação;
- Operar remotamente no processo: permite intervenção no processo remotamente;
- Analisar as tendências: é possível tomar ações proactivas para maximizar a produção baseado no histórico das informações da base de dados;
- Alarmes: sinaliza em tempo real, alguma falha no processo e regista essa falha na base de dados para consultas futuras;
- Criação de relatórios e gráficos: possibilidade da criação de relatórios e gráficos sobre os alarmes e tendências.

### 2.3.4 Componentes Elétricos

Os componentes elétricos são uma subdivisão dos componentes eletrônicos. O conceito de elemento elétrico é usado na análise de circuitos elétricos. Qualquer rede elétrica pode ser modelada decompondo-a em múltiplos, interconectados elementos elétricos. Deste modo as células robotizadas são constituídas por vários componentes elétricos tais como: disjuntores; fontes de alimentação; motores; variadores; barreiras óticas; HMI's; PLC's; objetos sinalizadores; atuadores; entre outros.

### 2.3.4.1 Quadros Disjuntores

Um quadro de distribuição é um equipamento elétrico designado a receber energia elétrica de uma ou mais fontes de alimentação e distribuí-las a um ou mais circuitos. Em qualquer instalação elétrica, é necessário saber como realizar os procedimentos correspondentes à execução de um projeto elaborado previamente, em conformidade com as especificações previstas na norma ISO 13849/2006 (norma que regulamenta a segurança de máquinas – partes dos sistemas de comandos relativos à segurança).

Os disjuntores protegem os circuitos que alimentam as cargas em todo o ambiente (seja residencial ou comercial). Existem dois barramentos contendo os condutores neutro e de proteção onde o primeiro deve estar isolado eletricamente do quadro de distribuição e o segundo (de proteção) deve estar acoplado a ele, constituindo portanto a proteção dos circuitos contra choques no contato indevido com superfícies conduzindo energia, sendo que este encontra-se ligado ao aterramento geral da instalação.



Figura 2.14 - Disjuntor de MT de vácuo até 24KV [20]

*“O disjuntor Evolis associado a um conjunto de componentes e ferramentas de design forma uma oferta completa para construir um quadro de distribuição Masterpact (MT) personalizado. A gama Evolis proporciona tranquilidade aos nossos parceiros, os fabricantes de quadros”. [20]*

### 2.3.4.2 Fontes de Alimentação

Uma fonte de alimentação é um equipamento usado para alimentar cargas elétricas. Cada dispositivo eletroeletrônico necessita de uma fonte para prover energia para os seus componentes. Esta energia pode variar de acordo com a carga que este equipamento usa. Estas fontes de energia podem ser de corrente contínua como um conversor AC/DC ou um regulador de tensão, pode ser um regulador linear, fonte de energia AC, Fonte de alimentação ininterrupta ou fonte de energia de alta tensão.



Figura 2.15 - Fonte de alimentação DRT-240 da Mean Well [21]

### 2.3.4.3 Variadores

Um variador de velocidade AC, também conhecido como conversores de frequência, variadores de frequência ou *inverters*, é uma unidade eletrônica de potência para o controlo contínuo da velocidade de motores de indução. O controlo da velocidade economiza energia, protege a rede elétrica e a máquina, assim como incrementa a qualidade e o volume de produção.



Figura 2.16 - Gama de variadores de velocidade da Nord [22]

A família de inversores SK 500E da NORD Drivesystems está disponível para motores com potência nominal de 0,25 - 132 kW (160 kW desde meados de 2014). Devido à sua forma construtiva muito compacta ela está pré-destinada para a instalação econômica em espaço no Painel Elétrico [22].

Destaques técnicos [22]:

- Controlo vetorial de corrente sem sensores, que assegura rotações constantes e torques muito elevados na partida em caso de cargas variáveis;
- 200 % De reserva para sobrecarga, levando a maior segurança operacional em guindastes e aplicações elevatórias;
- Um *chopper* de frenagem integrado para a operação em 4 quadrantes;
- Um filtro de rede integrado, como base para um desempenho ideal de compatibilidade eletromagnética fazem parte do equipamento básico de toda a gama, assim como um PID - ou controlador de processo;
- Os controladores assumem as tarefas de controlo da sua aplicação de forma independente;
- Pode-se escolher entre Inversores com fonte 24 V integrada ou conexão separada para a alimentação externa.

#### 2.3.4.4 Barreiras Óticas (BO)

Um sistema de barreiras óticas é constituído por uma barreira emissora e uma barreira recetora de luz infravermelha, os quais por norma são monitorizados por relês de segurança. O funcionamento deste sistema consiste na emissão de luz por parte da barreira emissora e receção da luz emitida por parte do recetor, formando uma barreira de luz entre os dois (Figura 2.17). O emissor e recetor devem permanecer alinhados e sem obstáculos que impeçam a criação da barreira de luz, caso contrário é detetado a sua interrupção, sendo atuadas as saídas de segurança. Este tipo de equipamento é muito utilizada por motivos de segurança, sendo muitas vezes colocado em pontos de acesso as máquinas para criar uma área de segurança entre a máquina e o operador.



Figura 2.17 - Sistema de barreiras óticas Sick [23]

### 3 Soluções Desenvolvidas

Durante o período de estágio na Motofil as soluções desenvolvidas incidiram sobre a melhoria de máquinas já existentes e que estão constantemente a sofrer alterações por vários motivos, como por exemplo inovações, pedidos específicos de clientes, entre outros. Visto que no decorrer do estágio o funcionamento da empresa não permitiu o acompanhamento do início ao fim de uma instalação por diversos motivos tais como clientes no estrangeiro, longos períodos de projeto e montagem. Optou-se então por definir uma linha de trabalho em que fosse possível passar por todos os passos, para isso foi necessário acompanhar vários projetos e intervir apenas em partes de projeto, em alterações de projeto ou melhorias. Para a elaboração deste relatório de estágio o foco permanece em dois modelos de máquina, Mesa H e a Coluna de Soldadura, pois foram os que mais tempo ocuparam e onde foi possível desenvolver e adquirir mais conhecimento. O trabalho desenvolvido durante todo o estágio abordou diversas áreas, como por exemplo programação robôs (Fanuc); programação de autómatos Siemens e Fanuc; protocolos de comunicação (Ethernet, Profinet, Can, Profibus); desenvolvimento de HMI's (Beijer e Weintek); projeto elétrico (SEE Electrical); escolha, pesquisa e seleção de materiais; e desenvolvimento de um apalpador (Seam Tracker).

#### 3.1 Tipos de máquinas Mesa H e Coluna de Soldadura

Neste capítulo será abordada uma descrição das duas máquinas onde foi possível desenvolver mais trabalho durante o tempo de estágio. As máquinas abaixo descritas podem variar em dimensões e características, pois as soluções que são produzidas na Motofil são moldadas as especificidades dos clientes, e das peças a operar.

##### 3.1.1 Mesa H

Este tipo de máquina (Figura 3.1) é constituída por uma mesa em forma de H (**A**), um ou dois robôs de soldadura (**B**) com a possibilidade de acrescentar um terceiro robô para extração de peças, uma plataforma de base e fixação da instalação (**C**), proteções de segurança (**D**) e uma campânula de extrações de fumos provenientes da soldadura (**E**). O nome Mesa H é devido a geometria da mesa em forma de H, esta possui três eixos de rotação servo-controlados, sendo o primeiro para rodar a mesa em 180° graus ( $\omega_1$ ), o segundo é o terceiro são usados para rodas a ferramenta de trabalho que é acoplada a cada lado da mesa ( $\omega_2$ ,  $\omega_3$ ). No segundo e terceiro por norma são acoplados aros com posicionadores normalmente designados por gabaritos, que têm como objetivo de verificar a presença, forma, posição e dimensão das peças a soldar. Os motores servo-controlados funcionam como eixos estendidos do robô, sendo o seu posicionamento controlado a partir da consola do robô, do mesmo modo que se operam os eixos do robô facilitando assim o posicionamento dos robôs e a sincronização de movimentos entre os dois na área de trabalho do robô (Figura 3.2 (**C**)).

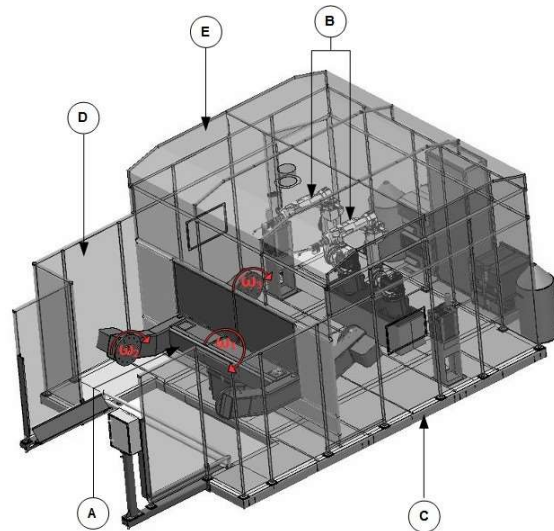


Figura 3.1 - *Layout* geral da célula [24]

Modo de funcionamento:

1. Montagem das peças no gabarito e posterior validação do mesmo pelo operador;
2. A mesa gira de maneira a que o gabarito montado e validado passe para a zona do robot e, por sua vez, o que estava no robot, passa para a área de trabalho do operador ficando a espera de nova peça e validação;
3. O robot tem a função de soldar as peças montadas no gabarito validado;
4. Em caso de não haver anomalias no processo, após a validação do próximo gabarito, a mesa gira e repete-se todo o processo novamente.

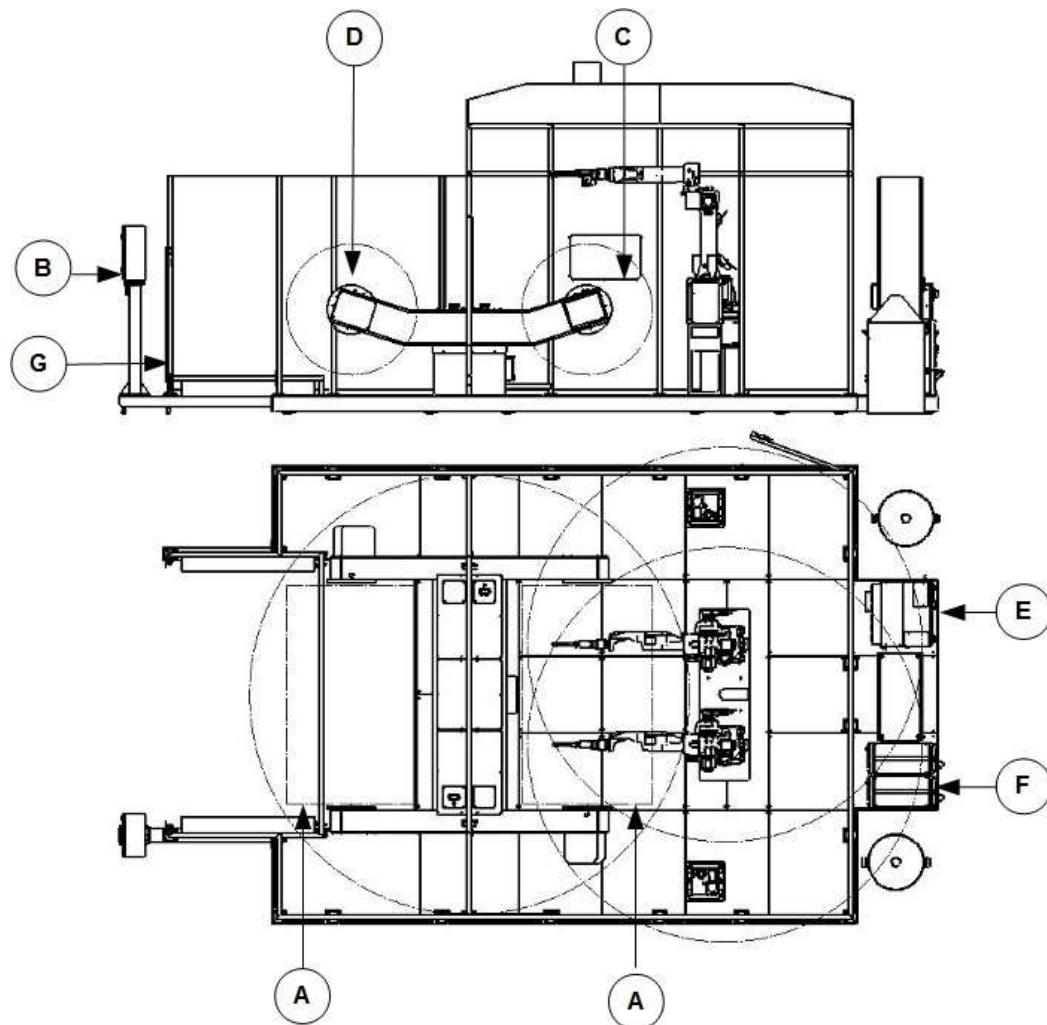


Figura 3.2 - Áreas de trabalho de uma mesa H [24]

Legenda:

- A. - Aro para gabarito;
- B. - Painel de comando;
- C. - Zona do robô;
- D. - Zona do operário;
- E. - Controlador;
- F. - Equipamento de soldar;
- G. - Barreiras óticas.

### 3.1.2 Coluna de Soldadura Simples

“Equipamento em construção soldada, de elevada rigidez por forma a garantir uma flexão mínima do braço, sendo que os movimentos são garantidos por meio de guias lineares de precisão. Contém 5 eixos motorizados e 6 eixos de movimentação (X, W, Z, Y, y1, y2), para soldadura MIG/MAG, TIG e SAW” [24]. O sistema de soldadura é fornecido pela Motofil ou pelo cliente podendo ser SAW em tanden, simples, MIG/MAG, TIG ou ainda combinado.

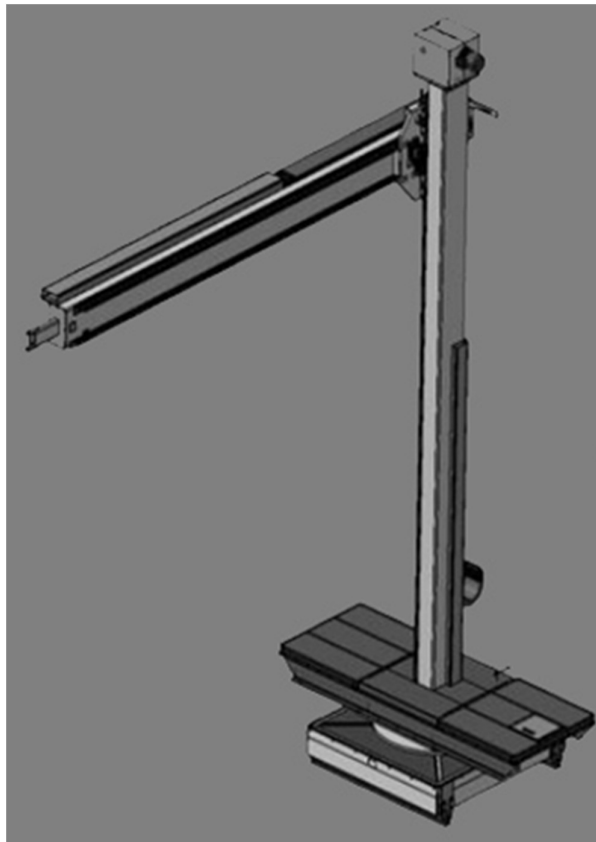


Figura 3.3 - Coluna de Soldadura Simples [24]

É constituído por (ver dimensões na Tabela 3.1):

- Carro: motorizado, eixo X – movimento de translação horizontal sobre carris;
- Coluna: motorizado opcionalmente, rotação W – coluna montada sobre uma roda de coroa que permita a rotação entre 0 – 180°;
- Braço: motorizado, eixo Z vertical e eixo Y horizontal – montado sobre um carro com deslocamento vertical;
- Cabeçal de soldadura: está montado sobre um carro individual, acoplado ao braço ou fixo na extremidade do braço (Figura 3.4);
- Seguimento da Junta: conjunto com motorização no eixo vertical e horizontal.

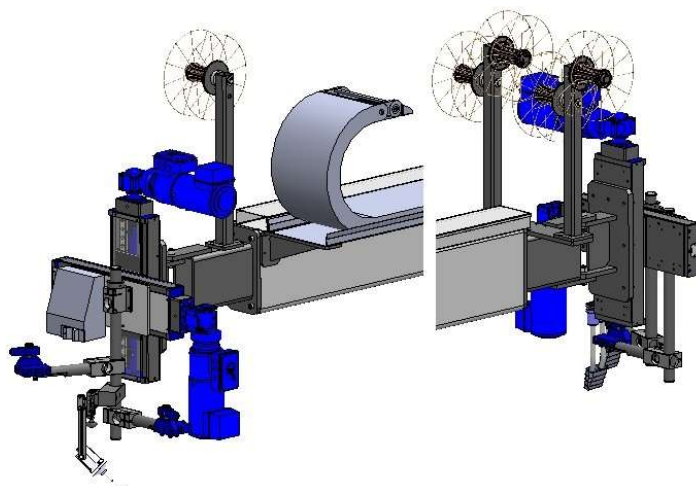


Figura 3.4 - Cabeçal nos dois extremos na Coluna de Soldadura [24]

Tabela 3.1 - Características Técnicas das Colunas de Soldadura [24]

Características técnicas		Unidade	Modelos					
			CB3030	CB4040	CB5050	CB6060	CBD6060	CB6030+30
Curso do braço (Y)		mm	3000	4000	5000	6000	3000+3000	
Curso da coluna (Z base)		mm	3000	4000	5000	6000	6000	
Altura mínima (braço – solo)	C/ carro	mm	N.A.	1450		1550	1550	
	S/ carro	mm	630	1090		885	885	
Altura máxima (braço – solo)	C/ carro	mm	N.A.	5350	6370	7600	7600	
	S/ carro	mm	3450	4720	5740	6935	6935	
Altura máxima total (B)	C/ carro	mm	N.A.	6630	7630	9200	9200	
	S/ carro	mm	5000	6000	7000	8535	8535	
Comprimento total braço (A)		mm	4300	5300	6300	7890	8390	
Velocidade máxima braço		mm/min	1800@50HZ					
Velocidade máxima coluna		mm/min	1800@50HZ					
Velocidade máxima carro		mm/min	1500@50HZ					
Velocidade máxima cabeçal e slide		mm/min	1400					
Potência acionamento braço		kW	2x0,55					
Potência acionamento coluna		kW	0,55					
Potência acionamento carro		kW	0,75					
Potência acionamento cabeçal e slide		kW	Servo motor DC					
Comprimento do carro (C)		mm	N.A.	1800	2400			
Largura do carro (D)		mm	N.A.	1800	2300			
Distância entre carris (E)		mm	N.A.	1450 (variável)	1960(variável)			
Altura do carro (F)		mm	N.A.	630	665			
Peso		Ton	–	–	–	15,5	17	16

### 3.1.3 Quadros Elétricos

Nos quadros elétricos produzidos nas instalações da Motofil podemos destacar dois tipos de estrutura de quadros, um é instalado dentro do controlador do robô ficando assim a ser o quadro elétrico geral da célula, o outro é o típico quadro/armário elétrico presente em todas as estruturas industriais.

Quadros dentro dos controladores Fanuc (Autômato - PMC) mesa H versão simples:

Este tipo de instalação é feita para economizar gastos de maneira a fornecer uma solução de baixo custo ao cliente, com todas as funcionalidades e equipamentos necessários. Deste modo não é instalado um quadro elétrico na instalação e é aproveitado o espaço dentro do controlador *Fanuc*. Para tal é necessário instalar duas platinas uma com a parte de alimentação, proteção e distribuição de potência da máquina a outro com a parte de controlo a 24V DC com os sinais e alimentação de componentes de controlo e comando instalados na porta do controlador como é possível ver na Figura 3.5.

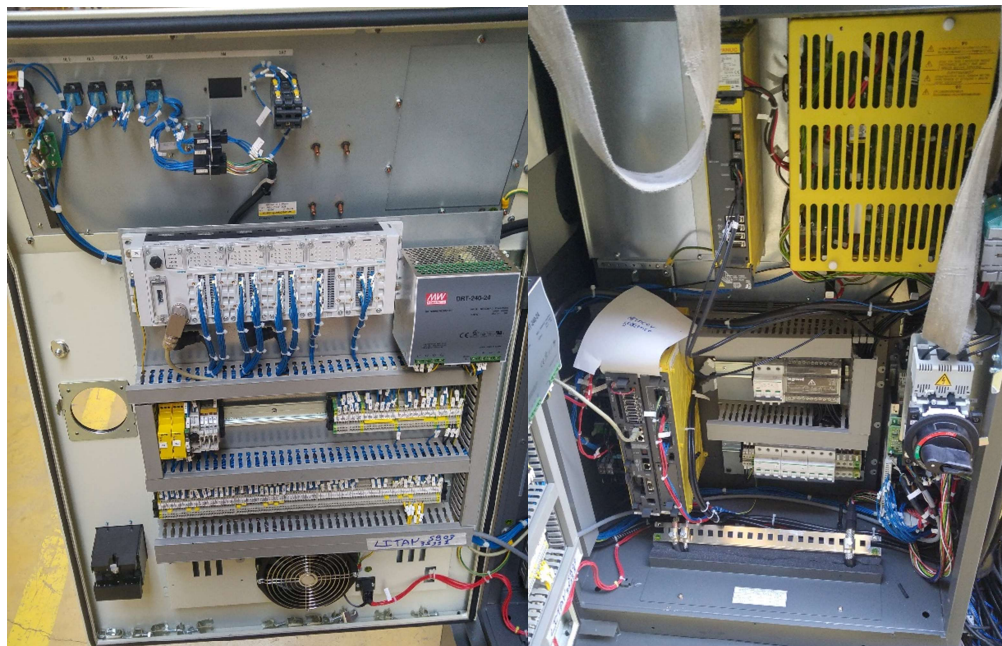


Figura 3.5 – Controlador Fanuc parte de controlo e de potência [24]

Quadros elétricos:

Nas instalações com um quadro elétrico podemos destacar dois tipos, uma para aplicações mais básicas com ou sem robôs, e outra para aplicações mais elaboradas nas quais é necessário autômatos com um maior desempenho e com características de segurança mais específicas denominadas *Safety*, que sejam capazes de fazer a gestão de vários processos simultaneamente assim como a gestão de vários robôs.

- No caso das instalações mais básicas com dimensão e complexidade reduzida como na coluna de soldadura (Figura 3.3) é utilizado um quadro elétrico como na Figura 3.6 este caso específico tem como principais características: vários variadores da Nord para controlar os movimentos da coluna e um autômato da gama S7-1200 da Siemens com três módulos de expansão de sinais digitais e um de sinais analógicos. Devido a dissipação do calor os dispositivos com maior dissipação encontram-se na parte superior do quadro elétrico (variadores e fontes de alimentação), junto ao ventilador do quadro. Esta gama de autômatos veio substituir a antiga gama do S7-200 a qual usava comunicação RS485 e Profibus, neste momento é possível programar autômatos diretamente via protocolo Ethernet, com recurso a uma programação mais simples e intuitiva num módulo compacto e expansível (Figura 3.7).



