



Instituto Politécnico de Tomar
Escola Superior de Tecnologia de Tomar

**Automação e Controlo Industrial -
Empresa Mendes Gonçalves, Golegã**

Relatório de Estágio

Luís Miguel Carpinteiro Estriga

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica

Tomar/Novembro/2021



Instituto Politécnico de Tomar
Escola Superior de Tecnologia de Tomar

Luís Miguel Carpinteiro Estriga

**Automação e Controlo Industrial -
Empresa Mendes Gonçalves, Golegã**

Relatório de Estágio

Orientado por:

Doutor Manuel Fernando Martins de Barros – Instituto Politécnico de Tomar

Relatório de Estágio apresentado ao Instituto Politécnico de Tomar para
cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Eletrotécnica

Dedico este trabalho à minha família e à minha namorada...

RESUMO

O presente relatório foi desenvolvido no âmbito da unidade curricular de Estágio do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e pretende apresentar e descrever de forma detalhada o trabalho de estágio realizado na empresa Mendes Gonçalves. Serão enumeradas as principais atividades desenvolvidas na melhoria e manutenção da fábrica, de forma a assegurar um funcionamento e um serviço mais eficaz e eficiente quanto possível. O estágio teve a duração de 1458 horas e decorreu entre 6 de outubro de 2020 e 23 de junho de 2021. O primeiro projeto de integração na empresa foi o da centralização da base de dados de todos os utilizadores das consolas de produção num servidor remoto. Com o decorrer do estágio, surgiram novos projetos, como por exemplo a instalação de caudalímetros para efeitos de recolha e estudo dos dados da água consumida na empresa, assim como, a instalação de sensores numa linha de produção de modo a criar um sistema automatizado de registo de paragens e de recolha de dados de produção da linha e a criação de relatórios de produção. Foram também instalados sensores de temperatura em câmaras frigoríficas de modo a monitorizar as temperaturas e humidade dos sistemas de refrigeração. Para além disso, foram desenvolvidas várias melhorias em diversos sistemas, como por exemplo, criação de novos alertas nas consolas de produção. Em todos estes projetos, tive a oportunidade de participar de uma forma bastante ativa, auxiliando na montagem e programação dos equipamentos. Noutros projetos, onde a empresa optou por recorrer a empresas especializadas para a realização de tarefas especializadas (“outsourcing”), foi-me dada a responsabilidade da supervisão das instalações. Estes trabalhos, para além de acarretarem grandes responsabilidades, proporcionaram uma grande oportunidade para aprender e desenvolver novas competências interdisciplinares e a crescer como profissional.

Palavras-Chave: Automação, Sensores, digitalização, Autómatos, Manutenção.

ABSTRACT

This internship report is developed within the scope of the curricular internship unit of the Electrotechnical Master's degree. With this report, it is intended to present and describe in detail the work developed during the internship at Mendes Gonçalves company. Some of the main activities carry out to improve an effective and efficient operation of the factory will be described. The duration of the internship was 1458 hours and took place between the 6th of October 2020 and the 23rd June 2021. The first project I got involved in, was the centralization of the database of all production HMI consoles users on a remote PC server. As the internship progressed, new projects emerged, such as the installation of flow meters in order to collect data of the water that was being consumed. It was also installed some sensors on a production line in order to create an automated system to register unforeseen stops and collect some production data, allowing the creation of production reports. In addition, several improvements were made to various systems, such as the creation of new alerts on the HMI production consoles. Temperature sensors were also installed in cold rooms in order to monitor the temperatures and humidity of the refrigeration systems. In all of those projects, I had the opportunity to participate in a very active way, assisting in the assembly, but mainly programming the devices. In other projects, where the company chose to outsource for specific specialized tasks, I was always responsible for the supervision of these installations/facilities. This was a huge opportunity for me, taking into account the responsibility necessary for this job, allowing me to acquire experience and grow as a professional.

Keywords: Automation, Sensors, Digitization, PLC, Control, Maintenance.

AGRADECIMENTOS

Não poderia concluir este relatório de estágio sem agradecer a todos aqueles que de qualquer forma me ajudaram durante o decorrer do trabalho.

Quero começar por agradecer às pessoas mais importantes da minha vida, a minha mãe, o meu pai, a minha irmã e a minha namorada por todas as condições que me deram ao longo da vida. Sem eles, não tenho qualquer dúvida que nada disto seria possível.

Quero também agradecer ao IPT por possibilitar a realização deste trabalho e pelas excelentes condições sempre me foram apresentadas.

Em especial, ao orientador professor Manuel Fernando Martins de Barros por se ter mostrado sempre disponível para me ajudar e apoiar no que fosse necessário, quer no decorrer do estágio, quer no decorrer do curso.

Agradeço imenso à Mendes Gonçalves por se mostrarem disponíveis para me acolher como estagiário, especialmente num ano tão difícil como foi 2020. Aproveito para deixar uma palavra de apreço ao meu coordenador na empresa, Pedro Cardoso por me ter dado esta oportunidade e pela tempo que dispensou comigo.

Por fim, quero agradecer a todos aos meus restantes familiares, amigos, colegas e restantes docentes de todas as instituições em que fiz parte e que de algum modo direto ou indireto contribuíram para o meu crescimento a nível pessoal ou profissional.

Índice

RESUMO	III
ABSTRACT	V
AGRADECIMENTOS	VII
Índice de figuras	XI
Índice de tabelas	XV
Lista de abreviaturas e siglas	XVII
Lista de símbolos	XIX
1. Introdução	1
1.1 Enquadramento e Objetivos do Estágio	1
1.2 Estrutura do Relatório.....	2
2. Entidade acolhedora	3
2.1 Mendes Gonçalves - Apresentação da empresa	3
2.2 Localização da Empresa	4
2.3. Gestão e Organização da Empresa	5
3. Sistema de funcionamento da empresa.....	7
3.1 Fases da produção.....	7
3.1.1 Higienização	7
3.1.2 Produção das Receitas	12
3.1.3 Enchimento e embalagem.....	16
3.2 Equipamentos de automação presentes na empresa	19
3.2.1 Introdução - Transição para a Mendes Gonçalves 4.0.....	19
3.2.2 Controlador lógico programável (PLC - Programmable logic controller)	20

3.3 Comunicações Industriais existentes na fábrica	23
3.3.1 PROFIBUS	24
3.3.2 Modbus RTU	28
3.3.3 PROFINET	30
4. Trabalho desenvolvido no estágio	35
4.1 Novos Projetos.....	35
4.1.1 Instalação de Caudalímetros.....	35
4.1.2 Doseamento automático do cloro da água do furo	56
4.1.3 Instalação de sensores de temperatura e de humidade	72
4.1.4 Projeto Mendes Gonçalves 4.0 (MG 4.0).....	92
4.2 Manutenção	109
4.2.1 Manutenção Corretiva	109
4.2.2 Manutenção Preventiva	111
4.2.3 Melhorias	118
5. Conclusões.....	125

Índice de figuras

Figura 1 - Instalações da Mendes Gonçalves	3
Figura 2 - Localização da empresa no mapa	5
Figura 3 - Organigrama da empresa	6
Figura 4 - Esquemático das linhas de lavagem do CIP1 (sistem, Diagrama do CIP1, 2016)	8
Figura 5 - Esquemático das linhas de lavagem do CIP2 (sistem, Diagrama do CIP2, 2016)	9
Figura 6 - SCADA do CIP2 (Visão geral).....	10
Figura 7 - SCADA do CIP2 (Painel de comandos).....	11
Figura 8 - Diagrama de Processo Produtivo dos Reatores (Gonçalves, Mendes, 2020/2021)	12
Figura 9 - Diagrama geral da instalação dos reatores (sistem, Diagrama de Produção do molhos, 2016).....	13
Figura 10 - Comando de introdução de ingredientes.....	14
Figura 11 - Comando de envio de produto	15
Figura 12 - Visão deral do reator PM01	16
Figura 13 - Diagrama do processo de enchimento de produto nas saquetas	17
Figura 14 - Diagrama do processo de enchimento de produto em linha	19
Figura 15 - Funcionamento de um PLC	21
Figura 16 - Exemplo de um barramento PROFIBUS (Wilson, 2018).....	25
Figura 17 - Configuração do endereço PROFIBUS usando o Hardware (Wilson, 2018)...	26
Figura 18 - Relação distância/velocidade de transmissão no protocolo PROFIBUS (Wilson, 2018).....	27
Figura 19 - Parâmetros PROFIBUS editáveis no TIA Portal	28
Figura 20 - Dissertação de uma mensagem Modbus	29
Figura 21 - Subconjunto de funções do protocolo Modbus (Gastreich, 2018).....	30
Figura 22 - Típica ligação PROFINET (Wilson, 2018)	32
Figura 23 - Caraterísticas de um equipamento PROFINET (Wilson, 2018).....	34
Figura 24 - Planta da fábrica e locais onde foram instalados os caudalímetros	37
Figura 25 - Diagrama de ligação dos caudalímetros	38