Figura 3.6 – Quadro Elétrico Coluna de Soldadura [24]

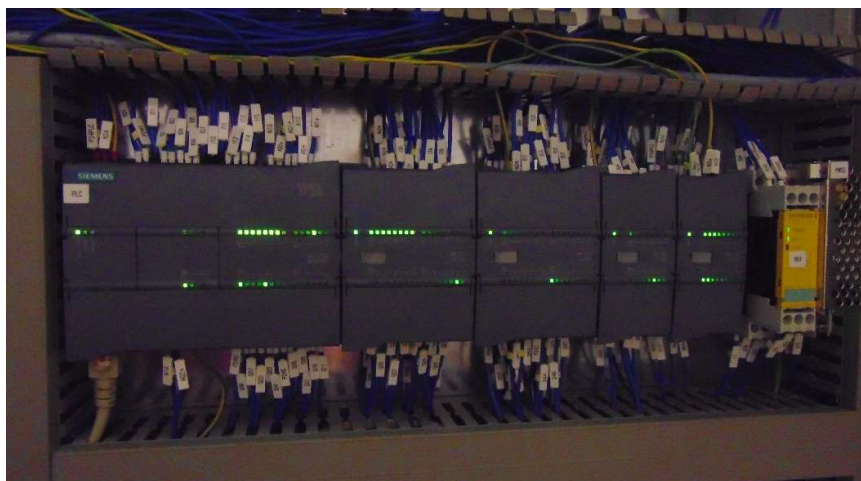


Figura 3.7 - PLC Siemens S7-1200 [24]

- Para as instalações mais complexas e de maior dimensão a estrutura do quadro elétrico mantém-se embora varie as dimensões conforme a quantidade de equipamentos a controlar. Em termos de autômatos é utilizado uma Siemens S7-300 com ligação a uma Siemens ET200S onde é feita ligação dos I/O's da instalação. A ET200s pode ser expandida dando a possibilidade de acrescentar entradas e saídas, módulos de comunicação e entradas e saídas *Safety*. Deste modo ficamos com uma unidade de processamento (PLC) separada da unidade de leitura e escrita (ET200S) conectados apenas por Profinet e com a possibilidade de poder desligar a parte de leitura de sinais sem ser necessário desligar a parte de processamento da máquina. A parte de reles de segurança pode ser integrada na ET200S usando cartas de Safety.



Figura 3.8 – Siemens ET200S

## 3.2 Programação de autómatos e robôs

A programação é a forma a partir da qual se consegue estabelecer a sequência de movimentos/tarefas desejadas. A linguagem de programação usada varia de construtor para construtor trazendo dificuldades na programação de robôs de marcas diferentes dentro da mesma célula.

Geralmente, esta programação era dita *online*, isto é, era feita através duma consola ligada ao controlador que obrigava a paragem da célula, trazendo quebras de produtividade e aumento do custo do produto por consequência, além de um nível de insegurança para o programador e célula robótica. A principal vantagem da programação *online* é não precisar adquirir software extra nem qualificações específicas por parte do operário. No entanto, graças à evolução natural que se tem dado nesta área, a programação também evoluiu. Primeiramente evoluíram as consolas de programação com interfaces mais intuitivos, ecrãs maiores e tácteis e hoje em dia, também a substituição da ligação através de cabos por redes sem fios.

Surgiu então a necessidade de fazer a dita programação de células robóticas sem que estas parassem, nascendo assim o método de programação *offline*. Atualmente já se consegue programar sem que a célula robótica pare, e através de ferramentas de simulação já é possível prever acidentes que possam ser perigosos para o programador / operário / célula robótica. Como principal desvantagem deste método é a necessidade de obter *software* específico sendo que é preciso efetuar-se ajustes por programação online devido a erros de modelação da célula virtual. [25]

### 3.2.1 Programação Siemens

O *software* de engenharia STEP 7 é o software de controladores SIMATIC da Siemens. Até a versão mais básica deste *software* oferece um acesso intuitivo e simples dos controladores da Siemens. A versão Basic dá uma plataforma compartilhada para programar controladores S7-1200 e painéis básicos da SIMATIC HMI, enquanto a versão Professional oferece mais possibilidades pois contém uma vasta seleção de editores de programas. [26]

Este *software* é de referência nesta área, uma vez que oferece uma significativa aceleração na eficiência de tarefas de automação: configuração de *hardware*, programação, comissionamento e serviço, comunicação, arquivo e documentação ou funções operacionais e/ou de diagnóstico. [26]

Ferramentas do STEP 7: [27]

- SIMATIC Manager: é o programa principal que administra os projetos STEP 7.
- STEP 7 “*Read Me*”: ou notas, dá informações com detalhe sobre a versão, procedimentos de instalação, etc.
- LAD, STL, FBD: é a ferramenta que serve para escrever programas de usuário STEP 7 em “Diagramas de Contactos”, “Lista de Instruções” ou “Diagrama de Blocos de Funções”.

- *Memory Card*: para armazenamento de programas de utilizadores em módulos EPROM. Dependendo da aplicação podem ser necessários diferentes *drivers*.
- *Configuring Networks*: para configuração de redes.
- *Setting the PG – PC Interface*: para seleccionar o endereço local do nó, velocidade de transmissão e o endereço de maior nó da rede MPI.
- *PID Control*: blocos destinados a resolver tarefas de controlo PID (malha fechada).
- *Converting S5 Files*: para converter programas STEP S5.
- *Configure SIMATIC workspace*: para configurar sistemas multi-usuário.
- *Converting TI files*: para converter programas SIMATIC TI.

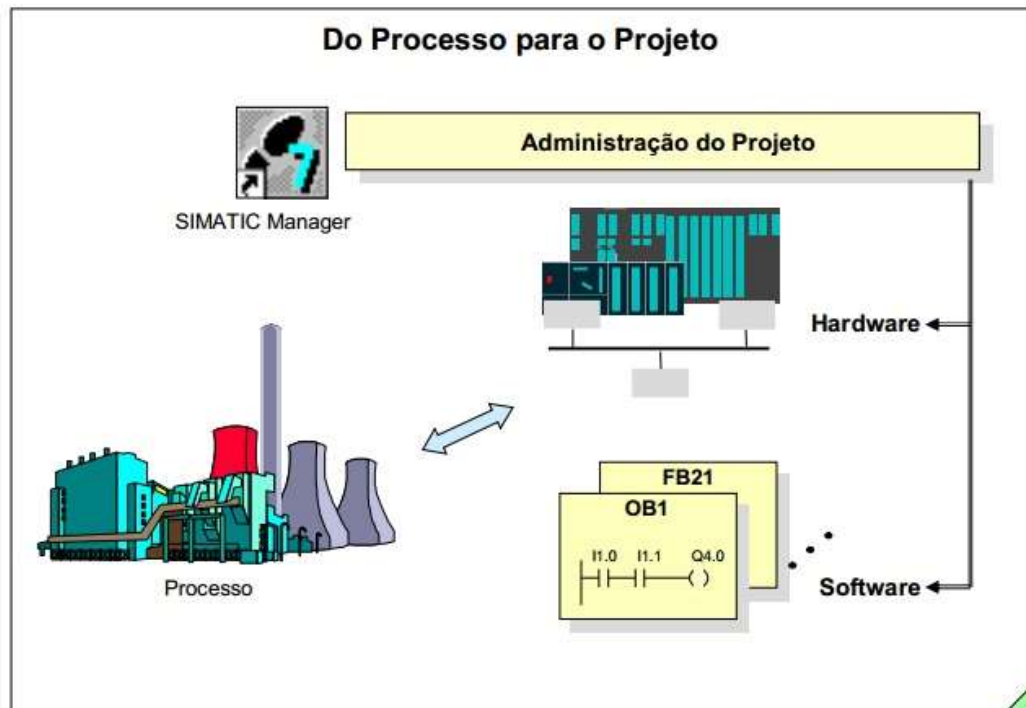


Figura 3.9 - STEP 7: Do processo para o projeto [27]

Processo: a primeira tarefa é desmembrar o processo de automatização em pequenas sub-tarefas separadas que formam um toda.

*Hardware e Software*: cada sub-tarefa tem que cumprir requisitos de hardware e software:

- “*Hardware*:
  - *Número e tipo de entradas e saídas*;
  - *Número e tipo de módulos*;
  - *Número de bastidores*;
  - *Capacidade e tipo da CPU*;
  - *Sistemas HMI*;
  - *Sistemas de Interligação em rede*.
  
- *Software*:
  - *Estrutura do programa*;
  - *Tratamento de dados para o processo de automatização*;
  - *Dados de configuração*;
  - *Dados de comunicação*;
  - *Documentação do programa e do projeto*”.

Projeto: abrange o *hardware* necessário (+ configuração), rede (+ configuração), todos os programas e o tratamento completo de todos os dados para uma solução com automação.

Estrutura do Projeto: Os dados são armazenados sob a forma de objetos e estes são organizados numa estrutura de árvore.

Hierarquia do Projeto:

- 1º Nível: contém o ícone do projeto.
- 2º Nível:
  - As estações são o ponto de partida para configurar o *hardware* e mostram onde estão armazenadas as informações para essa configuração.
  - As pastas “S7 Program” são o ponto de partida para o desenvolvimento dos programas. Estas contêm outras pastas para os blocos e arquivos fonte do programa.
  - Sub-redes: (MPI, Profibus, Industrial Ethernet) constituem uma rede completa

### 3.2.2 Consola de programação Fanuc (Teach Pendant):

A consola de programação da Fanuc permite de forma intuitiva movimentar todos os eixos do robô e assim criar rotinas de pontos as quais são gravadas para posteriormente serem usadas por o PLC. Todas as operações incluindo a programação e parametrização do robot realizam-se mediante esta unidade. Os dados e o estado do armário de controlo visualizam-se no display de cristal líquido (LCD) da consola.

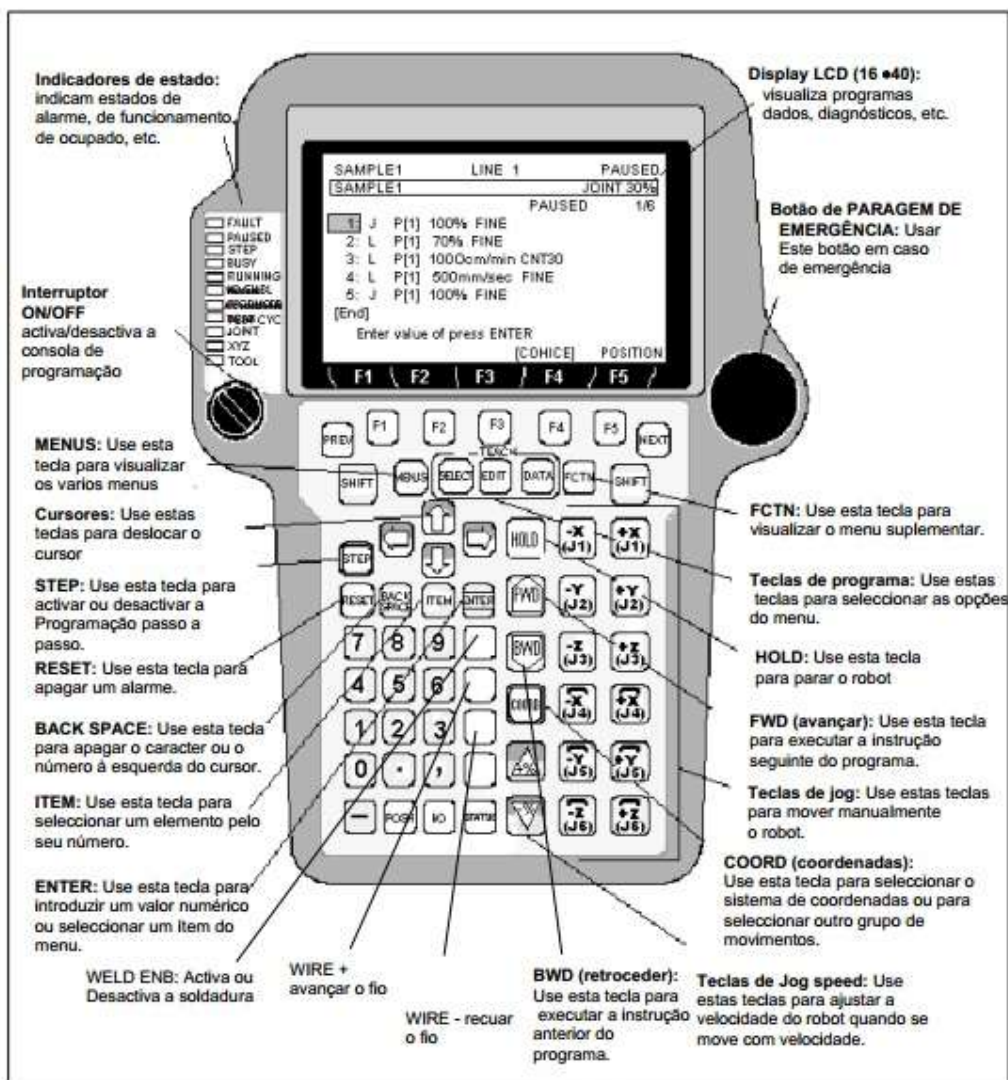


Figura 3.10 - Consola de programação Fanuc monocromática [8]

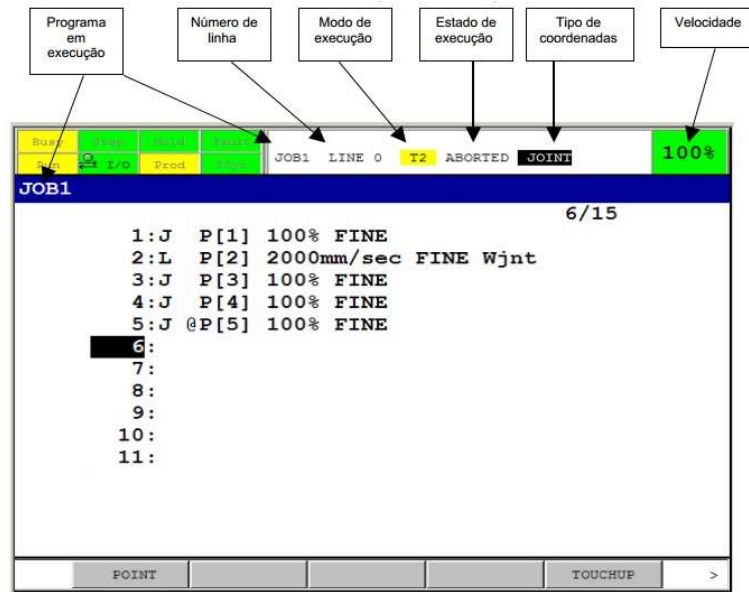


Figura 3.11 - Indicadores de estado para consola policromática [24]

### 3.2.2.1 PMC - Programmable motion control Fanuc:

O sistema de programação FANUC LADDER-III foi desenvolvido para criar, apresentar, editar, imprimir, monitorizar e depurar programas *ladder* em sequência para o *ladder* PMC (*Programmable Motion Control* = PLC integrado no robô) e é fácil de ligar através da Ethernet [8]. Este PLC integrado no robô permite executar tarefas relativamente básicas, que em muitos casos podem suprimir a necessidade de PLC externo numa instalação.

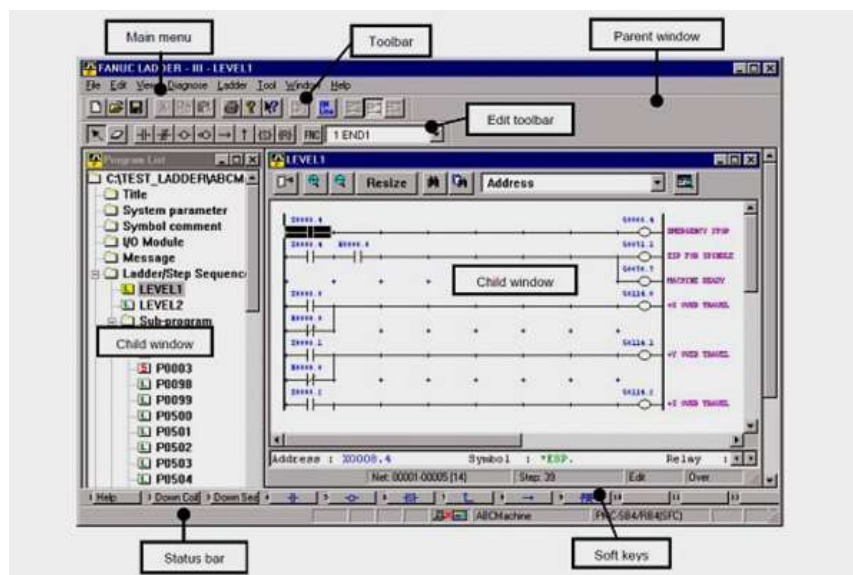


Figura 3.12 - Vista do Fanuc Ladder – III [8]

Arquitetura [28]:

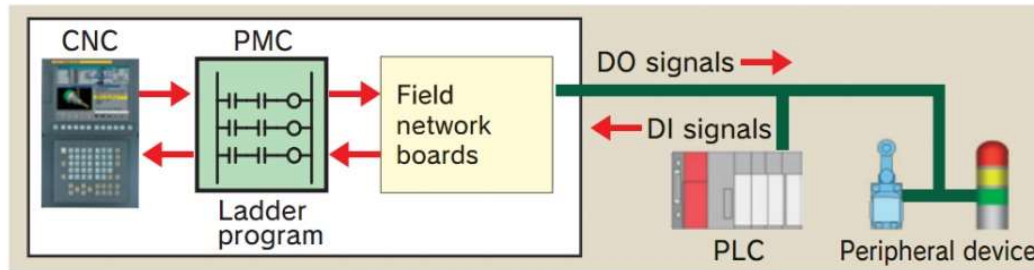


Figura 3.13 - Arquitetura Fanuc Ladder [28]

Programação base em *ladder*, com hipótese de ser modificada com recurso ao *software* Fanuc Ladder-III, que suporta *ladder* estendido adequado às necessidades da máquina, permitindo uma escrita mais simplificada e intuitiva de instruções complexas.

### 3.3 Criação e Implementação de HMI Weintek

A Weintek é o maior fabricante independente de HMIs a nível internacional.

Características básicas das HMI's WEINTEK [29]:

- “Sistema operacional baseado no LINUX e imune a vírus;
  - Acesso remoto via VNC (modelos com Ethernet);
  - Download/upload de projetos e dados pela internet via software EasyAccess;
  - Display LCD tipo TFT de alta resolução;
  - Interface serial MPI 187,5Kbauds para uso com PLC's SIEMENS S7-300/400;
  - Suporte para impressoras via USB ou serial;
  - Portas USB para pendrive, rato, teclado e leitor de código de barras;
  - Upload e download de programas via USB;
  - Temperatura de operação: 0 a 50°C;
  - Touchscreen de 10<sup>6</sup> operações;
  - Drivers de comunicação para a maioria dos PLC's do mercado: Modbus, LS, Rockwell, Siemens, Schneider, GE, ABB, SEW, Omron, Mitsubishi, Toshiba, Delta, Fatec, Hitachi, Koyo, Telemecanique, Beckoff e muitos outros, totalizando mais de 250 protocolos.”
- [29]



Figura 3.14 - HMI Weintek [30]

### 3.3.1 Siemens

O *software* de programação das consolas Weintek, EasyBuilder 8000/PRO é totalmente integrado com o S7-1200 da Siemens. É possível importar a tabela completa das Tag's do PLC S7-1200 através do *driver* de comunicação [30].

Se for utilizado um HMI de outra marca, deverá ser selecionado outros drivers de comunicação PLC como S7-300 / 400 para se conseguir a comunicação com o S7-1200.

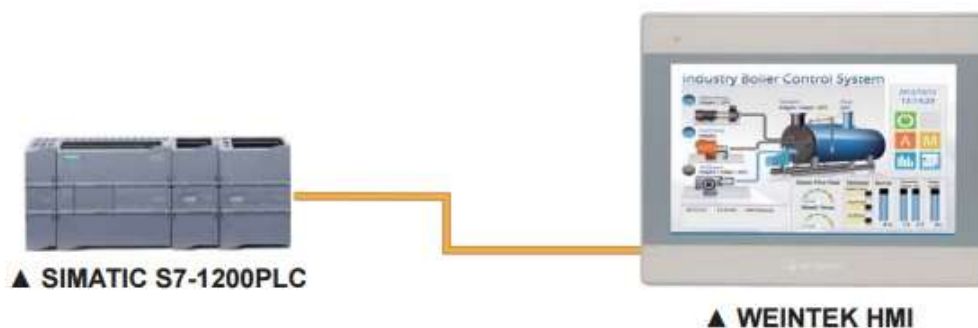


Figura 3.15 - Integração entre Simatic S7-1200 e o HMI Weintek [30]

O EasyBuilder 8000/PRO também consegue suportar mais de 40 tipos diferentes de dados provenientes do S7-1200 incluindo: BOOL, BYTE, WORD, DWORD, REAL, INT, SINT, USINT, UINT, UDINT, DINT, etc.

Estes recursos reduzem bastante o tempo de desenvolvimento do projeto e melhoram a eficiência da programação.

### 3.3.2 Fanuc

O protocolo de comunicação para estabelecer comunicação com os PMC da Fanuc e a consola Weintek é o GE Fanuc 90-30 series. Este protocolo permite usar o PMC dos robôs da Fanuc da mesma maneira como se de um PLC. Sendo assim possível uma interação entre o PMC e a consola Weintek.

Tabela 3.2 - Configurações HMI [30]

#### HMI Setting:

Parameters	Recommended	Options	Notes
PLC type	GE Fanuc Series 90-30 (Ethernet)		
PLC I/F	Ethernet		
Port no.	18245		
PLC sta. no.	11	1~99	

A Ethernet é um protocolo de comunicação que em diversos aspetos é superior, em comparação com as tradicionais comunicações. Cada vez mais PLCs integram este tipo de comunicação e podemos prever que nos próximos tempos a Ethernet venha a ser o meio de integração padrão entre HMI e PLC. Enquanto numa rede Ethernet a largura de banda não é geralmente motivo de inquietação, já a segurança é. Neste tipo de sistemas, a preocupação de segurança surge quando o controlador está em risco de acesso externo via uma rede geral da empresa, por isso, a Weintek lançou o modelo da consola MT8073iE com 2 portas Ethernet. A dupla porta garante que o HMI pode estar ligado a duas redes independentes, em que uma porta se liga ao controlador e a outra porta ao nível da gestão ou para controlo, monitorização ou manutenção remota (por exemplo via EasyAccess 2.0). A existência das duas portas melhora, significativamente, a segurança e a estabilidade de transferência de dados, eliminando as questões de segurança [31].

### 3.3.3 Trabalho desenvolvido – Coluna de soldadura

Foi proposto a implementação de uma consola Weintek numa coluna de soldadura que até então era controlada a partir de botões e seletores no quadro elétrico sem qualquer tipo de parametrização por parte do operador da máquina. E deste modo criar a uma versão mais prática flexível e apelativa em termos comerciais da mesma. Assim sendo podemos verificar os menus e possibilidades de parametrização que passaram a ser disponíveis neste tipo de equipamentos da Figura 3.16 até a Figura 3.29

### Armário Elétrico:

O quadro elétrico deixa de estar repleto de botões e seletores, e fica com um aspeto mais moderno apenas com um HMI um seletor de chave e um led de indicação de potência no quadro e um botão de emergência.