Figura 26 – Caudalímetro ultrassónico (Nunes, 2020).....	40
Figura 27 – Zona recomendada para a instalação dos caudalímetros na tubagem (Nunes, 2020).....	42
Figura 28 – Condutividade mínima necessária para uma leitura correta (Nunes, 2020)	42
Figura 29 – Vista geral do quadro elétrico dos caudalímetros	44
Figura 30 - Fonte de alimentação do quadro elétrico dos caudalímetros	45
Figura 31 - Disjuntores e diferencial do quadro elétrico dos caudalímetros.....	45
Figura 32 – Ligação Modbus ao autómato S7-1200.....	46
Figura 33 - Bornes no quadro létrico dos caudalímetros.....	47
Figura 34 – Ligação Modbus no caudalímetro.....	47
Figura 35 – Cudalímetro instalado na fábrica	48
Figura 36 - Instrução Modbus_Comm_Load do TIA Portal	50
Figura 37 – Função Modbus_Master no TIA Portal.....	52
Figura 38 – Ligação do PLC dos caudalímetros à sub-rede interna de automação.....	53
Figura 39 – Relatório de consumo mensal de água no Furo 2	54
Figura 40 – Relatório detalhado de consumo de água.....	54
Figura 41 – Folheto de configuração dos caudalímetros instalados na fábrica.....	55
Figura 42 – Interruptor diferencial instalado no quadro elétrico do doseamento automático do cloro.....	57
Figura 43 – Caraterísticas elétricas do interruptor diferencial	57
Figura 44 – Fonte de alimentação instalado no quadro elétrico do doseamento automático do cloro.....	58
Figura 45 – Tensão de entrada da fonte de alimentação.....	58
Figura 46 – Caraterísticas elétricas da fonte de alimentação.....	59
Figura 47 – PLC Siemens S7-1200	59
Figura 48 – Módulos digitais e analógicos adicionados ao PLC.....	60
Figura 49 – Contactor para a bomba de recirculação	61
Figura 50 – Potências de motores possíveis de controlar com o contactor	61
Figura 51 – Corrente e tensão mínimas de atuação do contactor	62
Figura 52 - disjuntor termomagnético para a bomba doseadora	62
Figura 53 - Sistema de doseamento de cloro da Overview	63

Figura 54 – Disjuntores usados no quadro elétrico de doseamento automático de cloro....	64
Figura 55 – Barramento tetrapolar de 500V	65
Figura 56 – Bornes usados no quadro elétrico de doseamento automático do cloro.....	65
Figura 57 – Quadro elétrico do doseamento automático do cloro, após montagem	66
Figura 58 – FC da conversão das entradas analógicas	67
Figura 59 – FB de controlo da bomba de recirculação.....	68
Figura 60 - FB de controlo da bomba de recirculação	69
Figura 61 – FC dos alarmes (em cima) e dos registos de dados (em baixo)	70
Figura 62 – Ligação do PLC do Cloro à sub-rede interna de automação.....	71
Figura 63 – Diagrama das câmaras de refrigeração por zona da fábrica.....	73
Figura 64 – Visão geral do quadro elétrico do projeto das câmaras de refrigeração	77
Figura 65 – Excerto do esquema elétrico do quadro elétrico das câmaras de refrigeração.	79
Figura 66 – Alimentação do distribuidor de potência inteligente e respetivas saídas.....	80
Figura 67.....	80
Figura 68 – Esquema elétrico das ligações ao PLC.....	81
Figura 69 – Esquema elétrico das entradas e saídas do sensor de temperatura e humidade	82
Figura 70 – Lista de autómatos da sub-rede interna de automação.....	83
Figura 71 – Configuração das entradas analógicas do PLC	84
Figura 72 – FB de conversão de temperatura, humidade e fim de curso	85
Figura 73 – Conversão da temperatura (em cima) e da humidade (em baixo).....	87
Figura 74 – Normalização dos valores	88
Figura 75 – Escalamento dos valores	88
Figura 76 –Bloco de comunicação PUT.....	89
Figura 77 – Configurações do bloco de comunicação PUT	89
Figura 78 – Análise dos valores da temperatura da câmara da logística.....	91
Figura 79 – Análise dos valores da temperatura e da humidade	91
Figura 80 – Dashboard “factoryview” do projeto MG4.0	93
Figura 81 – Página do histórico da LM08	95
Figura 82 – Conversor HD67604-A1 de PROFIBUS para PROFINET	96
Figura 83 – Estrutura do projeto MG4.0	97
Figura 84 – Arquitetura do projeto MG4.0.....	98

Figura 85 – Como funciona o GIT (Perveez, 2021)	100
Figura 86 – Excerto de código do projeto ioserver	102
Figura 87 – Variáveis na pagina web (ioctrl)	103
Figura 88 – Exemplo de algumas máquinas cujas variáveis foram disponibilizadas na página web	104
Figura 89 – Relatório criado usando as variáveis disponibilizadas no projeto MG4.0	105
Figura 90 – 3D da linha LM08	106
Figura 91 – Excerto de código do projeto “factoryview”	107
Figura 92 – Widgets do factoryview	107
Figura 93 – Dashboard do reator PM06	108
Figura 94 – Fluxostato instalado no reator	112
Figura 95 - Código de geração de alarme de falta de água no YTRON.....	113
Figura 96 - Página de comandos do código do CIP1	114
Figura 97 - Página dos comandos gerais do CIP	115
Figura 98 - Propriedades do botão do modo de suspensão	115
Figura 99 – Código de cores usado no módulo CIP	116
Figura 100 - Código com as condições necessárias para suspender o CIP	116
Figura 101 - Condições necessárias para o acerto do detergente	117
Figura 102 - Tipologia de atualização dos utilizadores das consolas da produção antes da melhoria.....	119
Figura 103 - Tipologia de atualização dos utilizadores das consolas da produção após a melhoria.....	120
Figura 104 – Propriedades de partilha da pasta no servidor remoto INF50	121
Figura 105 - Scheduled tasks (exportação).....	122
Figura 106 – Scheduled tasks (Importação)	123

Índice de tabelas

Tabela 1 - Relação entre a distância do cabo e a velocidade de transmissão de dados no Protocolo PROFIBUS	27
Tabela 2 - Comparação entre PROFIBUS e PROFINET (International, s.d.)	33
Tabela 3 - Sistema de medição dos caudalímetros eletromagnéticos (Krohne, IFC050 Handbook, 2016)	40
Tabela 4 - Dados técnicos gerais do conversor (Krohne, IFC050 Supplementary instructions, 2012).....	41
Tabela 5 – Funções suportadas	48
Tabela 6 - Visão geral das funções suportadas pelo escravo (Krohne, IFC050 Supplementary instructions, 2012)	49
Tabela 7 – Informação de comunicação Modbus (Função Help da Siemens)	51
Tabela 8 – Dados disponibilizados no OPC Scout	53
Tabela 9 – Limites de temperaturas e setpoint das câmaras.....	74
Tabela 10 - Datasheet do sensor de temperatura e humidade P18 (Lumel)	75
Tabela 11 – Dados disponibilizados no OPC	90
Tabela 12 – Exemplo de DB com as variáveis pretendidas	102