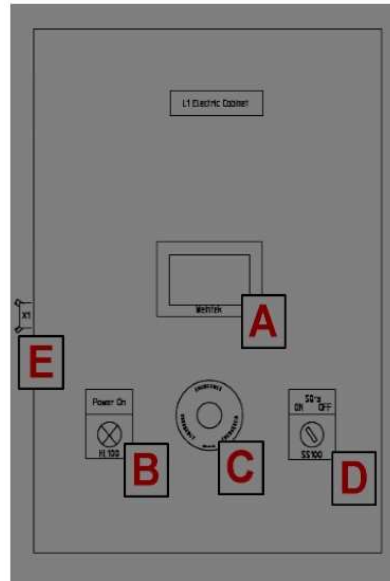


Figura 3.16 - Armário Elétrico [24]

### Legenda:

- A. Consola táctil para controlo das funções da máquina (HMI).
- B. *Led* de indicação que a máquina está sob tensão.
- C. Botão de emergência:
- D. Chave para descativar os fins de curso (SQs) de emergência (esta chave deve ser usada apenas por um responsável, de preferência da área de manutenção):
- E. Ficha para ligação do virador e posicionador

### Funções da Consola de Comando (HMI):

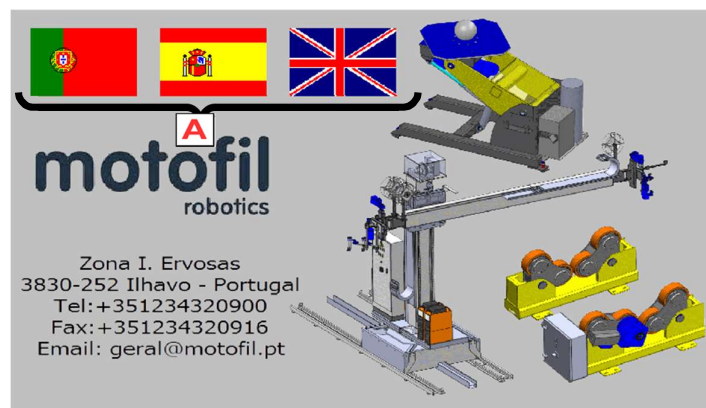


Figura 3.17 – Menu Inicial

Legenda:

A. Seletores do menu Inicial / Idioma

- O primeiro ecrã a aparecer depois de seleccionar o idioma:



Figura 3.18 - Ecrã Informações Gerais [24]

Legenda:

A. Seletores do menu Inicial / Idioma

B. Seletores do menu Geral

C. Seletores do menu Soldar

D. Seletores do menu Alarmes e Mensagens

E. Seletores do menu Estatísticas

F. Seletores do menu Manutenção

G. Seletores do menu Slide

H. Seletores do menu Mover

I. Indicação de data e hora. Seleccione o respetivo campo para alterar a data e as horas

J. Indicação dos parâmetros em utilização (Rolos (cm/min) / Posicionador (°/min))

K. Indicação de alarme. Quando acende é porque temos uma falha na máquina. Podemos ir para o ecrã de alarmes e mensagens seleccionando diretamente em cima da indicação, ou no seletor do respetivo ecrã.

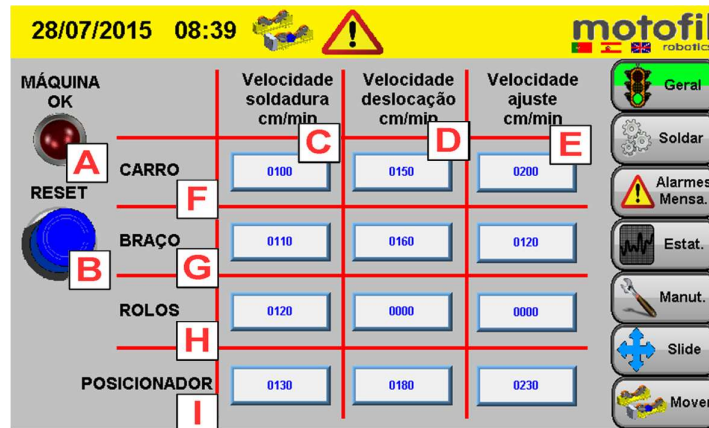


Figura 3.19 - Ecrã Menu Geral [24]

Legenda:

A. Indicação da máquina sem falhas. Esta indicação fica a verde, quando estiverem reunidas as seguintes condições de funcionamento condições:

1. Emergência OK
2. Variadores de velocidade sem erros. Os variadores têm dois *Leds*. Deve estar aceso apenas o *Led* verde. Se tiver o *Led* vermelho aceso, o variador está em erro:

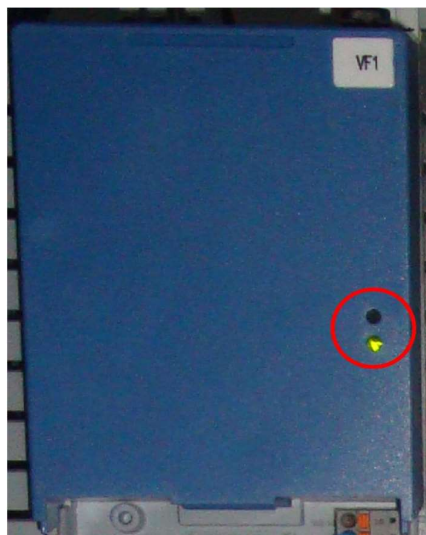


Figura 3.20 – Led do variador de velocidade Ok [24]

3. As memórias dos freios dos motores estarem ativas no PLC, o que indica o funcionamento sem erros.

4. O distribuidor de alimentação de 24V estar com todos os leds verdes. No caso de ter algum dos leds a vermelho quer dizer que encontrou alguma fanha no canal de alimentação respetivo:

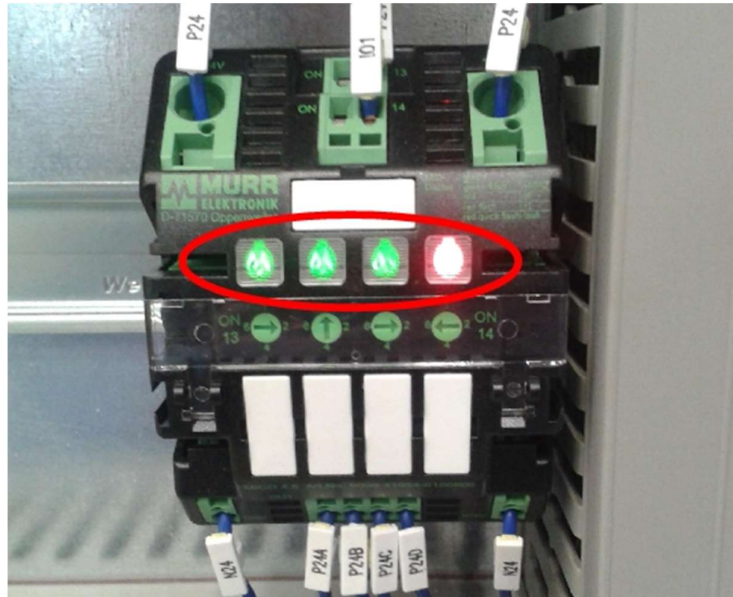


Figura 3.21 – Monitorização dos canais de alimentação do Mico [24]

5. O estado de emergência não pode estar ativo, e os dois primeiros leds do relé de segurança devem estar verdes. Caso o terceiro led do relé de segurança esteja ligado aparecerá a vermelho e indica que foi acionado uma emergência e é preciso rearmar o relé com o comando RESET do comando ou do HMI:
6. Falta de água ou erro mig/mag pode dar falha na máquina caso estes estejam ativos.



Figura 3.22 – Relé de segurança Sirius da Siemens [24]

- B. Botão de *Reset* para fazer o rearme das condições de funcionamento e desligar o

- alarme dos erros previamente corrigidos.
- C. Coluna a preencher com valores adequados ao processo de soldadura com a sua respetiva ferramenta.
  - D. Coluna a preencher com valores adequados ao controlo do movimento durante o posicionamento da respetiva ferramenta na posição adequada ao início de soldadura.
  - E. Coluna a preencher com valores adequados para a respetiva ferramenta auxiliar ao movimento de ajuste durante a soldadura.
  - F. Linha na qual são definidos os valores de velocidade para os três métodos de funcionamento do carro.
  - G. Linha na qual são definidos os valores de velocidade para os três métodos de funcionamento do braço.
  - H. Linha na qual são definidos os valores de velocidade para os três métodos de funcionamento dos rolos.
  - I. Linha na qual são definidos os valores de velocidade para os três métodos de funcionamento do posicionador.
- O segundo ecrã a aparecer depois de selecionar o menu Soldar:



Figura 3.23 – Menu de Soldar [24]

Legenda:

- A. Indicação da máquina sem falhas.
- B. Indicação de máquina a soldar.
- C. Indicações do estado de funcionamento do Slide1:
  1. Led constantemente desligado, indica Slide1 não selecionado.
  2. Led com intermitência lenta, entre ligado e desligado num ciclo de 2s, indica que o slide 1 foi selecionado e esta pronto a detetar a peça.

3. Led com intermitência rápida o slide esta em seguimento da peça e em posicionamento para soldadura.
4. Led constantemente ligado, indica que o Slide1 encontrou a peça a seguir e esta pronto a iniciar a soldadura.
- D. Indicações do estado de funcionamento do Slide2, igual ao procedimento descrito na alínea anterior.
- E. Botão que ativa o avanço do braço.
- F. Botão que para o movimento horizontal do braço.
- G. Botão que ativa o avanço do braço.
- H. Indicador da velocidade real do movimento do braço.
- I. Botão de seleção da máquina acoplada ao quadro geral e respectivos parâmetros do menu Geral.
- J. Botão que ativa o rotação no sentido horário dos rolos ou do posicionador.
- K. Botão de paragem do movimento de rotação.
- L. Botão que ativa o rotação no sentido anti-horário dos rolos ou do posicionador.
- M. Indicador da velocidade real do movimento de rotação em cm/min para os rolos e em °/min para o posicionador.
- N. Barra de ajuste da velocidade definida no menu geral para o braço. O valor de ajuste vai somar ao valor definido sendo possível aumentar ou diminuir até 15 unidades na velocidade definida
- O. Barra de ajuste da velocidade dos rolos ou do posicionador, sendo o seu funcionamento igual ao descrito na alínea anterior (N).
- P. Indicação do estado de funcionamento do Grupo Hidráulico do posicionador, caso este esteja ligado ao quadro geral
- Q. Botão para testar sopro da tocha
- R. Seleção do tipo de movimento do braço em transversal ou em longitudinal:
  1. Transversal -Quando estiver selecionado, o movimento positivo e negativo do braço é feito através do carro.
  2. Longitudinal -Quando estiver selecionado, o movimento positivo e negativo é efetuado pelo braço.
- S. Seleção do estado da soldadura.
  1. Quando a 0 esta desligado.
  2. Quando a 1 envia o comando de início de soldadura.
- T. Seleção da ferramenta braço ou rotação
  1. Com a ferramenta braço selecionada é possível fazer ajustes nas peças com os rolos

ou com o posicionador, sem ser necessário para o processo.

2. Com a ferramenta rotação selecionada é possível fazer ajustes nas peças com o braço, sem ser necessário para o processo

- O terceiro ecrã aparecer depois de selecionar o menu Alarmes e Mensagens:

A	7/2015	B	58	D		
3	Pressão de Ar NOK			05/02/17	09:43:31	09:43:31
2	Pressão de Ar NOK	E		05/02/17	09:43:31	09:43:31
1	Pressão de Ar NOK			05/02/17	09:43:31	09:43:31

Figura 3.24- Menu de Alarmes

Legenda:

- A. Coluna com o número do alarme ou mensagem.
- B. Coluna com o texto explicativo de cada alarme e mensagem.
- C. Colunas com a data e hora do acontecimento
- D. Botão que aparece quando for introduzida uma PEN do lado inferior de traz do HMI.
  1. Quando introduzir a pen, e esta for reconhecida a figura D aparecera em tons azuis.
  2. Apos a seleção do botão azul este passa a vermelho caso não tenha sido efetuado a transferência do ficheiro corretamente
  3. Quando efetuar a transferência o mesmo passa ao estado verde como pode ser visto na figura D acima.
- E. No ecrã de alarmes é possível observar o momento em que são disputados, com a cor vermelha. E quando são rearmados, com a cor verde.
- F. Botão de acesso as mensagens personalizáveis para definir conforme a máquina a instalar na estrutura. Este apenas esta disponível no ecrã de Alarmes e Mensagens.

- O ecrã de Definições, apenas está disponível no ecrã de Alarmes e Mensagens:

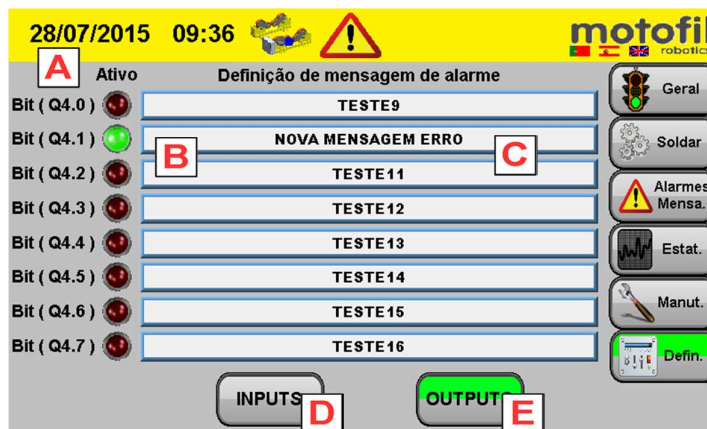


Figura 3.25 – Menu Definições

Legenda:

- A. Coluna de descrição do bit disponível no quadro elétrico.
  - B. Coluna com representação visual do estado do bit.
    1. *On*-Quando o bit esta ativo acende o *led* verde
    2. *Off*-Quando o bit esta inativo apresenta um led vermelho.
  - C. Coluna com caixas de texto para preenchimento de mensagens de entrada e saída
  - D. Botão para a seleção das mensagens dos bits de entrada, ficando verde quando selecionado.
  - E. Botão para a seleção das mensagens dos bits de saída, ficando verde quando selecionado.
- O quarto ecrã aparecer depois de seleccionar o menu Estatísticas:

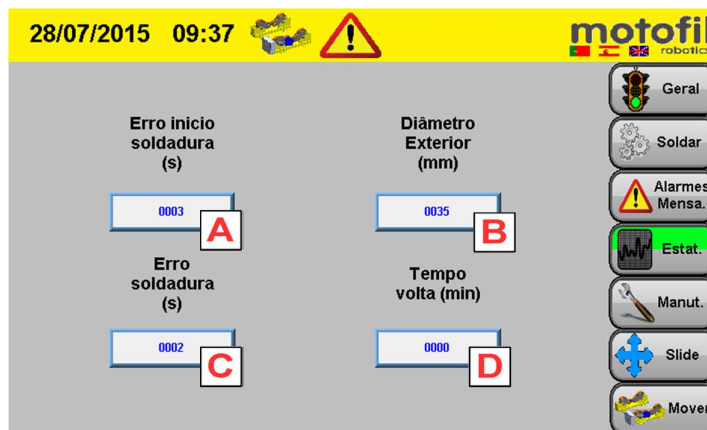


Figura 3.26 – Menu de Estatísticas

Legenda:

- A. Este bloco permite introduzir um valor em segundos no qual a máquina não apresenta erro depois de ser enviado o comando de início de soldadura no menu soldar.
  - B. Este bloco permite introduzir o valor do diâmetro da peça que foi colocada nos rolos para efetuar cálculos de tempo por volta, que vão ser apresentados no campo abaixo (D).
  - C. Este bloco serve para definir o tempo em segundos que a máquina pode estar em erro de soldadura, de modo a impedir o encravamento de fio, ou outro tipo de acontecimentos nefastos ao correto funcionamento da máquina.
  - D. Este bloco apresenta o valor medio em minutos que a máquina demora a dar uma volta completa a peça com o diâmetro introduzido no bloco acima (B).
- O quinto ecrã aparecer depois de seleccionar o menu Manutenção:

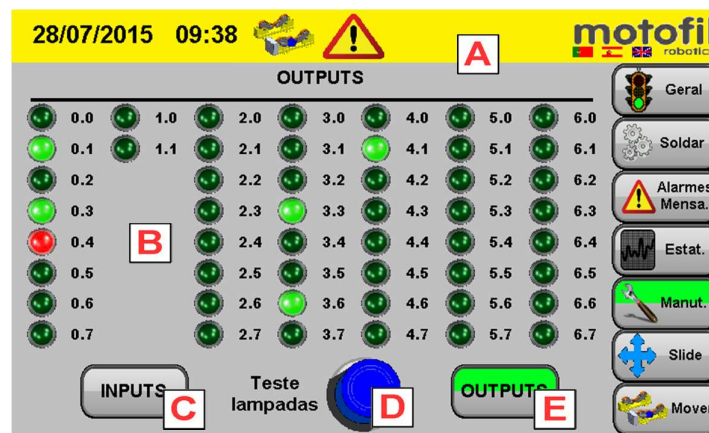


Figura 3.27 – Menu de Manutenção

Legenda:

- A. Informação visual de todas as entradas e saídas do autómato, sendo assim possível determinar o estado atual de cada um.
- B. Os leds a vermelho indicam os bits necessários para o correto funcionamento da máquina.
- C. Botão para seleccionar a vista dos bits de entrada. A verde quando seleccionado.
- D. Para efetuar o teste de lâmpadas. Pressionando este botão, todos os sinais visuais e sonoros deverão ficar ativos.
- E. Botão para seleccionar a vista dos bits de saída. A verde quando seleccionado.

- O sexto ecrã aparecer depois de selecionar o menu *Slide*:

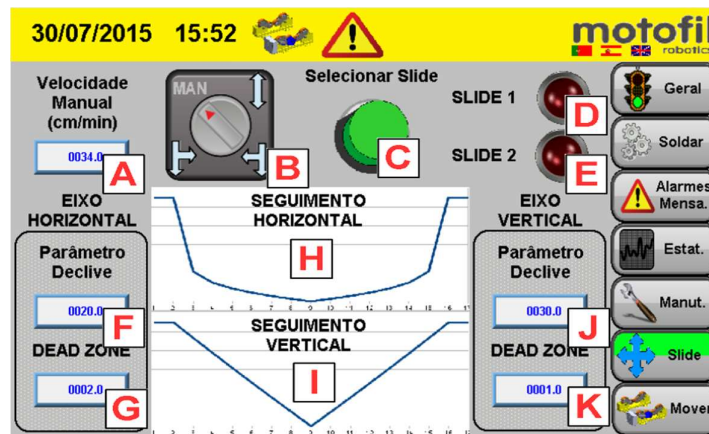


Figura 3.28 – Menu de Ajuste do Funcionamento do *Slide*

Legenda:

- A. Campo de preenchimento a definir pelo operador quando esta a usar o slide em manual.
- B. Seletor de quatro posições:
  1. Posição manual, onde o operador seleciona a velocidade a que vai mover o slide.
  2. Seguimento automático vertical, neste modo o seguidor só vai seguir a peça no sentido vertical.
  3. Seguimento automático vertical e horizontal para a esquerda.
  4. Seguimento automático vertical e horizontal para a direita.
- C. Seleccione o botão para trocar o *Slide* ativo.
- D. Indicações do estado de funcionamento do *Slide 1*:
  1. *Led* constantemente desligado, indica *Slide1* não selecionado.
  2. *Led* com intermitência lenta, entre ligado e desligado num ciclo de 2s, indica que o slide 1 foi selecionado e esta pronto a detetar a peça.
  3. *Led* com intermitência rápida o slide esta em seguimento da peça e em posicionamento para soldadura.
  4. *Led* constantemente ligado, indica que o *Slide1* encontrou a peça a seguir e esta pronto a iniciar a soldadura.
- E. Indicações do estado de funcionamento do *Slide 2*, igual ao procedimento descrito na alínea anterior.
- F. O valor introduzido neste campo define o declive da reta de apalpação do slide no eixo horizontal.
- G. O valor introduzido neste campo define a sensibilidade do sensor no ponto estabilidade horizontal. Quanto maior for o valor, maior vai ser a zona de estabilidade

o que provoca uma diminuição da reação nesse intervalo. Por outro lado se o valor for muito pequeno a zona de estabilidade vai diminuir, o que torna a sensibilidade pequena e esta constantemente a reagir.

- H. Representação aproximada da velocidade do slide na horizontal conforme o desvio do ponto de estabilidade.
- I. Representação aproximada da velocidade do slide na vertical conforme o desvio do ponto de estabilidade.
- J. O valor introduzido neste campo define o declive da reta de apalpação do slide no eixo vertical.
- K. O preenchimento deste campo é feito da mesma maneira do campo da alínea G, sendo este aplicado para o controle vertical.

- O sétimo ecrã aparecer depois de selecionar o menu Mover:



Figura 3.29 - Menu Mover

Legenda:

- A. Indicação de máquina OK
- B. Led de indicação do estado de funcionamento do *Slide* 1
- C. Led de indicação do estado de funcionamento do *Slide* 2
- D. Botão para mover o braço no sentido ascendente.
- E. Botão para mover o braço no sentido descendente.
- F. Seletor de velocidade rápida ou lenta do movimento do braço na vertical.
- G. Indicação do funcionamento do grupo hidráulico
- H. Botão para mover o prato do posicionador no sentido ascendente.
- I. Botão para mover o prato do posicionador no sentido descendente.
- J. Botão para inclinar o prato do posicionador para a frente.

- K. Botão para inclinar o prato do posicionador para a traz.
- L. Ligar o grupo hidráulico
- M. Desligar o grupo hidráulico

### 3.4 Desenvolvimento de Seam Tracker

A repetibilidade é conseguida graças a sistemas realimentados, isto é, sistemas que utilizam sensores para realimentarem a posição instantânea da tocha e corrigi-la em caso de necessidade. Como não é possível o posicionamento das peças sempre nas mesmas condições, também devido a à modificação das peças causadas por fenómenos térmicos, é quase impossível conseguir a repetibilidade na soldadura.

Assim surge o conceito de *Seam Tracker* (Figura 3.30), ou seja, sistemas realimentados para seguimento de juntas. Estes utilizam sensores com princípios bastante distintos, destacam-se dois tipos principais [32]:

- **Óticos** – São constituídos pelos seguintes componentes: laser ou fonte de luz; array de foto díodos ou câmara CCD e lente e filtro ótico. Estes constituintes são capazes de verificar a posição da tocha e enviar sinais ao sistema. Podem ser classificados em:
  - Intensidade;
  - Triangulação;
  - *Scanning*;
  - Folha de Luz.
- **Arco Elétrico**: este sensor realimenta o sistema através das variáveis de soldadura – corrente ou tensão, sendo que a escolha de uma destas variáveis depende das características do processo de soldadura que variam de caso para caso.

No caso do processo MIG/MAG utiliza-se a corrente como variável uma vez que neste processo quando se faz o tecimento sobre a junta o que sofre variação durante o movimento oscilatório é a corrente e não a tensão pelo motivo desta ser inversamente proporcional a distância entre o contacto do eletrodo e a peça. Então conclui-se que é através da corrente que se pode obter informações sobre o posicionamento da tocha em relação ao centro da junta. [32]



Figura 3.30- Seam Tracker da Arc Products [33]

### 3.4.1 Solução Utilizada

Como já foi referido anteriormente, o *Seam Tracker* é um dispositivo aplicado a um tipo de máquinas que não têm robôs e usam este sistema para orientar/reposicionar a tocha de soldadura com dois motores que ativam um sem fim cada, orientando assim a tocha na vertical e horizontal.

A solução inicialmente utilizada era da Carpano ® (Figura 3.31). Tratava-se de uma solução de baixo custo comparando com a Lincon (Figura 3.30), no entanto, apenas vendem a solução completa o que obrigou a um desenvolvimento de um produto muito semelhante por parte da empresa para não ficar dependente de terceiros.