Lista de abreviaturas e siglas

AP - Access Point

ASCII - American Standard Code For Information Interchange

ASi - Actuator Sensor interface

CIP - Clean In Place

CPU - Central Processing Unit

CRC - Cyclic Redundancy Check

DB - Data Block

DP - Decentralised Peripherals

ERP - Enterprise Resource Planning

FB - Function Block

FC - Function

HDD - Hard Disk Drive

HMI - Human-Machine Interface

I/O - Inputs/Outputs

IDI - Investigação Desenvolvimento e Inovação

iOS - iPhone Operating System

IP - Internet Protocol

IPT - Instituto Politécnico de Tomar

IT - Information Technology

LED - Light Emitting Diode

MAC - Media Access Control

MG - Mendes Gonçalves

MGSI - Mendes Gonçalves Sistemas Informáticos

OLE - Object Linking and Embedding

OPC - OLE for Process Control

OS - Operating System

OT - Operational Technology

PC - Personal Computer

PET - Polyethylene Terephthalate

PLC - Programmable Logic Controller

PME – Pequenas e Médias Empresas

RAM - Random Access Memory

REST - REpresentational State Transfer

ROM - Read Only Memory

RTU - Remote Terminal Unit

SCADA - Supervisory Control And Data Acquisition

SMS - Short Message Service

SSD - Solid State Drive

TCP - Transmission Control Protocol

TIA - Totally Integrated Automation

UI - User Interface

USB - Universal Serial BuS

Lista de símbolos

A - Ampere

l/s - Litro por segundo

m³/s - Metros cúbicos por segundo

mS/cm³ – Milisiemens por centímetro cúbico

V - Volt

1. Introdução

No âmbito do curso de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica foi-me dada a oportunidade de realizar um estágio curricular na empresa Mendes Gonçalves, na Golegã. Foi uma decisão importante e um grande passo para entrar com sucesso no mundo do trabalho, visto que foi possível meter em prática todos os conceitos teóricos e práticos adquiridos ao longo da formação académica e permitiu a aquisição de novas aprendizagens, o contacto com novas ferramentas, a participação em trabalho de equipa e de experienciar um contacto estreito com a realidade empresarial. Assim, neste relatório pretende-se apresentar com detalhe, algumas das principais atividades desenvolvidas durante o estágio e mostrar como foi feita a integração, o desenvolvimento e a adaptação a uma nova realidade: a inserção na vida ativa e profissional numa empresas com grande impacto económico na região e no país.

1.1 Enquadramento e Objetivos do Estágio

O trabalho de estágio de mestrado decorreu nas instalações da Mendes Gonçalves, na Golegã, e teve como tema principal a Automação e o Controlo Industrial. A supervisão do estágio esteve a cargo do Eng. Pedro Cardoso, responsável pelo departamento de informática. De uma forma geral, as várias tarefas desempenhadas (ou objetivos) assentaram em três bases, a melhoria contínua, manutenção e desenvolvimento de novos projetos. Inicialmente a minha integração foi feita no departamento de informática onde tive a oportunidade de trabalhar com a equipa responsável por todos os sistemas informáticos e pelas redes da empresa. Mais tarde, também fui incluído no departamento da manutenção. Este segundo departamento estava mais enquadrado com a área de automação uma vez que o responsável deste departamento orientava os novos projetos de automação da empresa. Portanto, apesar de estar incluído desde sempre nos dois departamentos, foi com o departamento de manutenção onde desenvolvi maior atividade. Apesar de tudo, contribuí com a minha presença duas vezes por semana numa reunião com os restantes membros de informática para fazer breves pontos de situação. Para além disso, eram feitos com frequência alguns projetos de melhoria, como passarei a explicar posteriormente.

De forma resumida, lista-se a seguir as tarefas principais executadas no âmbito deste estágio que serão detalhadas no capítulo 4 :

- Instalação de Caudalímetros;
- Doseamento automático do cloro da água do furo;
- Instalação de sensores de temperatura e de humidade;
- Projeto Mendes Gonçalves 4.0 (MG 4.0);
- Entre outros projetos de manutenção.