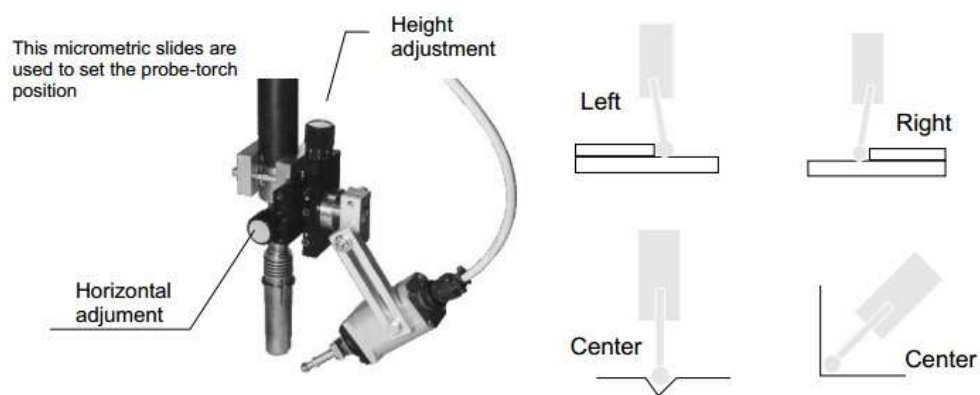


Figura 3.31- Regulação horizontal e de altura. [34]

### 3.4.2 Trabalho Desenvolvido

A necessidade de criar um produto de fabrico próprio por parte da Motofil levou a desenvolver um pequeno estudo para apurar a viabilidade da criação do mesmo. Este processo foi inserido no estágio visto que surgiu a possibilidade ajudar com alguns pontos, nomeadamente na parte eletrónica, pesquisa de equipamentos e decisão do produto adequado. Foram vários os processos para a criação e desenvolvimento do produto:

- Inicialmente foi efetuada a pesquisa de mercado necessária, mas foi inconclusiva, pois o material proveniente do fornecedor Carpano ® não tinha nenhum tipo de identificação ou referência.
- Após verificar o tipo de equipamento que constituía o produto a recriar, foram contactados vários fornecedores de *joystick* com saídas analógicas mas nenhum tinha soluções de baixo custo e dimensões adequadas ou robustez suficiente para suportar condições de soldadura principalmente em arco submerso.
- Após o estudo do funcionamento da eletrónica associada ao *joystick*, a compreensão do método de leitura/conversão do movimento do *joystick* e como era feita a separação dos componentes eletrónicos com o veio que está em contacto com a peça em processo de soldadura. Conclui-se que se tratava de um mecanismo constituído por cinco bobines, atuadas por indução eletromagnética, quatro posicionadas no circuito empreso em pares de 2 para detetar os extremos de cada eixo (X,Y) e a quinta bobine no veio do *joystick* à qual serve para induzir as restantes e assim com os integrados da placa detetam e calculam a posição do mesmo sem existir contacto elétrico, separando assim os circuitos de soldadura e *joystick*.
- Depois de identificado o tipo de material e as características que o constituíam, foi feita uma nova pesquisa com estes novos aspetos em consideração, desta vez foi possível identificar o fornecedor deste tipo de equipamentos.



Figura 3.32 - Joystick da APEM ® [35]

Caraterísticas Técnicas [35]:

- ✓ Um ou dois eixos;
- ✓ Opção de mistura de sinais;
- ✓ 5 – 15 V operacionais;
- ✓ Saídas duplas redundantes;
- ✓ Resolução infinita;
- ✓ Sensores indutivos;
- ✓ Desempenho consistente;
- ✓ IP65 acima do painel;
- ✓ Vida de serviço longa;
- ✓ Ampla gama de alças;
- ✓ Deteção opcional no “centro” e “falha interna”.

- Deste modo foi encomendado a primeira unidade para testes e verificámos que era o pretendido, mas que necessitava de alterações mecânicas e alguns ajustes no programa que inicialmente era usado para fazer o seguimento de juntas.
- Apos efetuar as alterações necessárias foi possível criar uma solução de fabrico próprio que pode ser aplicada em vários cenários a um preço competitivo.
- Além disso a pensar no produto anteriormente utilizado foi desenvolvido um mecanismo de troca rápida compatível com as máquinas já vendidas o que facilita o processo de troca de Seam Trackers (apalpadores), sem ser necessário modificar conetores ou trocar cabos.

Deste modo foi possível obter o resultado que podemos observar nas imagens seguintes, sendo este o produto final desenvolvido e que se encontra a ser instalado nas novas máquinas comercializadas pela Motofil. O produto final é constituído por motores e variadores Nord, um *joystick* Apem os restantes materiais mecânicos são produzidos nas instalações da Motofil (Figura 3.33 a Figura 3.35).

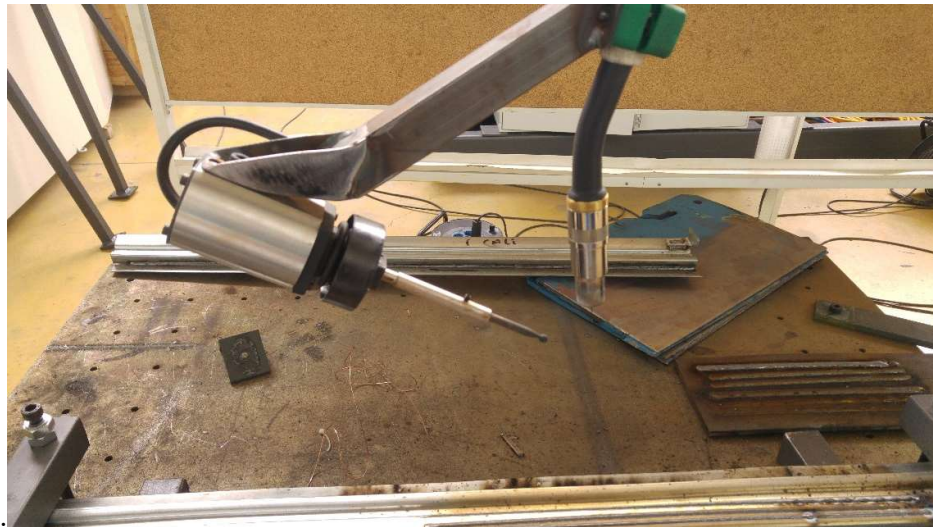


Figura 3.33 - Palpador do Seam Tracker desenvolvido (fase de testes)

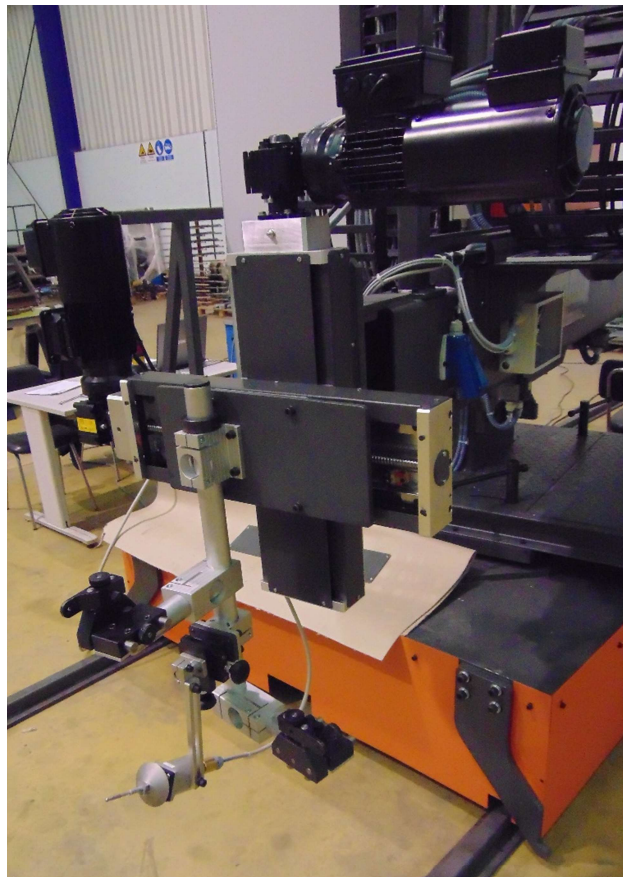


Figura 3.34 - Seam Tracker desenvolvido na Motofil



Figura 3.35 - Comando de controlo manual do Seam Tracker



## 4 Testes

Podem ser distinguidos três tipos de testes realizados na Motofil, o elétrico, o de processo e o de segurança. O teste elétrico tem como principal objetivo verificar o cumprimento da norma IEC 60204-1 (Segurança de máquinas), e deste modo garantir que todos os equipamentos têm a robustez e as proteções necessárias para o bom funcionamento da estrutura projetada, assim como a segurança dos que trabalham com a mesma. Este teste consiste em fazer quatro tipos de ensaios elétricos: (Anexo-V)

- Ensaio de continuidade - O procedimento neste ensaio consiste em medir a resistência aplicando 10A durante 10 seg. entre o borne de terra e cada circuito a testar. Os resultados obtidos tem de ser iguais ou inferior a resistência máxima permitida para a secção de fio usada;
- Ensaio de resistência de isolamento - Consiste em aplicar 500 V DC e medir o valor da resistência entre o circuito de potência e o de proteção. O ensaio só é aprovado se o valor medido for igual ou superior a 1 M $\Omega$ ;
- Ensaio de rigidez dielétrica - Neste ensaio e aplicado 50 mA a 1000 V AC entre o circuito de potência e o de proteção num período superior a 1 segundo, se não forem detetados danos nos equipamentos o teste é aprovado;
- Ensaio de tensão residual - Para executar este ensaio e necessário alimentar a máquina conforme o projeto esperar que os equipamentos carreguem os seus condensadores e bobines, assim que isso se verifique é necessário que 5s apos o corte de energia a maquina, a tensão residual da mesma seja inferior a 60 V.

O teste de processo têm como principal características verificar a qualidade de produção, analisando os produtos resultantes do seu funcionamento, assim como os tempos de ciclo entre produtos acabados. Na análise do produto final quando aplicável é verificado a dimensão e geometria das peças, o embalamento, a qualidade de soldadura, a marcação de peças e o tempo de ciclo. Em situações que o cliente pretende uma máquina de manipulação o que realmente importa é o tempo de ciclo e a rapidez com que está se desloca, logo os teste não podem ser feitos ao produto produzido mas sim ao tempo de ciclo conseguido em comparação com o pretendido e acordado com o cliente.

No caso do teste de seguranças estes são feitos por programas nos casos de barreiras e scâner óticos, ou então manualmente atuando os vários dispositivos, simulando os casos de perigo para o operador. (Figura 4.1)

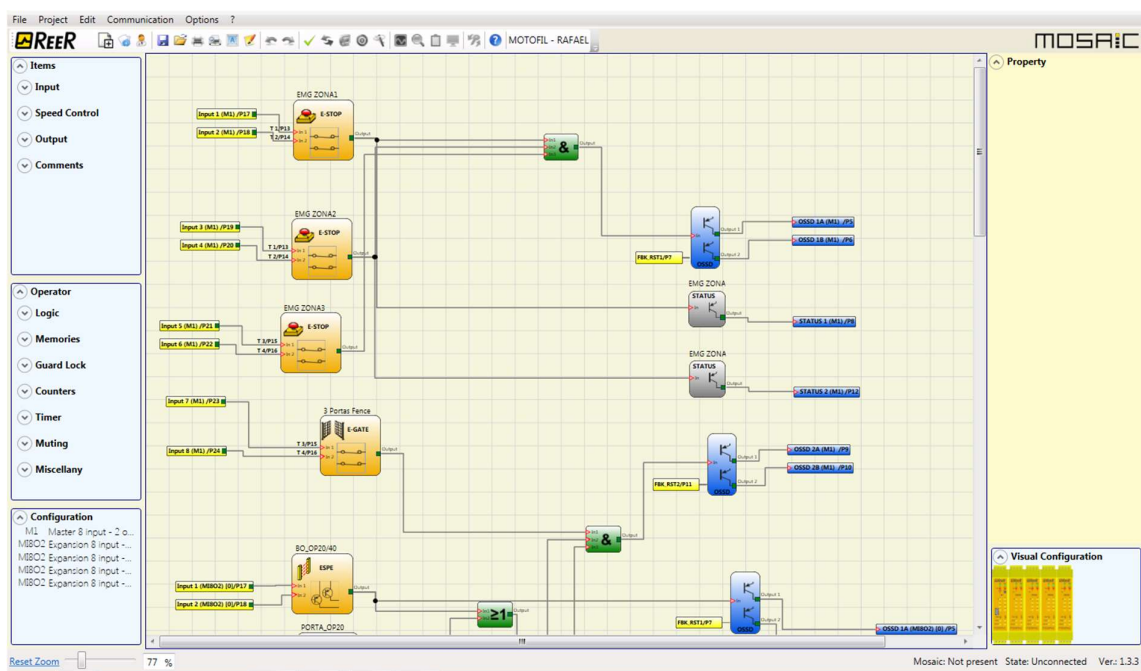


Figura 4.1 – Programação e testes de segurança

Em geral as máquinas são testadas e aprovadas pelos clientes nas instalações da Motofil de modo a finalizar as máquinas nas próprias instalações evitando assim deslocamentos de mão-de-obra e recursos para os vários clientes. Assim é apenas necessário enviar um pequeno número de pessoas para colocar a máquina em funcionamento, normalmente são enviados os técnicos de robótica e os programadores para fazer pequenas alterações ou reconfigurações, finalizando com a formação do cliente.

## 5 Conclusões

Neste capítulo são apresentadas as conclusões dos principais projetos realizados, possíveis trabalhos futuros e as conclusões gerais referentes à realização deste estágio. O presente relatório de estágio teve como objetivo descrever o trabalho realizado durante o período de estágio na empresa Motofil Robotics S.A. . Este foi muito enriquecedor, pois passou por diversas áreas e por todas as etapas de concepção das máquinas, desde a produção até a instalação no cliente. A realização dos projetos foi possível, não só através da aplicação de muitos conhecimentos adquiridos ao longo da vida académica, mas também através da aquisição de novos conhecimentos e de todo o trabalho desenvolvido em equipa. Destes conhecimentos, atendendo ao trabalho realizado, destacam-se os conhecimentos na área da eletrónica, programação, das comunicações e da automação industrial.

O começo dos trabalhos na parte de produção e de seguida com máquinas de baixa complexidade veio mostrar-se muito importante pois foi possível entender a estrutura de funcionamento da empresa e os métodos de trabalho usados, levando a uma integração mais rápida e a solidificação dos conhecimentos.

Com a implementação de HMI's e alguma programação do lado do PLC ou Robô é possível dar ao operador num aspeto muito mais intuitivo, eficiente e pratico o controlo de uma máquina que de outro modo seria muito difícil identificar. Além disso com o HMI é possível diagnosticar e apresentar erros e alarmes ao operador, e até a nós técnicos, evitando assim fazer grandes deslocamentos sem saber quais as causas do problema. É também possível utilizar receitas para guardar a parametrização feita para trabalhar com diferentes tipos de peças ou processos.

A solução Seam Tracker desenvolvida já foi aplicada em varias instalações e até ao momento não verificamos qualquer tipo de problema. Este produto possibilitou a implementação deste sistema com vários tipos de máquinas de soldadura, que não as da marca Carpano, a um preço de custo muito inferior a solução anteriormente usada, sendo possível implementar com outro tipo de máquinas de soldar e noutros casos

Em relação aos trabalhos futuros é possível que o novo HMI Weintek desenvolvido seja usado como base para outros projetos em substituição dos painéis de operadores com botões e seletores. Ainda é possível desenvolver melhorias nos projeto desenvolvido de maneira a otimizar a visualização e padronizá-lo para vários tipos de máquinas. Em relação ao *Seam Tracker*, futuramente poderá ser utilizado nos robôs de forma a fazer seguimento de junta sem ser necessário criar rotinas muito complexas, e depender de grandes quantidades de tempo a programar as mesmas. Sendo possível fazer ajuntes de trajetórias em tempo real em várias direções e não apenas numa única.

O balanço desde estágio é muito positivo e constituiu uma excelente oportunidade para uma integração bem-sucedida no mercado de trabalho da área de automação, dando ensinamentos em questões como relações pessoais em ambiente profissional e a importância dos recursos humanos, planeamento de atividades, relação com os clientes e formação ao longo da vida e

permitiu o desenvolvimento e a consolidação de muitos dos conhecimentos adquiridos ao longo do percurso acadêmico.

Em suma, a realização deste estágio foi de extrema importância para a integração no mercado de trabalho, na medida em que permitiu adquirir experiência em diversas áreas da automação industrial, através da realização de diversos projetos, tendo culminado com a realização deste documento e no meu crescimento como pessoa e Engenheiro.

## 6 Bibliografia

- [1] Esabot, “História da Robótica: O Século XX - parte II,” [Online]. Available: <http://esabot.blogspot.pt/2011/07/historia-da-robotica-seculo-xx-2a-parte.html>. [Acedido em 14 setembro 2016].
- [2] Y. (. Koren, “Robotics For Engineers”.
- [3] Visão, “Visao,” [Online]. Available: <http://visao.sapo.pt/actualidade/visao1000/autoeuropa-a-fabrica-que-mudou-o-pais=f661991>. [Acedido em 10 Junho 2015].
- [4] DAKOL, “Docplayer,” 2016. [Online]. Available: <http://docplayer.com.br/1389910-Interfaces-homem-maquina-universais-ihm-aplicacoes-e-caracteristicas-principais.html>. [Acedido em 1 Abril 2016].
- [5] ufabc. [Online]. Available: <http://pgene.ufabc.edu.br/docentes/Riascos/ensino/disciplinas/Robotica/Fundamento>. [Acedido em 17 setembro 2016].
- [6] S. Y. Nof, Handbook of Industrial Robotics, 2nd ed. John Wiley & amp, 1999.
- [7] P. Abreu, “Aplicações industriais de robô, Tese de Mestrado em Automação, Instrumentação e Controlo da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto,” 2001.
- [8] Fanuc, [Online]. Available: [www.fanuc.com](http://www.fanuc.com). [Acedido em 20 Janeiro 2015].
- [9] J. Pires, “Robótica Industrial – Software de Monitorização e Controlo, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Coimbra,” 2003.
- [10] Kuka, [Online]. Available: [www.kuka.com](http://www.kuka.com). [Acedido em 10 Março 2015].
- [11] Grupo WEG, “Unidade Automação,” 2016. [Online]. Available: <http://ecatalog.weg.net/>. [Acedido em 10 Dezembro 2016].
- [12] J. Pires, “Automação Industrial,” Lidel – edições técnicas.
- [13] F. Borges, Schneider Electric, 2016.

- [14] K. J. a. M. Tiegelkamp, 2007.
- [15] “wastechengineering,” [Online]. Available: <http://www.wastechengineering.com/about-wastech.html?id=268>. [Acedido em 2 Maio 2015].
- [16] Copadata, 2016. [Online]. Available: <https://www.copadata.com/pt-pt/solucoes-hmi-scada/interface-homem-maquina-hmi/>. [Acedido em 20 Maio 2016].
- [17] R. Gomes, “Conceção e desenvolvimento de interfaces gráficas baseadas em sistema de microcontroladores Microchip,” 2013.
- [18] C. Saraiva, “Sistema de Gestão e Manutenção Aplicado à Indústria Cerâmica,” 2014.
- [19] “linkedin,” [Online]. Available: <https://pt.linkedin.com/pulse/profinet-ou-ethernetip-fabr%C3%ADcio-andrade>. [Acedido em 4 Abril 2015].
- [20] Schneider-Electric, [Online]. Available: [www.Schneider.com](http://www.Schneider.com). [Acedido em 22 Maio 2016].
- [21] Meanwell. [Online]. Available: <http://www.meanwell.com/>. [Acedido em 24 junho 2016].
- [22] Nord. [Online]. Available: [www.nord.com](http://www.nord.com).
- [23] Sick, “Proteção de pontos perigosos numa prensa,” [Online]. Available: <https://www.sick.com/br/pt/industries/machine-tools/forming-machine-tools/mechanical-and-hydraulic-presses/mechanical-press/hazardous-point-protection-on-a-press/c/p346568>. [Acedido em 10 Dezembro 2015].
- [24] Motofil Robotics SA, 2016.
- [25] R. N., “Célula Robótica industrial: aplicação de ferramentas CAD / CAM na programação de robôs,” 2011.
- [26] Siemens, 2016. [Online]. Available: [www.Siemens.com](http://www.Siemens.com). [Acedido em 24 Julho 2015].
- [27] Unicontrol, “Curso básico Programação,” [Online]. Available: <http://docslide.com.br/documents/unicontrol-curso-plc-siemens-software-step7.html>. [Acedido em 20 maio 2016].
- [28] N. Santos, P. Santos e J. Tomaz, “Fabricação de Moldes, IMTEC – Indústria de Moldes Técnicos,” Instituto Superior Técnico.
- [29] Tecnolog, [Online]. Available: <http://www.tecnolog.ind.br/automacao-e-controle/229-ihm-7-weintek-mt6070ip-e-mt6070ih.html>. [Acedido em 28 Abril 2016].

- [30] Weintek, [Online]. Available: [www.weintek.com](http://www.weintek.com). [Acedido em 20 Maio 2016].
- [31] FFonseca, “Soluções de Vanguarda,” [Online]. Available: <http://www.fffonseca.com/pt/>. [Acedido em 10 maio 2016].
- [32] Dutra e Rosa, 1995.
- [33] Arc Products, “Seam Tracker,” [Online]. Available: <http://www.arcproducts.com/seam-tracker.shtml>. [Acedido em 21 Janeiro 2016].
- [34] Carpano, “IG SEAM TRACKER,” [Online]. Available: <http://www.carpano.it/wp-content/uploads/2013/07/IG-ENG-2007.pdf>. [Acedido em 8 junho 2016].
- [35] APEM, “Inductive sensing joysticks,” [Online]. Available: [http://www.apem.se/files/apem/brochures/Joysticks\\_2015/APEM-9000-Fingertip.pdf](http://www.apem.se/files/apem/brochures/Joysticks_2015/APEM-9000-Fingertip.pdf). [Acedido em 24 abril 2016].
- [36] JEEP, “Fábrica,” [Online]. Available: <http://www.jeep.com.br/fabrica-jeep.html>. [Acedido em 17 setembro 2016].
- [37] Lenz, 2003.
- [38] RS, “SIEMENS Automação Industrial,” 2016. [Online]. Available: [http://pt.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=siemens-industrial&file=products\\_10&cm\\_sp=MRO-\\_-siemens-industrial-\\_-products\\_10,](http://pt.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=siemens-industrial&file=products_10&cm_sp=MRO-_-siemens-industrial-_-products_10,)
- [39] G. G. M. Costa, “Diagnóstico de Falhas em Célula de Soldadura,” 2016.
- [40] B. D. M. Vieira, “Desenvolvimento de Equipamentos Industriais – Estágio na STREAK,” 2016.