1.2 Estrutura do Relatório

Este relatório divide-se em cinco capítulos. O primeiro capítulo é composto pela introdução, enquadramento e objetivos do estágio. No segundo capítulo, é uma apresentação da empresa acolhedora, a Mendes Gonçalves. Alguns dos pontos a mostrar são a sua localização e como é feita a sua gestão e organização. O seguinte capítulo, número três, diz respeito a uma explicação do que é um sistema de funcionamento da empresa, desde as lavagens de máquinas, até se obter um produto final, pronto para venda ao consumidor. Note-se que, este interliga-se com algum do trabalho desenvolvido no estágio. Serão apresentadas as fases principais de produção, tal como alguns equipamentos de automação e protocolos de comunicação presentes na fábrica. O capítulo quatro apresenta de forma detalhada as várias tarefas desempenhadas e desenvolvidas durante o estágio, desde a participação em novos projetos à realização de várias atividades de manutenção. Por fim, no último capítulo, serão apresentadas as conclusões, onde são evidenciados os aspetos mais importantes do estágio de mestrado.

2. Entidade acolhedora

2.1 Mendes Gonçalves - Apresentação da empresa



Figura 1 - Instalações da Mendes Gonçalves

A Mendes Gonçalves é atualmente uma das maiores produtoras de temperos e vinagres em toda a Península Ibérica. É um negócio de família que foi fundado em 1982 na vila da Golegã, tendo como intuito inicial a produção inédita até à data de vinagre de figo, oriundo de culturas locais. Os valores da empresa sempre passaram pela inovação e pelo empenho, pois, estas duas características permitem que se produzam atualmente centenas de produtos diferentes. Consequentemente isto faz com que a empresa seja uma das mais procuradas entre as principais marcas de distribuição nacional e também, selecionada por diversas marcas de renome internacional, como por exemplo, o McDonald's.

Nos dias de hoje, com o nome Mendes Gonçalves, a empresa mantém as suas tradições de produção de vinagres mas produz também molhos e temperos. Para além disso, tem 3 marcas próprias, sendo elas, a Paladin, de venda ao público, a Peninsular, mais focada na

restauração, e a Purenut. Para além das marcas próprias a empresa é representante de outras marcas.

Devido a toda esta diversidade, a Mendes Gonçalves, está atualmente presente em cerca de 30 países e emprega cerca de 250 trabalhadores. Nos últimos anos tem sido distinguida com vários prémios, não só nacionais mas também internacionais, como por exemplo, a distinção de PME (Pequenas e médias empresa) Líder. Este prémio valeu o reconhecimento na Rede PME Inovação da COTEC Portugal, sendo desta forma considerada a melhor empresa para trabalhar, na Revista Exame, no ano de 2012. Mais recentemente, no ano de 2017 a empresa entrou no “Top 10 Empresas mais felizes em Portugal”, da Happiness Works.

Para além destes prémios e distinções, as certificações internacionais têm sido cada vez mais uma aposta, sendo atualmente a detentora de vários certificados, sendo um exemplo o ISO 9001, entre vários (Gonçalves, 2010).

2.2 Localização da Empresa

A empresa situa-se numa das zonas mais a norte da Golegã, a apenas alguns Quilómetros do Entroncamento e de Torres Novas. A sua localização (Fig.2) permite um acesso relativamente rápido à A23. Também fica a apenas meia dúzia de minutos da estação de comboios do Entroncamento.