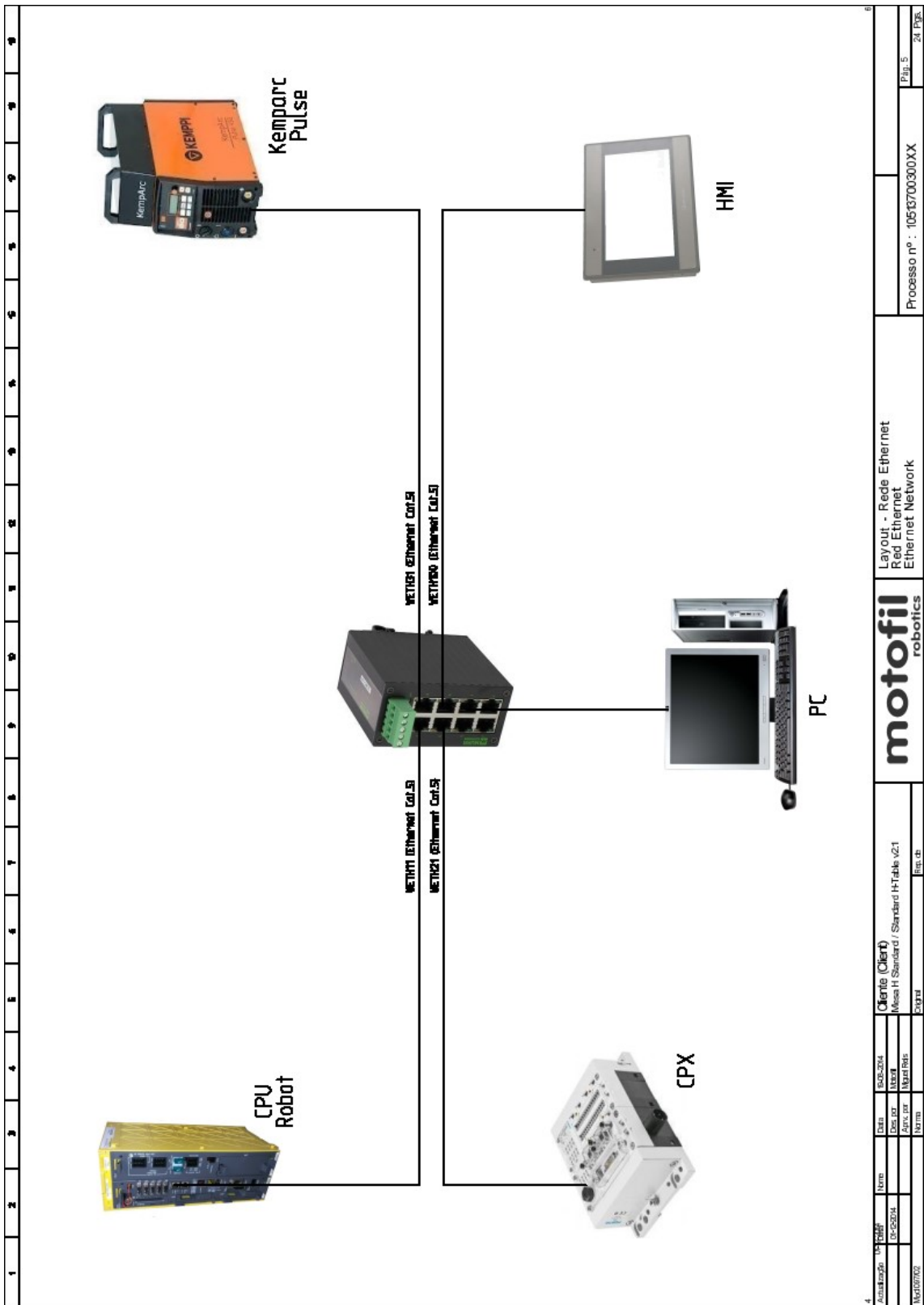
## **Anexo I – Esquema Elétrico Mesa H**

<p><b>Motofil Robotics, SA</b>                  Zona Industrial das Ervasas   nº135                  3830-252 Ílhavo                  Portugal</p> <p>Tel. +351 234 320 900                  Fax +351 234 320 916                  Email geral@motofil.pt</p>	<h1 style="margin: 0;">motofil</h1> <p style="margin: 0;">robotics</p>																				
<p><b>Cliente</b> : Cliente (Client)  <b>Equipamento</b> : Mesa H Standard / Standard H-Table v2.1  <b>Processo</b> : 10513700300XX</p>	<p style="text-align: center;"><u>Especificações/Especifications/Specifications</u></p> <p><b>Potência de Entrada</b> : 25KVA  <small>LA - Não Usar/Non Usar / Don't Use</small>                  • UB - 400V...500V                  • UC - 380V...415V</p> <p><b>Tensão de Alimentação</b> : 50/60Hz  <b>Frequência de Alimentação</b> : 50/60Hz  <b>Frequência de Alimentação/Supply Frequency</b> : 50/60Hz  <b>Tensão de Controlo</b> : 24VDC  <b>Outras Informações</b> :                  Outra Informação/Other Information</p>																				
<p><b>Fabricante</b> : Motofil Robotics S.A.  <b>Realizado por</b> : Motofil  <b>Feito Por/Made By</b> : Esquema Eléctrico  <b>Tipo</b> :  <b>Responsável de projeto</b> : Miguel Reis                  Responsável do Projeto/Project Manager</p>	<p><b>Realizado/Released</b> : 19-08-2014  <b>Última modificação/Modificada por última vez/Last modified</b> : 01-12-2014                  por/by: Motofil</p> <p style="text-align: right;"><b>Número de páginas/</b>  <b>Number of pages:</b> 24</p>																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Data</td> <td style="width: 25%;">506-2014</td> <td style="width: 25%;">Data</td> <td style="width: 25%;">01-12-2014</td> </tr> <tr> <td>Nome</td> <td>Motofil</td> <td>Nome</td> <td>Motofil</td> </tr> <tr> <td>Des. por</td> <td>Miguel Reis</td> <td>Des. por</td> <td>Miguel Reis</td> </tr> <tr> <td>Ver. por</td> <td></td> <td>Ver. por</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Norma</td> <td></td> <td>Norma</td> <td></td> </tr> </table>	Data	506-2014	Data	01-12-2014	Nome	Motofil	Nome	Motofil	Des. por	Miguel Reis	Des. por	Miguel Reis	Ver. por		Ver. por		Norma		Norma		<p><b>motofil</b> robotics</p> <p style="text-align: right;"><b>Capa</b> Tapa Cover</p>
Data	506-2014	Data	01-12-2014																		
Nome	Motofil	Nome	Motofil																		
Des. por	Miguel Reis	Des. por	Miguel Reis																		
Ver. por		Ver. por																			
Norma		Norma																			
<p>Processo nº : 10513700300XX</p>	<p>Processo nº : 10513700300XX</p>																				









4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100







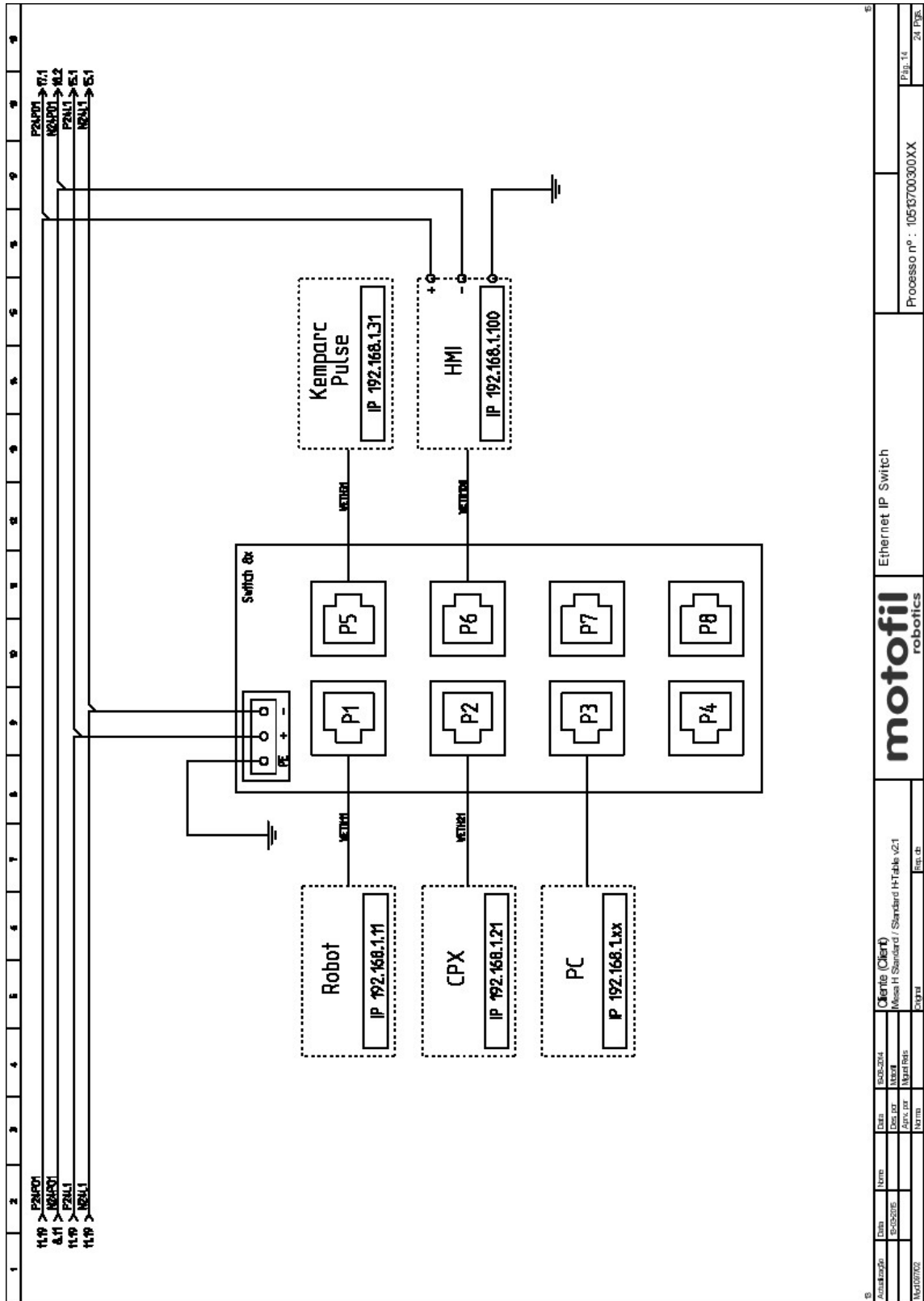






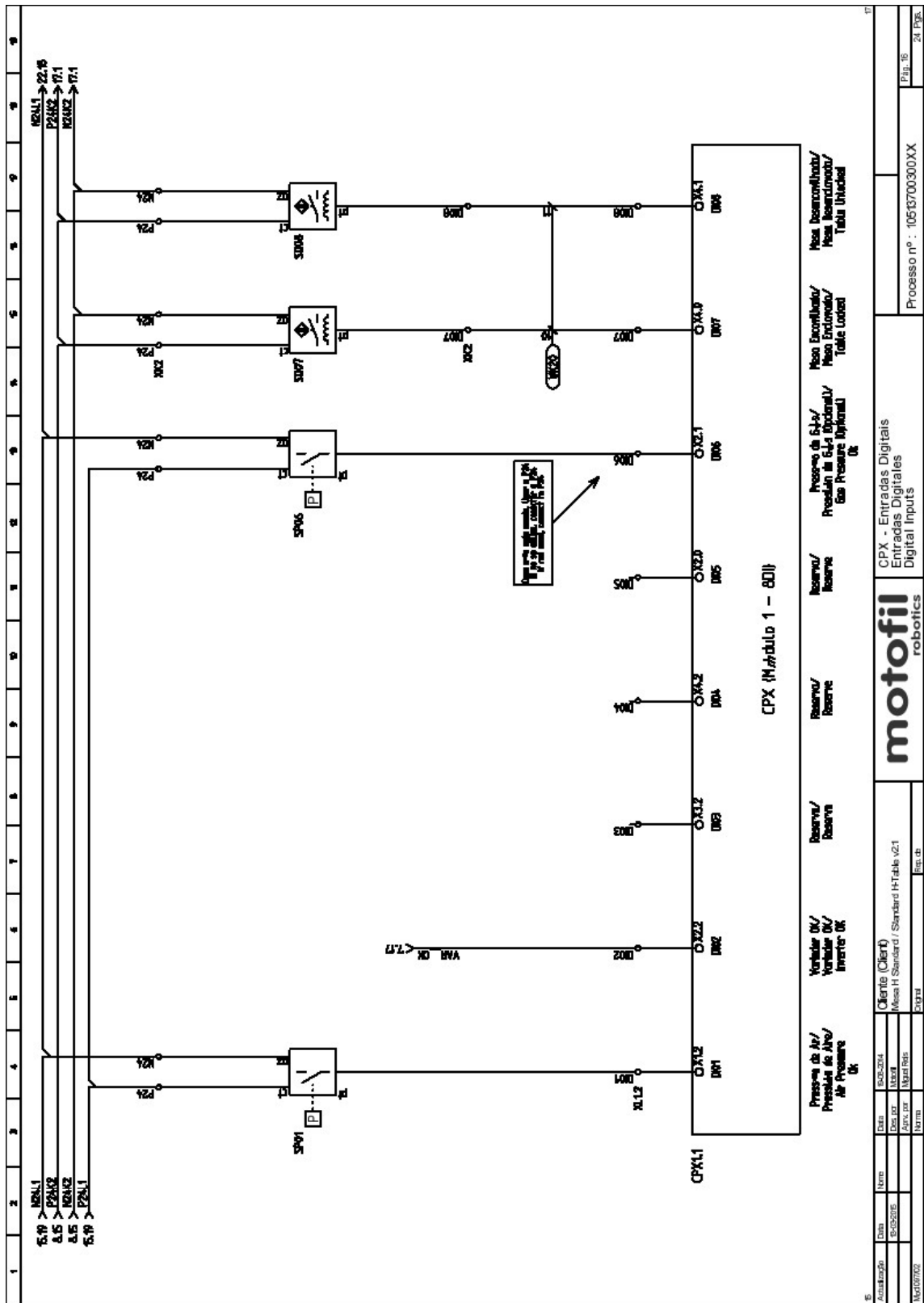


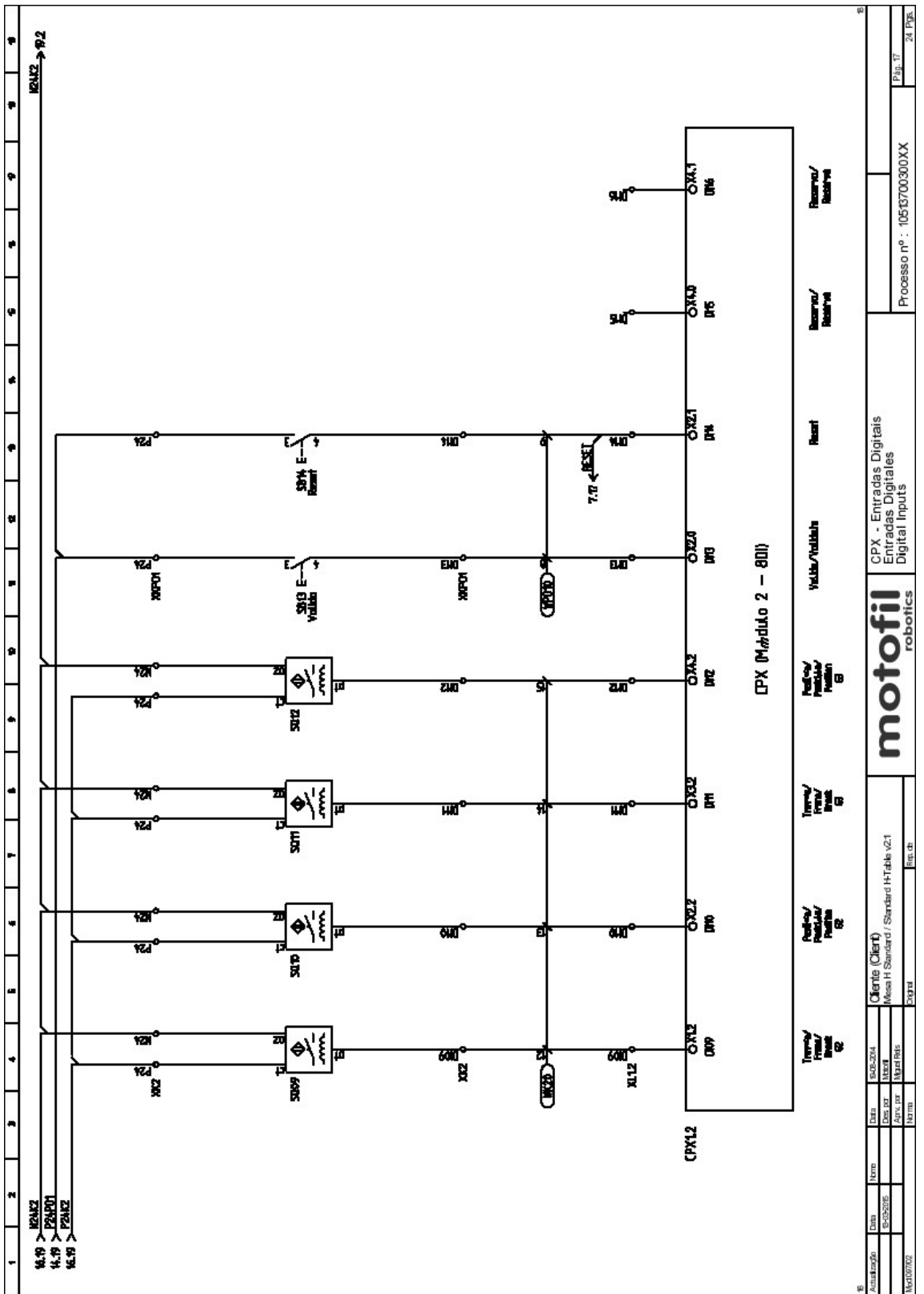




Atualizado	Data	Nome	Data	505-274	Cliente (Client)	Ethernet IP Switch		Processo nº : 10513700300XX	Página: 11
5-05-2016	05-05-2016		05-05-2016	Motif	Mesa H Standard / Standard H-Table v2.1				24
Modificado	Norma	Proj. por	Norma	Algar Fois	Proj. de				







1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

16.19	>	PRAN2
16.19	>	PRAN1
16.19	>	PRAN2

Nome	500-204
Data	18/01
Des. por	Algar Fois
Des. por	Algar Fois
Norm	CPX

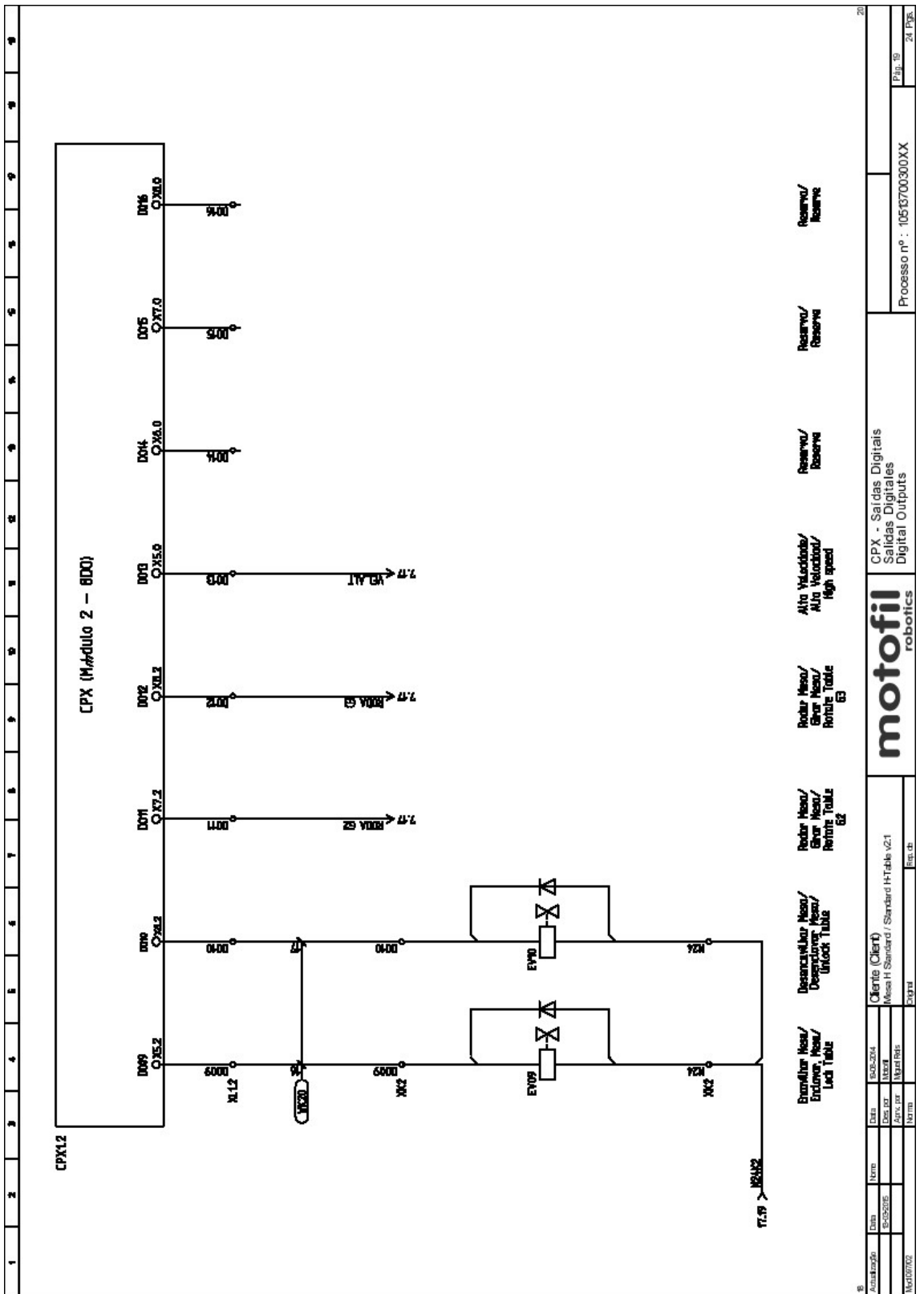
  

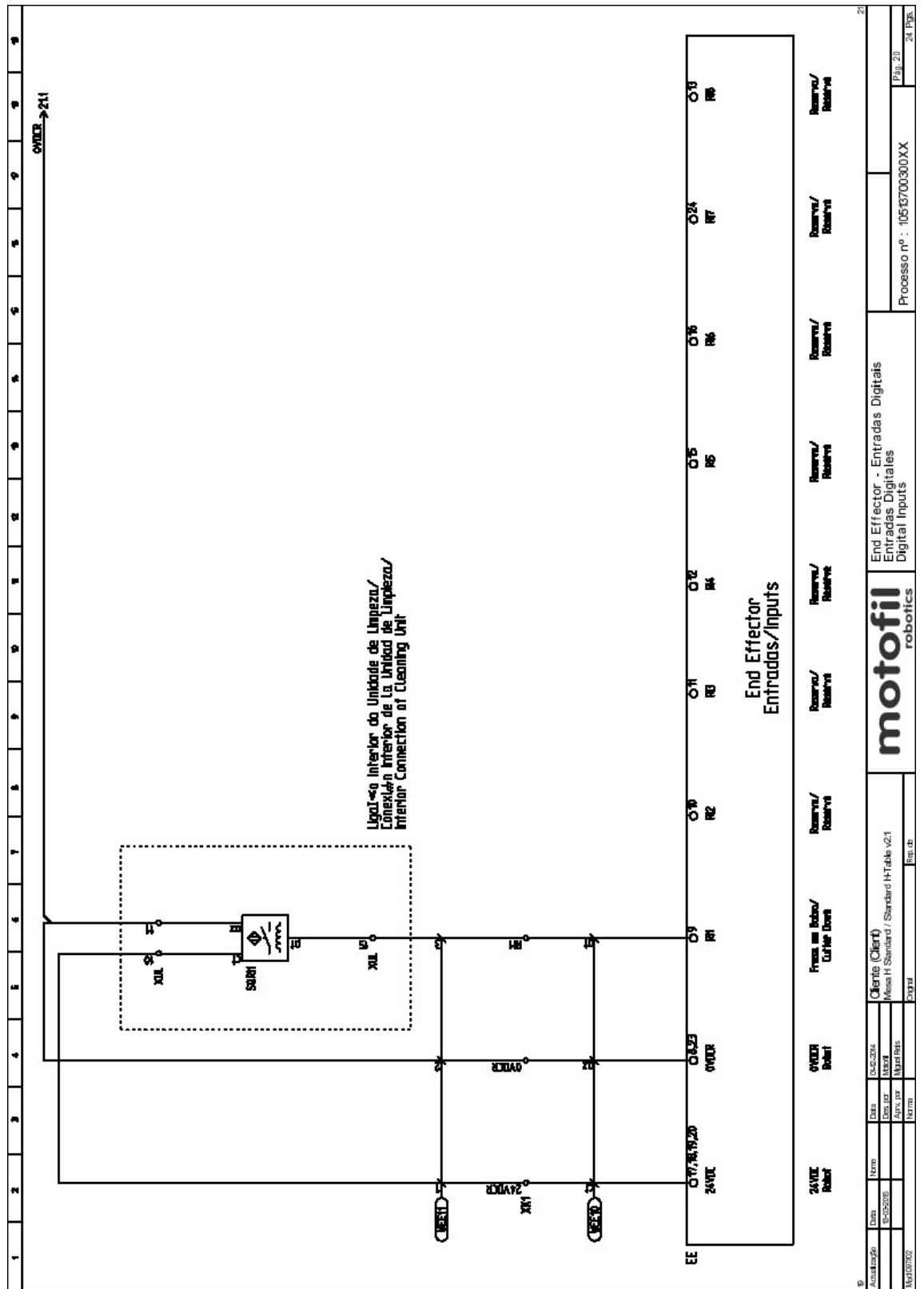
Cliente (Client)	CPX - Entradas Digitais
Entradas Digitais	Entradas Digitais
Digital	Digital
Entr. ch	Entr. ch