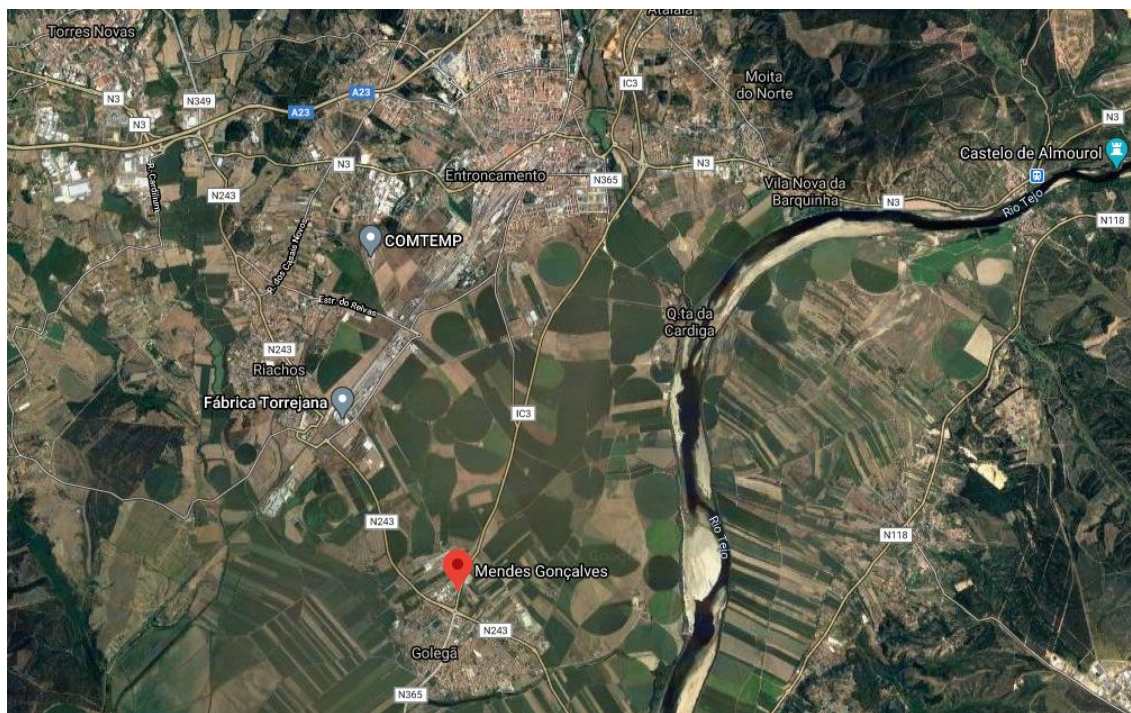


Figura 2 - Localização da empresa no mapa

2.3. Gestão e Organização da Empresa

Com o rápido crescimento da empresa houve cada vez mais a necessidade de haver uma reestruturação da empresa. Atualmente, esta encontra-se dividida de 10 departamentos, sendo eles: Qualidade, IDI, Produção, Comercial, Marketing, Administrativo, Financeiro, Informática, Operações, Centro do Futuro.

Na Fig.3, pode-se ver o organograma da empresa.



Figura 3 - Organograma da empresa

Dentro destes departamentos principais, há ainda várias divisões. No início do estágio, fui inserido no departamento de informática. Este departamento é responsável por toda a rede informática, pela gestão e desenvolvimento de *software* e todo o equipamento informático da empresa, desde novos computadores a pistolas de *picking*, fazendo a sua manutenção preventiva e corretiva, quando necessário. Para além disso, reunia pelo menos duas vezes por semana com os restantes colegas de equipa do departamento de informática, onde fazíamos um ponto de situação semanal. Nestas reuniões atualizávamos o nosso superior, neste caso, o meu orientador de estágio na empresa, sobre as nossas atividades.

No entanto, o meu tempo de estágio acabou por ser dividido com o departamento de produção, onde está inserida a divisão da manutenção. Dentro da manutenção há várias áreas: manutenção mecânica e elétrica, engenharia de manutenção e fiabilidade, e instrumentos de controlo industrial, tendo sido estas duas últimas as minhas principais áreas de atuação, auxiliando também em tarefas mais básicas como por exemplo, a substituição de sensores e conectores. Neste departamento, de um modo geral, as minhas tarefas foram de gestão e auxílio de novos projetos de automação e de melhoria, criação de documentos de material de automação, como por exemplo, manuais de calibração de sensores e, por fim, auxílio em manutenção corretiva e preventiva.

3. Sistema de funcionamento da empresa

Este capítulo faz um breve resumo dos sistemas de controlo e de que forma estes se interligam com o trabalho desenvolvido no estágio.

3.1 Fases da produção

De uma forma resumida, o processo de produção é composto por três fases fundamentais. A higienização, a produção das receitas e embalagem.