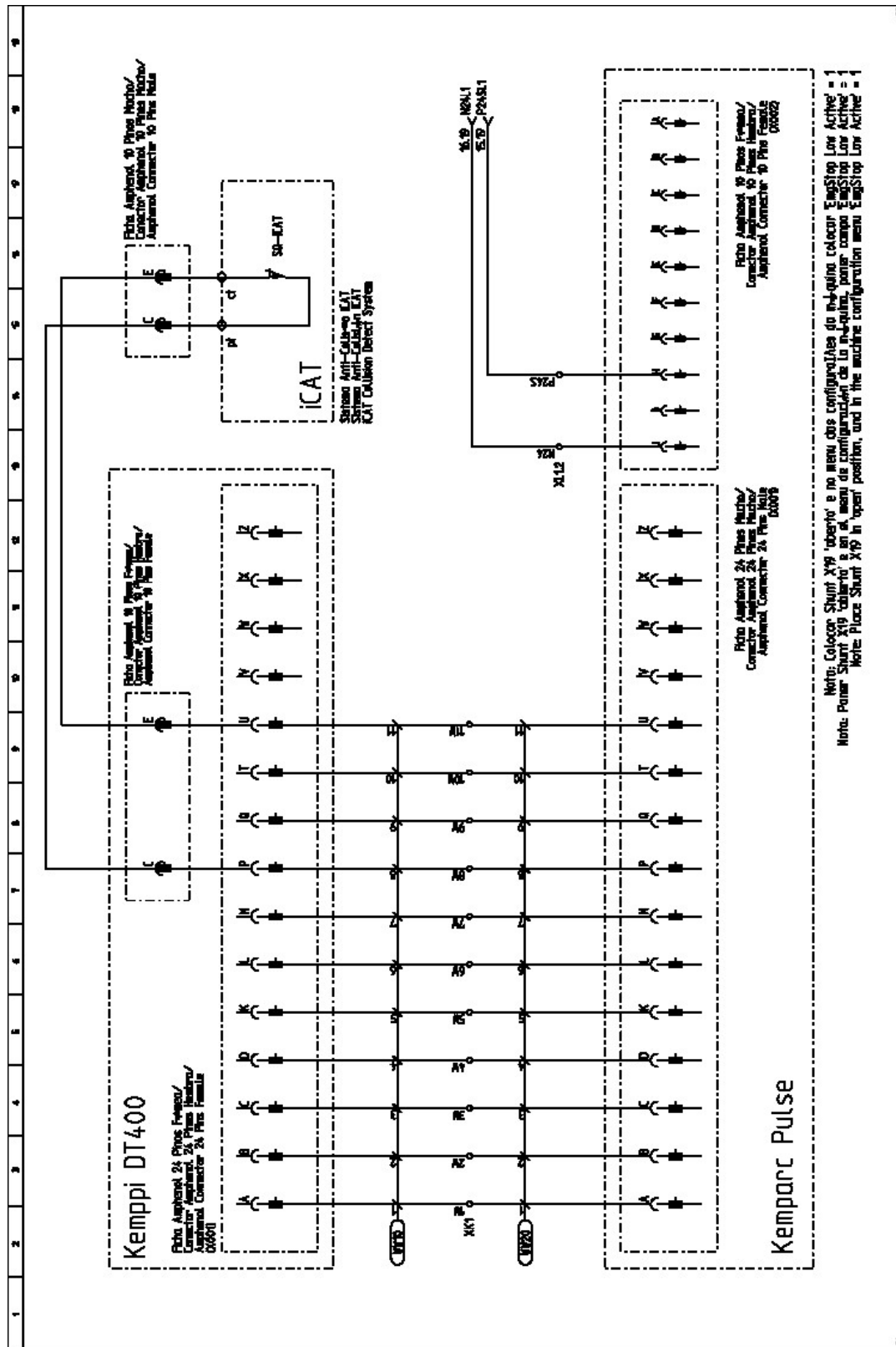
Processo nº :	10513700300XX
Pág. nº	24











21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Nome	SOB-204	Cliente (Client)	Mesa H Standard / Standard H-Table v21	Processo nº	10513700300XX	Página	24																																																																								
Modificação																																																																															
Data	05/05/2016																																																																														
Des. por	MAR																																																																														
Rev. por	MAR																																																																														
Nome																																																																															

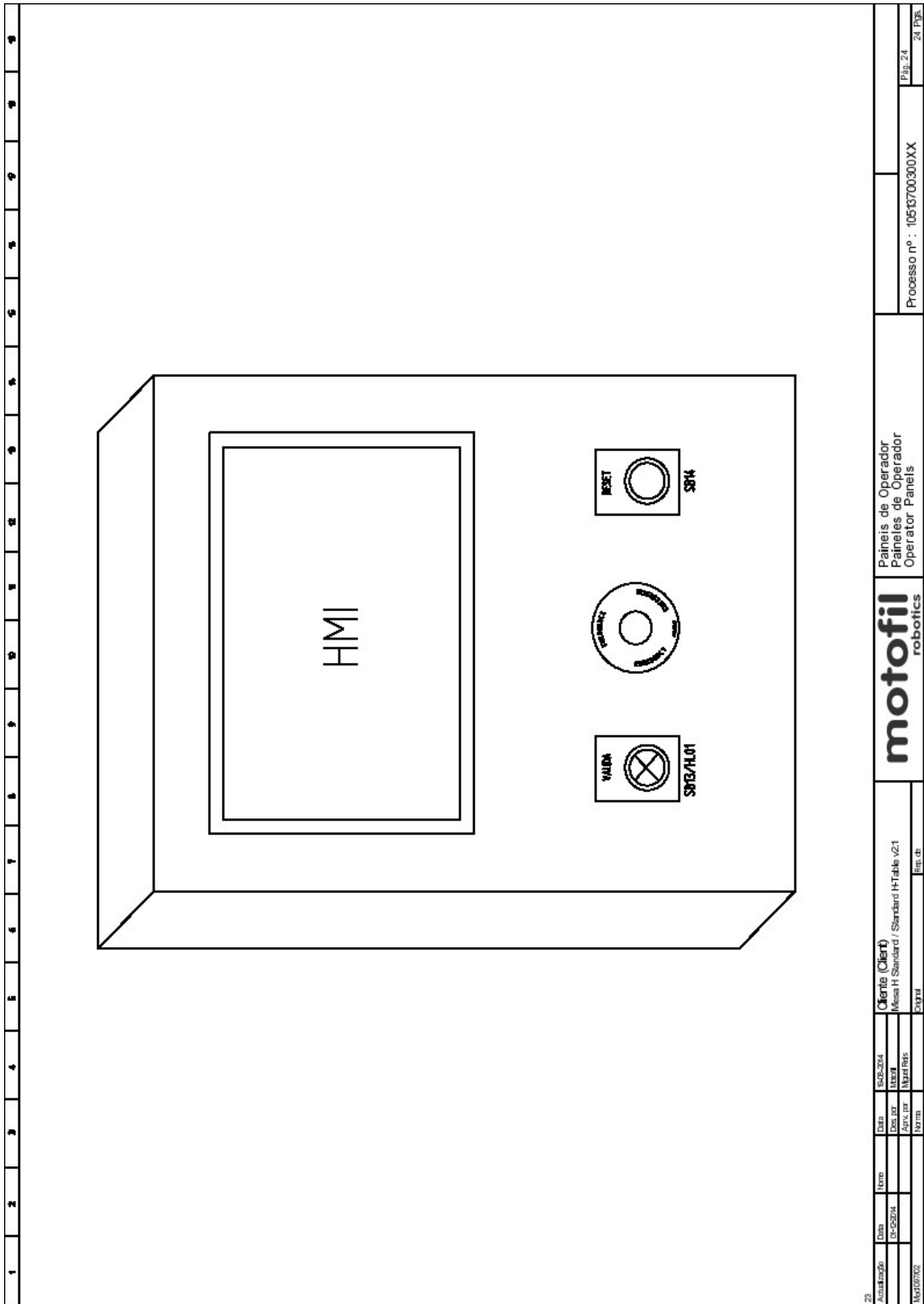
Nota: Colocar Shunt X19 aberto e no menu das configurações do in-queue colocar EngStop Low Active = 1  
 Nota: Poner Shunt X19 cerrado e en el menu de configuración de la in-queue poner como EngStop Low Active = 1  
 Note: Place Shunt X19 in 'open' position, and in the machine configuration menu EngStop Low Active = 1

Interface de Soldadura/Interfaz de Soldadura/Welding Interface  
 Fanuc R-30iB <-> Kemparc Pulse

Inputs	Descrição/Description	Outputs	Descrição/Description
001011	Error Number 01	001011	Memory Channel 01
001021	Error Number 02	001021	Memory Channel 01
001031	Error Number 03	001031	Memory Channel 01
001041	Error Number 04	001041	Memory Channel 01
001051	Error Number 05	001051	Memory Channel 01
001061	Error Number 06	001061	Memory Channel 01
001071	Error Number 07	001071	Memory Channel 01
001081	Error Number 08	001081	Memory Channel 01
001091	Error Number 09	001091	Memory Channel 01
001101	Arc Estabilized	001101	Unused
001111	Touch Sensed	001111	Unused
001121	Power Source Ready	001121	Unused
001131	Error	001131	Unused
001141	Ready	001141	Unused
001151	Local/Remote	001151	Unused
001161	Auto/Manual Key Selected	001161	Unused
001171	Throughput 1	001171	Welding Start
001181	Throughput 2	001181	Unused
001191	Throughput 3	001191	Wire In
001201	Handwritten	001201	Wire In/Out
001211	Throughput 5	001211	Gas Purge
001221	Throughput 6	001221	Unused
001231	Unused	001231	Touch Sensing
001241	Unused	001241	On/Off
001251	Unused	001251	Field Bus Control
001261	Unused	001261	Error Reset
001271	Unused	001271	Unused
001281	Unused	001281	Unused
001291	Unused	001291	Unused
001301	Unused	001301	External Output 1 +24V
001311	Unused	001311	External Output 2 +24V
001321	Unused	001321	External Output 3 +24V

22

Atualizado	Data	Por	Revisão	Norma
	01-05-2014	MMF		
Modificado	Data	Por	Revisão	Norma
<b>Cliente (Client)</b> Mesa H Standard / Standard H-Table v21				
<b>motofil</b> robotics				
Processo nº : 10513700300XX				Página 23
				24 Págs.



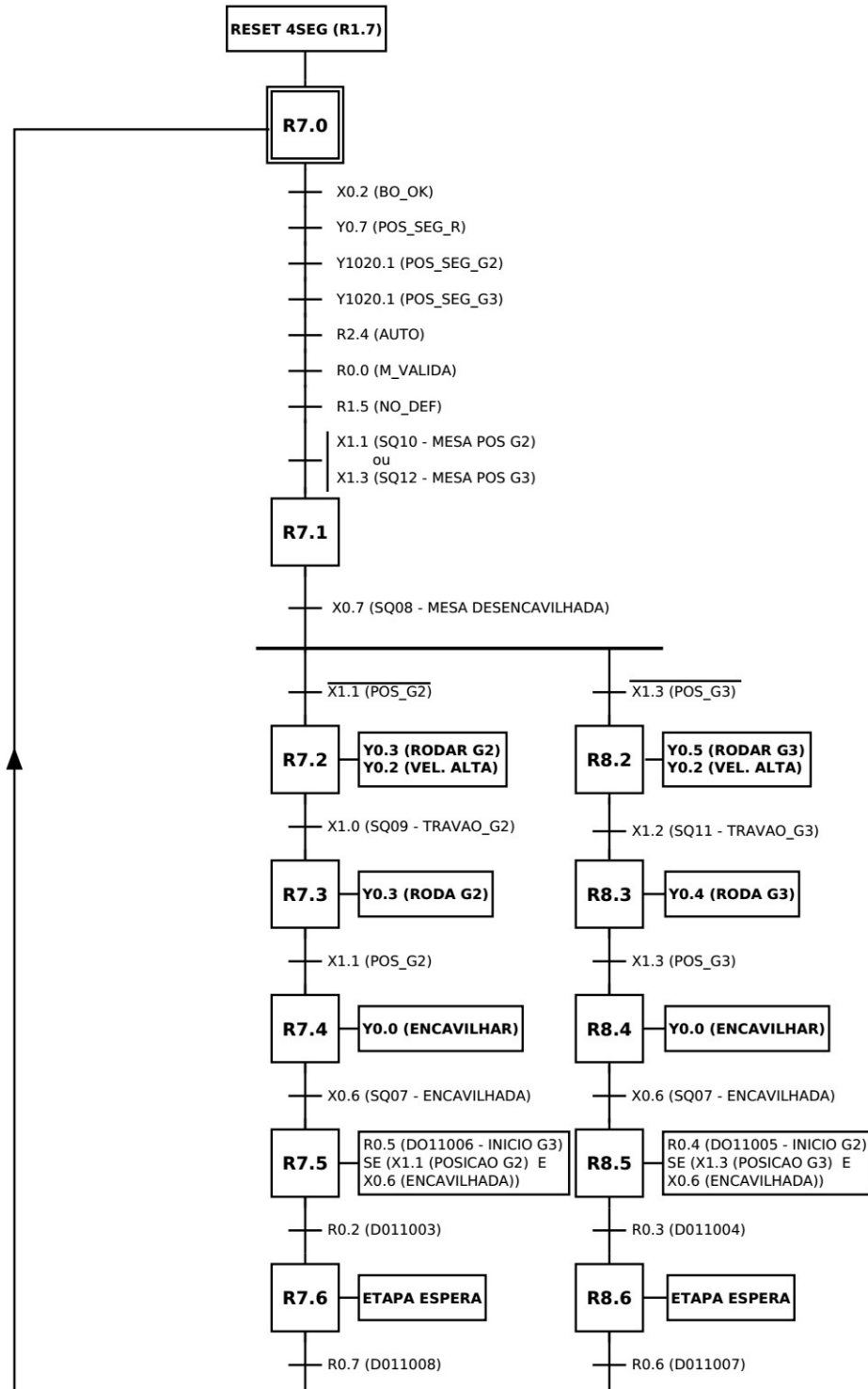
23

Atualizado	Data	31-05-2014	Nome	BOB-2014	Cliente (Client)	Painéis de Operador Panneles de Operador Operator Panels		Processo nº : 10513700300XX	Pág: 21
Des. por	Data	01-05-2014	Des. por	Alber	Mesa H Standard / Standard H-Table v21	motofil robotics			
Exec. por	Data		Exec. por						
Norma	Norma		Norma						



Anexo II - Grafcet Modo Automático Mesa H

**MESA H - GRAFCET MODO AUTOMÁTICO**





## **Anexo III - Manual de Operador Mesa H**

### **| DEFINIÇÕES E TERMINOLOGIAS ADOTADAS NO MANUAL**

Área de trabalho do operador: Todo o espaço compreendido desde o gabarit atravessando a área protegida pelas barreiras óticas até junto do painel operador;

P.O.1: Painel Operador 1;

CCL: Ciclo ;

B.O.: Barreiras Óticas.

### **2 | BREVE APRESENTAÇÃO DA MÁQUINA**

Esta célula é composta por 1 robot e 2 aros apoiados numa mesa rotativa onde se colocam os gabarits a soldar.

O processo de trabalho da instalação decorre da seguinte forma:

- Montagem das peças no gabarit da área do operador e consequente validação do operador;
- A mesa gira de forma a colocar o gabarit montado e validado na zona do robot e o que estava no robot, passa para a área de trabalho do operador ficando à espera de nova peça e validação;
- O robot solda a(s) peça(s) montada(s) no gabarit validado;
- Caso não haja anomalias no processo de soldadura, após validação do próximo gabarit , a mesa gira repetindo-se todo o processo novamente.

## 2.1 | Layout geral

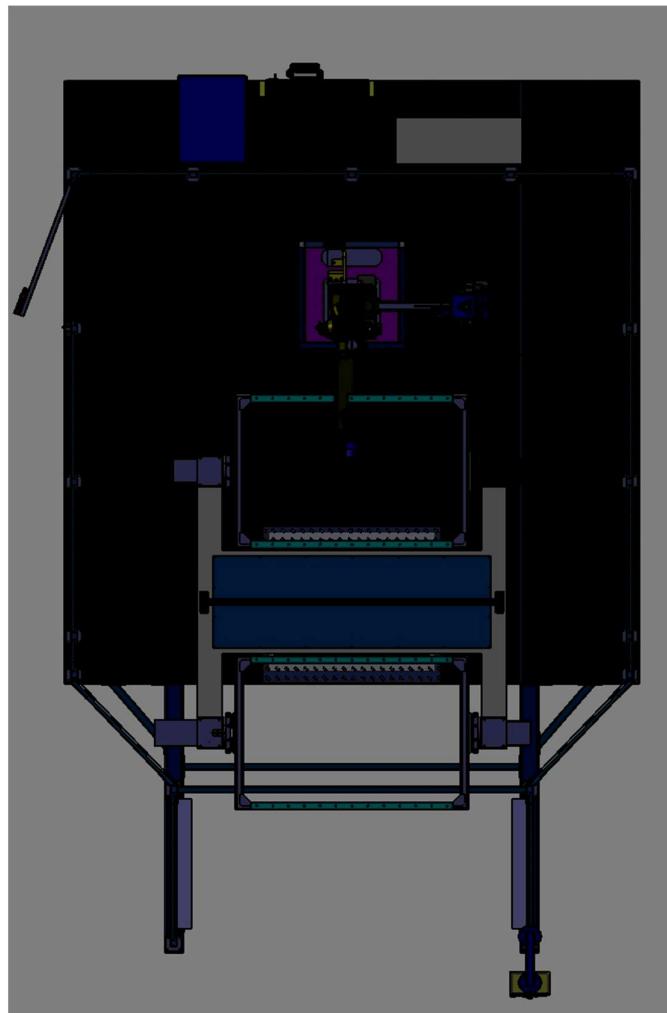


Figura 1 – Layout geral da célula

## 3 | ESQUEMA DAS FUNÇÕES DE SEGURANÇA

Esta célula possui um sistema com dois níveis de segurança com vista a proteger o operador e a própria máquina.

O primeiro nível de segurança “Fence” é ativado por portas abertas ou barreiras óticas obstruídas. Este nível de segurança impede o movimento em ciclo automático mas em modo manual é possível anular o erro.

O segundo nível de segurança “Emergency Stop” é ativado quando uma das botoneiras de emergência é ativada. Esta ação impede todos os tipos de movimento.

As botoneiras de emergência localizam-se no painel operador, no painel do controlador do robot e na consola de programação do robot.

## 4 | INSTRUÇÕES DE UTILIZAÇÃO DA MÁQUINA

### 4.1 | Funções dos órgãos de comando e sinalização

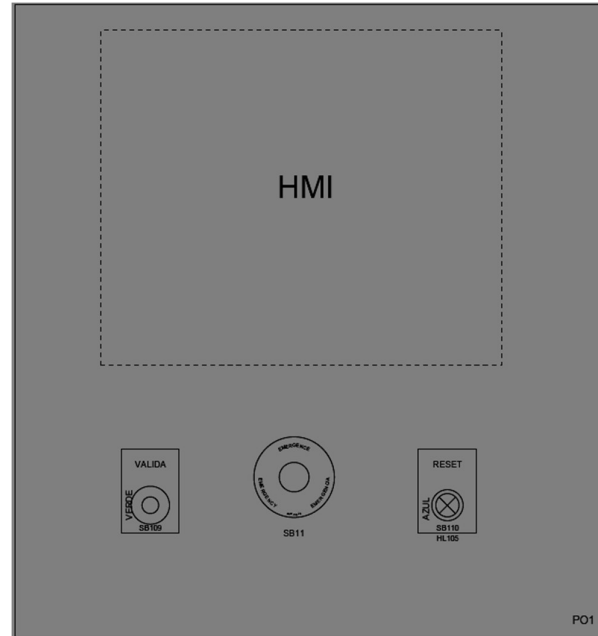


Figura 2 – Painel operador (P.O.1)

#### 4.1.1 | Descrição de dispositivos e botões

##### Consola HMI:

Faz o interface entre a máquina e operador;

##### MAQUINA DE SOLDADURA:

Fonte de Energia para a soldadura MIG a ser executada pelo robot;

##### Valida:

Após a montagem do gabarito, este botão permite ao operador validar o fecho, ciclo de rotação e conseqüente ciclo de soldadura se habilitado;

##### Reset.:

Este botão faz o rearme das seguranças da célula;

Quando premido durante 5 segundos, faz reset a todos os graficets e coloca a máquina na origem.

## 4.2 | Descrição das páginas HMI da consola no Painel Operador

### 4.2.1 | Página “Início”

Quando a máquina é iniciada, na consola é apresentada a seguinte página:

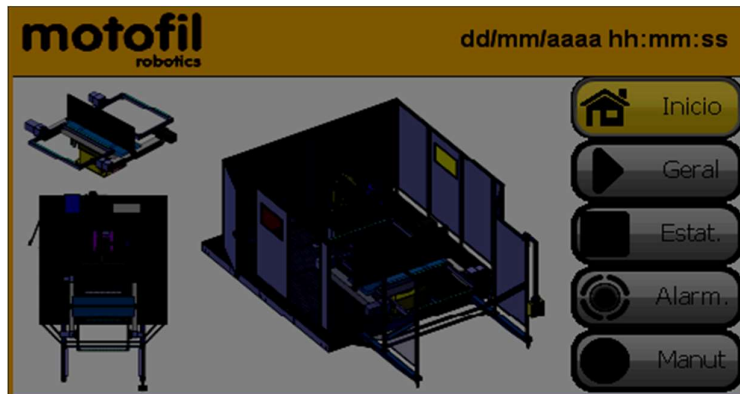


Figura 3 – Página “Início”

Nesta página, são apresentadas a data, hora, o “*layout*” da Mesa H e a identificação da Motofil Robotics.

### 4.2.2 | Página “Geral”

Esta página é apresentada sempre que a tecla “Geral” é pressionada.



Figura 4 – Página “Geral”

Esta página tem sinalizadores e botões:

- **Origem** – Indica que a máquina se encontra na origem;
- **Sinal Defeito / Emergência** – Indica a existência de defeito ou emergência consoante esteja intermitente ou ativo respetivamente;
- **MAN / AUT** – Dependendo da posição do seletor respetivo, indica se está selecionado o modo manual ou se está selecionado o modo automático de

funcionamento da máquina. Se a máquina estiver em ciclo automático, ao selecionar o modo manual, faz parar imediatamente o ciclo presente;

- **Validado** – Indica que o gabarit presente na área de trabalho do operador se encontra validado;
- **Início de ciclo** – Após a seleção do modo automático, tem duas funções, “início de ciclo seguro” (pressionando durante 2 seg.) utilizado quando a máquina está parada, e “início de ciclo normal” (Click) quando o ciclo automático foi interrompido mas estão reunidas as condições de início de ciclo (a máquina está na origem);
- **Fim de ciclo** – Quando pressionado, faz parar a máquina no final do ciclo presente;

#### 4.2.3 | Página “Posicionar Mesa”

Esta página é apresentada sempre que dentro da Página Geral, a tecla “Posicionar Mesa” é pressionada.



Figura 5 – Página “Posicionar mesa”

Esta página tem botões e sinalizadores que são ativos em modo manual:

- **Encavilhar Mesa** – Botão de encavilhar a mesa e o respectivo sinalizador;
- **Desencavilhar Mesa** – Botão de desencavilhar a mesa e o respectivo sinalizador;
- **Roda Mesa Posição G2** – Botão que faz girar a mesa no sentido de G2 com o respectivo sinalizador de posição atual;
- **Roda Mesa Posição G3** – Botão que faz girar a mesa no sentido de G3 com o respectivo sinalizador de posição atual;

#### 4.2.4 | Página “Estatística”

Esta página é apresentada sempre que a tecla “Estat” é pressionada.

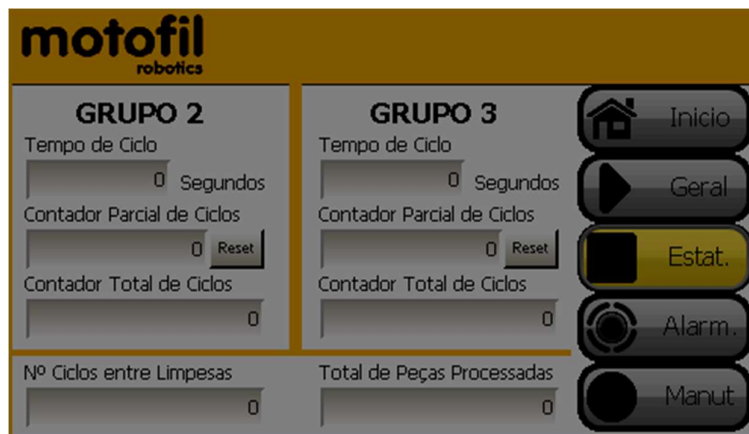


Figura 6 – Página “Estatística”

Esta página só contém campos de leitura, exceto o nº de ciclos entre limpezas:

- **Tempo de Ciclo** – Indica o último tempo de ciclo executado;
- **Contador Parcial de Ciclos** – Indica o número de ciclos completados em cada grupo;
- **Reset** – Reinicia a contagem do número de ciclos/peças de G2/G3.
- **Contador Total de Ciclos** – Indica o número total de ciclos completos em cada grupo;
- **Total de Peças Processadas** – Indica o total de ciclos para toda a célula (G2+G3)
- **Nº de Ciclos entre Limpezas** – Permite-nos visualizar e alterar o número de ciclos entre cada limpeza da tocha.

#### 4.2.5 | Página “Alarme”

Esta página é apresentada sempre que a tecla “Alarme” é pressionada.



Figura 7 – Página “Alarme”

Nesta página são apresentados todos os alarmes ou defeitos programados.

#### 4.2.6 | Página “Manutenção”

Esta página é apresentada sempre que a tecla “Manut” é pressionada.

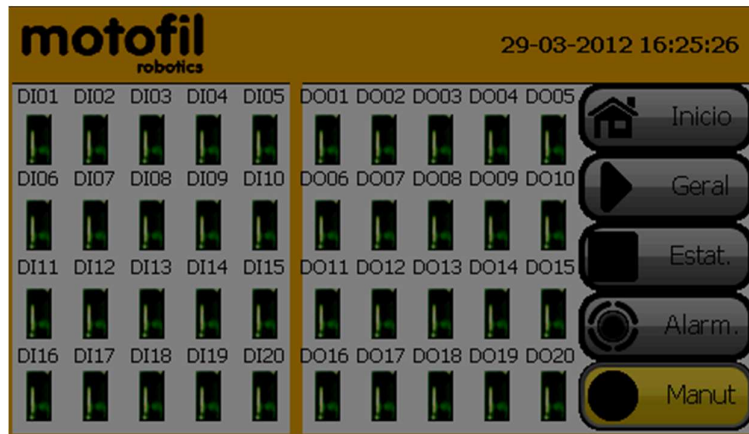


Figura 8 – Página “Manutenção”

Neste campo é indicado o estado de todas as entradas e saídas do autómato e tem por objetivo ajudar na identificação de avarias.

### 4.3 | Modo de funcionamento

#### 4.3.1 | Colocação em serviço

- Ligar o Interruptor Geral do quadro de alimentação;
- Aguardar inicialização do programa autómato, consola e robots.

Após a inicialização do programa HMI é apresentada a página onde são identificados tanto a Motofil Robotics como a célula em questão (Fig. 3).

- Ao pressionar no botão “Geral” da consola é apresentada a página “Geral” (fig. 4).
- Selecionar “Manual” e em de seguida fazer “Reset” para anular os alarmes e garantir que tudo está no ponto inicial;
- Em “Posicionar Mesa” (fig. 5), seleccionar os postos com que se quer trabalhar;
- Verificar que a máquina está em origem;
- Na página “ALARMES” (fig. 7), visualizar os alarmes existentes e proceder de forma a elimina-los;
- Selecionar modo automático.

#### **4.3.2 | Procedimento para movimentar manualmente a máquina**

Para movimentar manualmente a máquina ou simplesmente sair do modo automático, apenas é necessário selecionar modo “Manual” na página Geral (fig. 4);

#### **4.3.3 | Procedimento para colocar a máquina em ORIGEM**

Para iniciar CCL automático é necessário que a máquina se encontre na posição de início de ciclo (ORIGEM). Para o fazer de forma semi-automática:

- Selecionar modo Manual;
- Fazer “Reset.”
- O robot tem de ser deslocado manualmente para a posição de repouso;
- Deslocar a mesa para uma das posições G2 ou G3
- Encavilhar a mesa
- Colocar os aros dos gabarits na posição de segurança.

#### **4.3.4 | Procedimento para colocar a máquina em Automático**

Para iniciar CCL automático é necessário:

- Verificar que a máquina se encontra na posição “Origem”;
- Selecionar modo de trabalho Automático;
- Pressionar início de ciclo durante 3 seg;
- O sinalizador “Em Ciclo” ativa-se e nesse momento já está em Ciclo Automático.

#### **4.3.5 | Modos e meios de paragem (paragem de emergência)**

A paragem de emergência só deve ser feita em caso de emergência e não como uma paragem normal, pois esta provoca uma paragem repentina de todas as partes moveis o que exige um esforço adicional de todos os componentes mecânicos e levando assim a um desgaste prematuro dos mesmos.

Para fazer uma paragem de emergência apenas é necessário atuar um dos dispositivos descritos no ponto 3 deste documento (3. |Esquema das funções de segurança).

#### **4.3.6 | Procedimento para paragem de funções da máquina**

Para retirar a máquina do modo automático pode pressionar o botão “Fim de Ciclo” ou selecionar modo “Manual” (fig. 5);

Não existe nenhum procedimento obrigatório, mas é aconselhado colocar a máquina na origem antes desta ser desligada.

**4.3.7 | Instruções para a reparação de avarias e para o arranque após intervenção**

O operador deve chamar o técnico de manutenção sempre que se verificar uma avaria.

**4.3.8 | Identificação de alarmes ou avarias**

<b>Indicador</b>	<b>Significado</b>	<b>Correção</b>
Emergência ativa	1 - Botoneira de Emergência ativa; 2 - PMC Not OK; 3 - O Relé de Segurança detetou alguma anomalia a nível do circuito de segurança.	1 - Verificar a origem do defeito e corrigi-la; 2 - Garantir as condições de segurança; 3 - Pressionar RESET.
Variador em Erro.	1 - Por condições de Segurança; 2 - Disjuntor motor desligado;	1 – Restabelecer as condições de segurança e fazer um RESET. 2 - Ligar novamente o disjuntor; 3 - Se se verificar novamente, chamar a manutenção para verificar;
Robot em Erro	1 - Robot com defeito;	1- Verificar a origem do defeito e corrigi-la; 2- Pressionar RESET.
Falta de Ar no Sistema.	---	1 – Restabelecer a ligação do ar.
Emergência no Painel do Operador.	1 – Botão de emergência do painel do Robot foi pressionado;	1 – Restabelecer as condições de segurança; 2 – Rodar Botão de Emergência; 3 – Pressionar RESET
Barreira Ótica Cortada.	1 – Barreiras Óticas cortadas em período não permitido;	1 – Restabelecer as condições de segurança; 2 – Pressionar RESET
Alimentação em Erro.	1 – Falha no sistema de alimentação de 24v;	1 – Desligar e Ligar o Robot; 2 - Se se verificar novamente, chamar a manutenção para verificar;

Emergência Externa ao Robot.	1 – Botão de emergência do painel do operador foi pressionado;	1 – Restabelecer as condições de segurança; 2 – Rodar Botão de Emergência; 3 – Pressionar RESET
Falta de gás no sistema de soldadura.	---	1 – Restabelecer a ligação do gás.
Falta de água no sistema de soldadura.	1 – Falta água no sistema de arrefecimento da tocha de soldadura;	1 – Verificar a existência de tubos danificados; 2 – Reestabelecer o nível de água. 3 – Se se verificar novamente, chamar a manutenção para verificar;
Porta da Célula Aberta.	---	1 – Fechar a porta da célula;
O Robot não se encontra pronto para operação.		1- Verificar a origem do defeito e corrigi-la; 2- Pressionar RESET.
Robot encontra-se em FAULT.		1- Verificar a origem do defeito e corrigi-la; 2- Pressionar RESET.
Robot encontra-se com as Baterias em baixo.		1 – Substituir as Baterias o mais rápido possível.
- Mesa fora de posição; - A rotação para G2 não foi concluída num prazo de 10 seg; - A rotação para G3 não foi concluída num prazo de 10 seg;	1 - A mesa parou fora da posição normal devido a algo externo ao equipamento; 2 - A mesa pára frequentemente fora da posição normal; 3 – A mesa pode não encavilhar;	1 - Desobstruir as B.O., “RESET” e início de ciclo normalmente; 2 - Em manual, deslocar a mesa para G2 ou G3 e retomar CCL automático; 3 - Deve confirmar a afinação dos sensores internos da mesa; 4 – Verificar o Motor da Mesa; 5 – Verificar a eletroválvula de encavilhar/desencavilhar;

---

<ul style="list-style-type: none"><li>- A mesa não concluiu a tarefa de desencavilhar;</li><li>- A mesa não concluiu a tarefa de desencavilhar.</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>6 – Verificar Cilindro de enc./desenc.;</li><li>7 - Se não é clara a origem do defeito, chamar um técnico especializado para apurar a origem da anomalia;</li></ul>
---	--	---



## Anexo IV – Parametrização do Variador da Mesas H

### Parameter List

**Device Name :** Offline parameterize

**Device Type :** 53xE 7,5KW/400V

**Database :** 6371\_final.ndbx

**Filter:** Release: Off, No standard value: Off, Info parameter: Yes, Supervisor: Yes

---

[ANEXOS]

Nr	Index	Parameter Name	Parameter Set 1	Parameter Set 2	Parameter Set 3	Parameter Set 4	Unit
<b>Parâmetros extras</b>							
560	0	Modo guardar parâmet	RAM e EEPROM [1]				
<b>Visualização Display</b>							
1	0	Selecc valor Display	Frequência actual [0]				
2	0	Factor conversão	1				
3	0	Código Supervisor	1				
<b>Parâmetros básicos</b>							
100	0	Grupo parâmetros	Grupo parâmetros 1 [0]				
101	0	Copiar parâmetros	Não copiar [0]				
102	0	Rampa aceleração	0	0,9	0,9	2	s
103	0	Rampa desaceleração	1,2	1,2	1	0,8	s
104	0	Frequência mínima	0	50	6	0	Hz
105	0	Frequência máxima	90	90	90	90	Hz
106	0	Suavização rampa	0	0	0	0	%
107	0	Tempo fechar freio	0	0	0	0	s
108	0	Modo de paragem	Com rampa [1]	Com rampa [1]	Com rampa [1]	Com rampa [1]	
109	0	Corrente DC frenagem	100	100	100	100	%
110	0	Tempo corrente DC	2	2	2	2	s
111	0	Factor-P lim binário	100	100	100	100	%
112	0	Limite corr. binário	401	401	401	401	%
113	0	Memória freq trabal	0	0	0	0	Hz
114	0	Tempo abrir freio	Off	Off	Off	Off	s
<b>Dados motor</b>							
200	0	Lista de motores	Sem alteração [0]	Sem alteração [0]	Sem alteração [0]	Sem alteração [0]	
201	0	Frequência nominal	50	50	50	50	Hz
202	0	Velocidade nominal	1420	1420	1420	1445	rpm
203	0	Corrente nominal	12,6	12,6	12,6	14,8	A
204	0	Tensão nominal	220	220	220	400	V
205	0	Potência nominal	3	3	3	7,5	kW
206	0	CosPhi	0,82	0,82	0,82	0,84	
207	0	Estrela/triângulo	Triangulo [1]	Triangulo [1]	Triangulo [1]	Triangulo [1]	
208	0	Resistência estator	1,88	1,88	1,88	1,45	Ohm
209	0	Corrente sem carga	9	9	9	6,9	A
210	0	Boost estático	100	100	100	100	%
211	0	Boost dinâmico	100	120	120	100	%
212	0	Compensar escorrega.	80	100	130	100	%
213	0	Ganho controlo ISD	80	100	100	100	%
214	0	Binário pré arranque	0	0	0	0	%
215	0	Boost pré arranque	0	0	0	0	%

[ANEXOS]

Nr	Index	Parameter Name	Parameter Set 1	Parameter Set 2	Parameter Set 3	Parameter Set 4	Unit
216	0	Temp boost PréArranq	0	0	0	0	s
217	0	Suavizar oscilação	10				%
218	0	Intensidade PWM	100				%
219	0	Magnetização mínima	100				%
220	0	Reconhecimento motor	Nenhuma leitura [0]	Nenhuma leitura [0]	Nenhuma leitura [0]	Nenhuma leitura [0]	
<b>Controlo velocidade</b>							
300	0	Modo servo	Desligado [0]	Desligado [0]	Desligado [0]	Desligado [0]	
301	0	Encoder incremental	4096 [6]				
310	0	P - CTRL velocidade	100	100	100	100	%
311	0	I - CTRL velocidade	20	20	20	20	%/ms
312	0	P - CTRL binário	200	200	200	200	%
313	0	I - CTRL binário	125	125	125	125	%/ms
314	0	Limite CTRL binário	400	400	400	400	V
315	0	P - CTRL campo mag.	200	200	200	200	%
316	0	I - CTRL campo mag.	125	125	125	125	%/ms
317	0	Limite CTRL cam. mag	400	400	400	400	V
318	0	P - Campo enfraque.	150	150	150	150	%
319	0	I-Campo mag enfraque	20	20	20	20	%/ms
320	0	Limite enfraq. campo	100	100	100	100	%
321	0	I durante mag. freio	P311x1 (Component P311x1 (Component P311x1 (Component P311x1 (Component I) [0]	I) [0]	I) [0]	I) [0]	
325	0	Função encoder	Controlo servo [0]				
326	0	Relação encoder	1				
327	0	Escorrega máx erro	Off	Off	Off	Off	rpm
328	0	Atr Protecção Escorr	Off	Off	Off	Off	s
<b>Controlo saídas</b>							
400	0	Função Entr Analóg 1	Desligado [0]	Freq. Referência [1]	Desligado [0]	Desligado [0]	
401	0	Modo Entr Analóg 1	0 - 10 V limitado [0]				
402	0	Ajustar Analóg 1: 0%	0				V
403	0	Ajusta Analóg 1:100%	10				V
404	0	Filtro Entr Analóg 1	100				ms
405	0	Função Entr Analóg 2	Desligado [0]	Desligado [0]	Desligado [0]	Desligado [0]	
406	0	Modo Entr Analóg 2	0 - 10 V limitado [0]				
407	0	Ajustar Analóg 2: 0%	0				V
408	0	Ajusta Analóg 2:100%	10				V
409	0	Filtro Entr Analóg 2	100				ms
410	0	Freq mín ref auxilia	0	0	0	0	Hz
411	0	Freq máx ref auxilia	50	50	50	50	Hz
412	0	PID Valor referencia	5	5	5	5	V
413	0	PID componente P	10	10	10	10	%
414	0	PID componente I	10	10	10	10	%/s

[ANEXOS]

Nr	Index	Parameter Name	Parameter Set 1	Parameter Set 2	Parameter Set 3	Parameter Set 4	Unit
415	0	PID componente D	1	1	1	1	%/ms
416	0	Rampa referência PI	2	2	2	2	s
417	0	Mínimo saíd análog 1	0	0	0	0	V
418	0	Função saíd análog 1	Nenhuma função [0] Nenhuma função [0] Nenhuma função [0]			Nenhuma função [0]	
419	0	Gama saída análog 1	100	100	100	100	%
420	0	Entrada Digital 1	Habilitar à direita [1]				
421	0	Entrada Digital 2	Habilitar à esquerda [2]				
422	0	Entrada Digital 3	Paragem Emergência [11]				
423	0	Entrada Digital 4	Mudar parâmetros [8]				
424	0	Entrada Digital 5	Limpar o erro [12]				
425	0	Entrada Digital 6	Mudar parâmetros 2 [17]				
426	0	Rampa Parag Emergênc	0,3	0,4	0,4	0,1	s
427	0	Erro-Parag Emergênci	Desligado [0]				
428	0	Arranque automático	Desligado [0]				
429	0	Frequência fixa 1	82	81	81	0	Hz
430	0	Frequência fixa 2	0	0	0	0	Hz
431	0	Frequência fixa 3	0	0	0	0	Hz
432	0	Frequência fixa 4	0	0	0	0	Hz
433	0	Frequência fixa 5	0	0	0	0	Hz
434	0	Função Relé 1	Freio externo [1]	Freio externo [1]	Freio externo [1]	Freio externo [1]	
435	0	Escala relé 1	100	100	100	100	%
436	0	Histerese Relé 1	10	10	10	10	%
441	0	Função Relé 2	Erro [7]	Erro [7]	Erro [7]	Erro [7]	
442	0	Escala relé 2	100	100	100	100	%
443	0	Histerese Relé 2	10	10	10	10	%
450	0	Função saída díg 3	Nenhuma função [0] Nenhuma função [0] Nenhuma função [0]			Nenhuma função [0]	
451	0	Escala Saída Dig 3	100	100	100	100	%
452	0	Histeres Saída Dig 3	10	10	10	10	%
455	0	Função saída díg 4	Nenhuma função [0] Nenhuma função [0] Nenhuma função [0]			Nenhuma função [0]	
456	0	Escala Saída Dig 4	100	100	100	100	%
457	0	Histeres Saída Dig 4	10	10	10	10	%
460	0	Tempo Watchdog-Erro	10				s
461	0	Função 2º encoder	Controlo servo [0]				
462	0	Nº impuls 2º encoder	1024				
463	0	Relação 2º encoder	1				
464	0	Modo Frequênci Fixas	Soma à referen princ [0]				
465	0	Tabela freq fixas[1]	0				Hz

[ANEXOS]

Nr	Index	Parameter Name	Parameter Set 1	Parameter Set 2	Parameter Set 3	Parameter Set 4	Unit
465	1	Tabela freq fixas[2]	0				Hz
465	2	Tabela freq fixas[3]	0				Hz
465	3	Tabela freq fixas[4]	0				Hz
465	4	Tabela freq fixas[5]	0				Hz
465	5	Tabela freq fixas[6]	0				Hz
465	6	Tabela freq fixas[7]	0				Hz
465	7	Tabela freq fixas[8]	0				Hz
465	8	Tabela freq fixas[9]	0				Hz
465	9	Tabela freq fixas[10]	0				Hz
465	10	Tabela freq fixas[11]	0				Hz
465	11	Tabela freq fixas[12]	0				Hz
465	12	Tabela freq fixas[13]	0				Hz
465	13	Tabela freq fixas[14]	0				Hz
465	14	Tabela freq fixas[15]	0				Hz
465	15	Tabela freq fixas[16]	0				Hz
465	16	Tabela freq fixas[17]	0				Hz
465	17	Tabela freq fixas[18]	0				Hz
465	18	Tabela freq fixas[19]	0				Hz
465	19	Tabela freq fixas[20]	0				Hz
465	20	Tabela freq fixas[21]	0				Hz
465	21	Tabela freq fixas[22]	0				Hz
465	22	Tabela freq fixas[23]	0				Hz
465	23	Tabela freq fixas[24]	0				Hz
465	24	Tabela freq fixas[25]	0				Hz
465	25	Tabela freq fixas[26]	0				Hz
465	26	Tabela freq fixas[27]	0				Hz
465	27	Tabela freq fixas[28]	0				Hz
465	28	Tabela freq fixas[29]	0				Hz
465	29	Tabela freq fixas[30]	0				Hz
465	30	Tabela freq fixas[31]	0				Hz
466	0	PID Freq. mínima	0	0	0	0	Hz
470	0	Entrada Digital 7	Nenhuma função [0]				
475	0	Atraso Ligar/Desliga[1]	0				s
475	1	Atraso Ligar/Desliga[2]	0				s
475	2	Atraso Ligar/Desliga[3]	0				s
475	3	Atraso Ligar/Desliga[4]	0				s
475	4	Atraso Ligar/Desliga[5]	0				s
475	5	Atraso Ligar/Desliga[6]	0				s
475	6	Atraso Ligar/Desliga[7]	0				s
475	7	Atraso Ligar/Desliga[8]	0				s

[ANEXOS]

Nr	Index	Parameter Name	Parameter Set 1	Parameter Set 2	Parameter Set 3	Parameter Set 4	Unit
475	8	Atraso Ligar/Desliga[9]	0				s
480	0	Funct Bits Ent BusIO[1]	Nenhuma função [0]				
480	1	Funct Bits Ent BusIO[2]	Nenhuma função [0]				
480	2	Funct Bits Ent BusIO[3]	Nenhuma função [0]				
480	3	Funct Bits Ent BusIO[4]	Nenhuma função [0]				
480	4	Funct Bits Ent BusIO[5]	Nenhuma função [0]				
480	5	Funct Bits Ent BusIO[6]	Nenhuma função [0]				
480	6	Funct Bits Ent BusIO[7]	Nenhuma função [0]				
480	7	Funct Bits Ent BusIO[8]	Nenhuma função [0]				
480	8	Funct Bits Ent BusIO[9]	Nenhuma função [0]				
480	9	Funct Bits Ent BusIO[10]	Nenhuma função [0]				
480	10	Funct Bits Ent BusIO[11]	Nenhuma função [0]				
480	11	Funct Bits Ent BusIO[12]	Nenhuma função [0]				
481	0	Fun Bits Saída BusIO[1]	Nenhuma função [0]				
481	1	Fun Bits Saída BusIO[2]	Nenhuma função [0]				
481	2	Fun Bits Saída BusIO[3]	Nenhuma função [0]				
481	3	Fun Bits Saída BusIO[4]	Nenhuma função [0]				
481	4	Fun Bits Saída BusIO[5]	Nenhuma função [0]				
481	5	Fun Bits Saída BusIO[6]	Nenhuma função [0]				
481	6	Fun Bits Saída BusIO[7]	Nenhuma função [0]				
481	7	Fun Bits Saída BusIO[8]	Nenhuma função [0]				
481	8	Fun Bits Saída BusIO[9]	Nenhuma função [0]				
481	9	Fun Bits Saída BusIO[10]	Nenhuma função [0]				
482	0	Resp Bits Saíd BusIO[1]	100				%
482	1	Resp Bits Saíd BusIO[2]	100				%
482	2	Resp Bits Saíd BusIO[3]	100				%
482	3	Resp Bits Saíd BusIO[4]	100				%
482	4	Resp Bits Saíd BusIO[5]	100				%
482	5	Resp Bits Saíd BusIO[6]	100				%
482	6	Resp Bits Saíd BusIO[7]	100				%
482	7	Resp Bits Saíd BusIO[8]	100				%
482	8	Resp Bits Saíd BusIO[9]	100				%
482	9	Resp Bits Saíd BusIO[10]	100				%
483	0	Histe Bit Saíd BusIO[1]	10				%
483	1	Histe Bit Saíd BusIO[2]	10				%
483	2	Histe Bit Saíd BusIO[3]	10				%
483	3	Histe Bit Saíd BusIO[4]	10				%
483	4	Histe Bit Saíd BusIO[5]	10				%
483	5	Histe Bit Saíd BusIO[6]	10				%
483	6	Histe Bit Saíd BusIO[7]	10				%

[ANEXOS]

Nr	Index	Parameter Name	Parameter Set 1	Parameter Set 2	Parameter Set 3	Parameter Set 4	Unit
483	7	Histe Bit Saíd BusIO[8]	10				%
483	8	Histe Bit Saíd BusIO[9]	10				%
483	9	Histe Bit Saíd BusIO[10]	10				%
<b>Parâmetros extras</b>							
501	0	Nome Variador					
502	0	Valor Função Mestre[1]	Desligado [0]	Desligado [0]	Desligado [0]	Desligado [0]	
502	1	Valor Função Mestre[2]	Desligado [0]	Desligado [0]	Desligado [0]	Desligado [0]	
502	2	Valor Função Mestre[3]	Desligado [0]	Desligado [0]	Desligado [0]	Desligado [0]	
503	0	Mestre/Bus comunicaç	Desligado [0]				
504	0	Frequência comutação	6				kHz
505	0	Freq. mín. absoluta	0	0	0	2	Hz
506	0	Reset automático	Desligado [0]				
507	0	Tipo PPO	1				
508	0	Endereço Profibus	1				
509	0	Origem Word Controle	Entr. Dig ou consola [0]				
510	0	Origem valor Referên[1]	Automático (= P509) [0]				
510	1	Origem valor Referên[2]	Automático (= P509) [0]				
513	0	Tempo limit resposta	0				s
514	0	Vel. transmissão CAN	125 kbit/s [4]				
515	0	Endereço BUS CAN[1]	50				
515	1	Endereço BUS CAN[2]	50				
515	2	Endereço BUS CAN[3]	50				
516	0	Saltar frequência 1	Off	Off	Off	Off	Hz
517	0	Amplitu saltar freq1	2	2	2	2	Hz
518	0	Saltar frequência 2	Off	Off	Off	Off	Hz
519	0	Amplitu saltar freq2	2	2	2	2	Hz
520	0	Arranque movimento	Desligado [0]	Desligado [0]	Desligado [0]	Desligado [0]	
521	0	Resolução Arran Movi	0,05	0,05	0,05	0,05	Hz
522	0	Intervalo Arran Mov	0	0	0	0	Hz
523	0	Parâmetros fábrica	Sem alteração [0]				
525	0	Máximo control carga[1]	401	401	401	401	%
525	1	Máximo control carga[2]	401	401	401	401	%
525	2	Máximo control carga[3]	401	401	401	401	%
526	0	Mínimo control carga[1]	Off	Off	Off	Off	%
526	1	Mínimo control carga[2]	Off	Off	Off	Off	%
526	2	Mínimo control carga[3]	Off	Off	Off	Off	%
527	0	Freq controle carga[1]	25	25	25	25	Hz
527	1	Freq controle carga[2]	25	25	25	25	Hz

[ANEXOS]

Nr	Index	Parameter Name	Parameter Set 1	Parameter Set 2	Parameter Set 3	Parameter Set 4	Unit
527	2	Freq controle carga[3]	25	25	25	25	Hz
528	0	Atraso control carga	2	2	2	2	s
529	0	Modo controle carga	Erro & Alarme [0]	Erro & Alarme [0]	Erro & Alarme [0]	Erro & Alarme [0]	
533	0	Fator I <sup>2</sup> t - Motor	100				%
534	0	Ao desligar lim biná[1]	401	401	401	401	%
534	1	Ao desligar lim biná[2]	401	401	401	401	%
535	0	Motor - I <sup>2</sup> t	Classe 20 - 100% In [17]				
536	0	Limite corrente	2,1				*In
537	0	Limite instantâneo	150				%
538	0	Monitor tensão entra	Falta fase+queda ten [3]				
539	0	Monitor tensão saída	Desligado [0]	Desligado [0]	Desligado [0]	Desligado [0]	
540	0	Modo sentido rotação	Esquerda e Direita [0]	Esquerda e Direita [0]	Esquerda e Direita [0]	Esquerda e Direita [0]	
541	0	Função Relé saída					
		Relé 1	Off				
		Relé 2	Off				
		Saída Digital 3	Off				
		Saída Digital 4	Off				
		Saída Digital 1	Off				
		Reservado	Off				
		Saída BusIO Bit 0	Off				
		Saída BusIO Bit 1	Off				
		Saída BusIO Bit 2	Off				
		Saída BusIO Bit 3	Off				
		Saída BusIO Bit 4	Off				
		Saída BusIO Bit 5	Off				
542	0	Função saída analóg	0				V
543	0	Valor actual 1	Frequência actual [1]	Frequência actual [1]	Frequência actual [1]	Frequência actual [1]	
544	0	Valor actual 2	Desligado [0]	Desligado [0]	Desligado [0]	Desligado [0]	
545	0	Valor actual 3	Desligado [0]	Desligado [0]	Desligado [0]	Desligado [0]	
546	0	Func Valor-Bus ref 1	Freq. Referência [1]	Freq. Referência [1]	Freq. Referência [1]	Freq. Referência [1]	
547	0	Func Valor-Bus ref 2	Desligado [0]	Desligado [0]	Desligado [0]	Desligado [0]	
548	0	Func valor-Bus ref 3	Desligado [0]	Desligado [0]	Desligado [0]	Desligado [0]	
549	0	Funç consola potenci	Desligado [0]				
550	0	Guardar os dados	Sem alteração [0]				
551	0	Perfil accionamento	Desligado [0]				
552	0	Ciclo CAN master[1]	Off				ms
552	1	Ciclo CAN master[2]	Off				ms
554	0	Chopper mínimo	65				%
555	0	P-limit chopper	100				%
556	0	Resistência travagem	75				Ohm
557	0	Tipo resist travagem	0,6				kW
558	0	Atraso do fluxo	1	1	1	1	ms

[ANEXOS]

Nr	Index	Parameter Name	Parameter Set 1	Parameter Set 2	Parameter Set 3	Parameter Set 4	Unit
559	0	Tempo Funciona DC	0,5	0,5	0,5	0,5	s
<b>Posicionamento</b>							
600	0	Controle de posição	Desligado [0]	Desligado [0]	Desligado [0]	Desligado [0]	
601	0	Posição actual	0				rev
602	0	Posição Destino	0				rev
603	0	Difer Actual/Destino	0				rev
604	0	Tipo de encoder	Incremental [0]				
605	0	Encoder absoluto[1]	10				Bit
605	1	Encoder absoluto[2]	10				Bit
607	0	Relação Multiplicar[1]	1				
607	1	Relação Multiplicar[2]	1				
607	2	Relação Multiplicar[3]	1				
608	0	Relação Dividir[1]	1				
608	1	Relação Dividir[2]	1				
608	2	Relação Dividir[3]	1				
609	0	Deslocar Posi zero[1]	0				rev
609	1	Deslocar Posi zero[2]	0				rev
610	0	Modo Ctrl Posição	Absoluto por Tabela [0]				
611	0	Ganho P	5				%
612	0	Janela Posição	0				rev
613	0	Tabela Posições[1]	0				rev
613	1	Tabela Posições[2]	0				rev
613	2	Tabela Posições[3]	0				rev
613	3	Tabela Posições[4]	0				rev
613	4	Tabela Posições[5]	0				rev
613	5	Tabela Posições[6]	0				rev
613	6	Tabela Posições[7]	0				rev
613	7	Tabela Posições[8]	0				rev
613	8	Tabela Posições[9]	0				rev
613	9	Tabela Posições[10]	0				rev
613	10	Tabela Posições[11]	0				rev
613	11	Tabela Posições[12]	0				rev
613	12	Tabela Posições[13]	0				rev
613	13	Tabela Posições[14]	0				rev
613	14	Tabela Posições[15]	0				rev
613	15	Tabela Posições[16]	0				rev
613	16	Tabela Posições[17]	0				rev
613	17	Tabela Posições[18]	0				rev
613	18	Tabela Posições[19]	0				rev
613	19	Tabela Posições[20]	0				rev

[ANEXOS]

Nr	Index	Parameter Name	Parameter Set 1	Parameter Set 2	Parameter Set 3	Parameter Set 4	Unit
613	20	Tabela Posições[21]	0				rev
613	21	Tabela Posições[22]	0				rev
613	22	Tabela Posições[23]	0				rev
613	23	Tabela Posições[24]	0				rev
613	24	Tabela Posições[25]	0				rev
613	25	Tabela Posições[26]	0				rev
613	26	Tabela Posições[27]	0				rev
613	27	Tabela Posições[28]	0				rev
613	28	Tabela Posições[29]	0				rev
613	29	Tabela Posições[30]	0				rev
613	30	Tabela Posições[31]	0				rev
613	31	Tabela Posições[32]	0				rev
613	32	Tabela Posições[33]	0				rev
613	33	Tabela Posições[34]	0				rev
613	34	Tabela Posições[35]	0				rev
613	35	Tabela Posições[36]	0				rev
613	36	Tabela Posições[37]	0				rev
613	37	Tabela Posições[38]	0				rev
613	38	Tabela Posições[39]	0				rev
613	39	Tabela Posições[40]	0				rev
613	40	Tabela Posições[41]	0				rev
613	41	Tabela Posições[42]	0				rev
613	42	Tabela Posições[43]	0				rev
613	43	Tabela Posições[44]	0				rev
613	44	Tabela Posições[45]	0				rev
613	45	Tabela Posições[46]	0				rev
613	46	Tabela Posições[47]	0				rev
613	47	Tabela Posições[48]	0				rev
613	48	Tabela Posições[49]	0				rev
613	49	Tabela Posições[50]	0				rev
613	50	Tabela Posições[51]	0				rev
613	51	Tabela Posições[52]	0				rev
613	52	Tabela Posições[53]	0				rev
613	53	Tabela Posições[54]	0				rev
613	54	Tabela Posições[55]	0				rev
613	55	Tabela Posições[56]	0				rev
613	56	Tabela Posições[57]	0				rev
613	57	Tabela Posições[58]	0				rev
613	58	Tabela Posições[59]	0				rev
613	59	Tabela Posições[60]	0				rev

[ANEXOS]

Nr	Index	Parameter Name	Parameter Set 1	Parameter Set 2	Parameter Set 3	Parameter Set 4	Unit
613	60	Tabela Posições[61]	0				rev
613	61	Tabela Posições[62]	0				rev
613	62	Tabela Posições[63]	0				rev
615	0	Limit Máximo Posição	0				rev
616	0	Limit Mínimo Posição	0				rev
625	0	Histerese Relé Saída	1				rev
626	0	Compara posição	0				rev
630	0	Desvi máx admissível	0				rev
631	0	Erro encoder Inc/Abs	0				rev
640	0	Unidade Crtl posição	rpm [0]				
<b>Informação</b>							
700	0	Erro activo[0]	Nenhum erro [0]				
700	1	Alarme activo[1]	Nenhum Alarme [0]				
700	2	Razão VF bloqueado[2]	Sem ordem marcha [0]				
701	0	Último Erro[1]	Sobrecorr medida [41]				
701	1	Último Erro[2]	Erro de carregamento [60]				
701	2	Último Erro[3]	Erro de carregamento [60]				
701	3	Último Erro[4]	Erro de carregamento [60]				
701	4	Último Erro[5]	Erro de carregamento [60]				
702	0	Freq. último erro[1]	36,5				Hz
702	1	Freq. último erro[2]	0				Hz
702	2	Freq. último erro[3]	0				Hz
702	3	Freq. último erro[4]	0				Hz
702	4	Freq. último erro[5]	0				Hz
703	0	Último erro[1]	6				A
703	1	Último erro[2]	0				A
703	2	Último erro[3]	0				A
703	3	Último erro[4]	0				A
703	4	Último erro[5]	5,5				A
704	0	Volt. último erro[1]	190				V
704	1	Volt. último erro[2]	0				V
704	2	Volt. último erro[3]	0				V
704	3	Volt. último erro[4]	0				V
704	4	Volt. último erro[5]	242				V
705	0	Tens DCLink últ erro[1]	582				V
705	1	Tens DCLink últ erro[2]	290				V

Nr	Index	Parameter Name	Parameter Set 1	Parameter Set 2	Parameter Set 3	Parameter Set 4	Unit
705	2	Tens DCLink últ erro[3]	255				V
705	3	Tens DCLink últ erro[4]	269				V
705	4	Tens DCLink últ erro[5]	565				V
706	0	P Ref. ultimo erro[1]	Grupo parâmetros 1 [0]				
706	1	P Ref. ultimo erro[2]	Grupo parâmetros 1 [0]				
706	2	P Ref. ultimo erro[3]	Grupo parâmetros 1 [0]				
706	3	P Ref. ultimo erro[4]	Grupo parâmetros 1 [0]				
706	4	P Ref. ultimo erro[5]	Grupo parâmetros 1 [0]				
707	0	Software-Versão[1]	2,1				
707	1	Software-Versão[2]	0				
707	2	Software-Versão[3]	0				
708	0	Estado entr digitais					
		Entrada Digital 1	Off				
		Entrada Digital 2	Off				
		Entrada Digital 3	On				
		Entrada Digital 4	Off				
		Entrada Digital 5	Off				
		Entrada Digital 6	Off				
		Entrada Digital 7	Off				
		Entrada Digital 8	Off				
		Entrada Digital 9	Off				
		Entrada Digital 10	Off				
		Entrada Digital 11	Off				
		Entrada Digital 12	Off				
		Entrada Digital 13	Off				
709	0	Tensão entr analóg 1	10				V
710	0	Tensão saíd analógic	0				V
711	0	Estado saíd digitais					
		Relé 1	Off				
		Relé 2	On				
		Saída Digital 3	Off				
		Saída Digital 4	Off				
		Saída Digital 1	Off				
		Reservado	Off				
712	0	Tensão entr analóg 2	0				V
714	0	Tempo funcionamento	713,5				h
715	0	Horas Trabalho	4,88				h
716	0	Frequência saída	0				Hz
717	0	Velocidade motor	0				rpm
718	0	Freq referênc actual[1]	0				Hz
718	1	Freq referênc actual[2]	0				Hz
718	2	Freq referênc actual[3]	0				Hz
719	0	Corrente aparente	0				A

[ANEXOS]


Nr	Index	Parameter Name	Parameter Set 1	Parameter Set 2	Parameter Set 3	Parameter Set 4	Unit
720	0	Actual corr binário	0				A
721	0	Corrente indutiva	0				A
722	0	Tensão saída	0				V
723	0	Tensão - d	0				V
724	0	Tensão - q	0				V
725	0	Cos Phi motor	0				
726	0	Potência aparente	0				kVA
727	0	Potência mecânica	0				kW
728	0	Tensão de entrada	413				V
729	0	Binário	0				%
730	0	Campo magnético	0				%
731	0	Grupo parâmetros	Grupo parâmetros 1 [0]				
732	0	Corrente na fase U	0				A
733	0	Corrente na fase V	0				A
734	0	Corrente na fase W	0				A
735	0	Velocidade encoder	0				rpm
736	0	Tensão DC Link	587				V
737	0	Utilização Resi Fren	0				%
738	0	Utilização motor	0				%
739	0	Temperat dissipador	35				°C
740	0	Vigia BUS Entrada[1]	0				
740	1	Vigia BUS Entrada[2]	0				
740	2	Vigia BUS Entrada[3]	0				
740	3	Vigia BUS Entrada[4]	0				
740	4	Vigia BUS Entrada[5]	0				
740	5	Vigia BUS Entrada[6]	0				
740	6	Vigia BUS Entrada[7]	0				
740	7	Vigia BUS Entrada[8]	0				
740	8	Vigia BUS Entrada[9]	0				
740	9	Vigia BUS Entrada[10]	0				
740	10	Vigia BUS Entrada[11]	0				
740	11	Vigia BUS Entrada[12]	0				
740	12	Vigia BUS Entrada[13]	0				
741	0	Vigia BUS saída[1]	2353				
741	1	Vigia BUS saída[2]	0				
741	2	Vigia BUS saída[3]	0				
741	3	Vigia BUS saída[4]	0				
741	4	Vigia BUS saída[5]	0				
741	5	Vigia BUS saída[6]	0				
741	6	Vigia BUS saída[7]	0				



Nr	Index	Parameter Name	Parameter Set 1	Parameter Set 2	Parameter Set 3	Parameter Set 4	Unit
741	7	Vigia BUS saída[8]	0				
741	8	Vigia BUS saída[9]	0				
741	9	Vigia BUS saída[10]	0				
741	10	Vigia BUS saída[11]	0				
741	11	Vigia BUS saída[12]	0				
741	12	Vigia BUS saída[13]	0				
742	0	Versão base dados	1				
743	0	Identificação do VF	7,5				kW
744	0	Configuração	Extension-IO/PosiCo n [513]				
745	0	Versão da opção	0				
746	0	Status da opção	0				
747	0	Gama tensão VF	380V..480V [2]				
748	0	Estado CANopen[1]	512				
748	1	Estado CANopen[2]	0				
748	2	Estado CANopen[3]	0				
750	0	Erros Sobrecorrente	3				
751	0	Erros Sobretensão	0				
752	0	Erros Alimentação	7				
753	0	Excesso Temperatura	0				
754	0	Perda Parâmetros	0				
755	0	Erros de Sistema	0				
756	0	Erros limite Tempo	0				
757	0	Erros Externos	0				
799	0	Registo último erro[1]	711,32				h
799	1	Registo último erro[2]	493,26				h
799	2	Registo último erro[3]	469,77				h
799	3	Registo último erro[4]	469,77				h
799	4	Registo último erro[5]	436,25				h
<b>Parâmetros extras</b>							
511	0	Vel. transmissão USS	38400 bit/s [3]				
512	0	Endereço USS	0				


Parameter Number 465

**Legend**

 Parameter does not depend on the parameter set

[ ] The value is invalid

## Anexo V – Ensaios Eléctricos



**Relatório de Ensaios Eléctricos**

| Pág.:1/ 1

---

**A | Equipamento**

N.º Série:	Cliente:
Designação:	Ref.º Equipamento de ensaio:

**B | Ensaios de acordo com IEC 60204-1**

**1 | Protecção da terra -Ensaio de continuidade**

**Procedimento** | Medição da resistência aplicando 10A AC durante 10 seg. entre o borne de terra e cada circuito a testar. | R<sub>PE</sub>

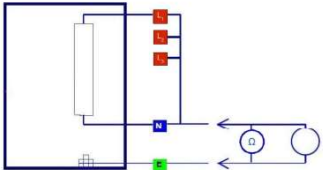
**Critério de aceitação** | O ensaio é aceite desde que os valores sejam menores ou iguais do que Queda Δ Umax permitida (V).

Secção min efectiva dos condutores de protecção relativa ao tramo a testar (mm <sup>2</sup> )	Queda Δ Umax permitida (V)	Queda Resist. max permitida (Ω)	N.º de circuitos a testar									Observações
			C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07	C08	C09	
1	3,3	0,33										
1,5	2,6	0,26										
2,5	1,9	0,19										
4	1,4	0,14										
≥6	1	0,1										
Identificação												

**2 | Ensaio de resistência de isolamento**

**Procedimento** | Aplicar 500 V DC e medir o valor da resistência entre o circuito de potência e o de protecção | R<sub>ISO</sub>

**Critério de aceitação** | O ensaio só é aprovado se o valor medido for igual ou superior a 1 MΩ.



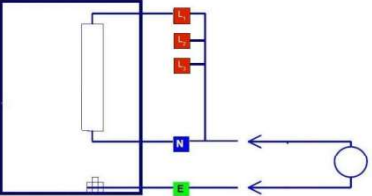
**Valor Obtido (MΩ) |**

**Valor mínimo admissível (MΩ) |** 1

**3 | Ensaio de rigidez dieléctrica**

**Procedimento** | Aplicar 50 mA a 1000 V AC entre o circuito de potência e o de protecção num período superior a 1 segundo. [ Caso existam componentes que se danifiquem com o ensaio, estes devem ser desligados durante o ensaio] | HV

**Critério de aceitação** | O ensaio é aprovado se não se observar danos.

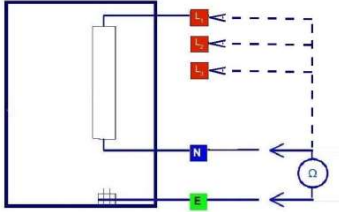


**Observou-se danos?** (Não > ok!)

**4 | Ensaio de tensão residual**

**Procedimento** | Alimentar a máquina conforme o projecto. Ligar o equipamento conforme circuito para medir e carregar no botão "Start". Quando o visor indicar "Ready" desligar o interruptor geral, decorridos 5 segundos o visor mostrará o resultado do ensaio. | U<sub>RES</sub>

**Critério de aceitação** | O ensaio é aprovado se a tensão for inferior a 60 V num intervalo de 5 segundos.



**tensão aos 5" (V) |** (< 60V > ok!)

Conforme projecto (V)

**Resultado/ Observações** |

---

Mod.154/02
Data |
Técnico |