3.1.1 Higienização

Uma máquina só pode produzir depois de ter sido lavada e aprovada para produção pelo departamento de qualidade, de modo a cumprir todos os requisitos para a indústria alimentar, garantido qualidade do produto final e segurança para o consumidor. Este processo deve ser feito, tanto nos reatores, onde são produzidos os molhos, como nas enchedoras das linhas de enchimento. Portanto, como se pode calcular, a higienização é um passo fundamental, não só nesta empresa, mas também, de um modo geral, em toda a indústria alimentar.

Para tal, o sistema de lavagens é constituído por dois módulos CIP (Clean in Place) que recorrem à automação. Estes são conhecidos simplesmente por CIP1 e CIP2. Começando pelo CIP1. Este é constituído quatro tanques de armazenamento de soluções (água de arrasto, detergente, desinfetante e água limpa) e todos eles possuem a capacidade de armazenar até 4000L. Este módulo CIP, conta ainda com três tanques pulmão, um para cada linha, de modo a circular água em determinadas fases da lavagem, o que permite algumas poupanças de água e vapor (para aquecer a água), o que traz vantagens económicas e climáticas. Para além disso, o sistema possui três linhas independentes (as restantes três estão no CIP2), nas quais se podem encontrar, por exemplo, válvulas, bombas, permutadores e diversos sensores de temperatura, pressão ou condutividade. Por fim, o CIP 1 é responsável pela limpeza de todas as linhas de enchimento, como se pode ver na Fig.4.

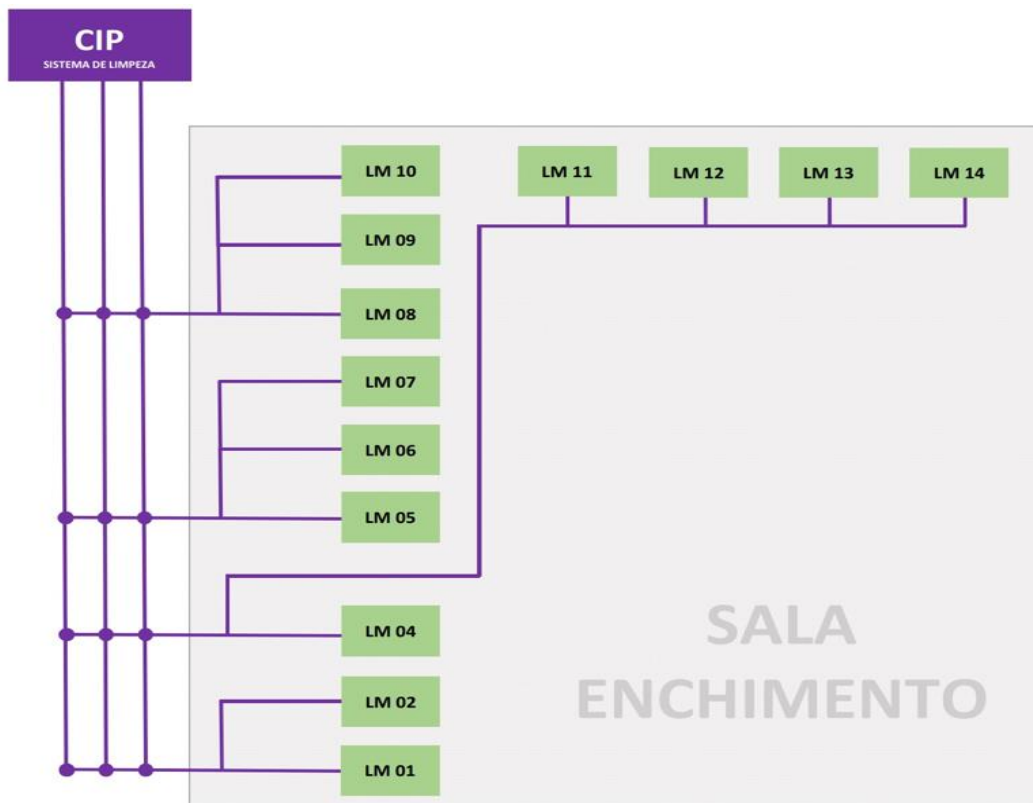


Figura 4 - Esquemático das linhas de lavagem do CIP1 (sistem, Diagrama do CIP1, 2016)

O CIP2 é muito semelhante ao CIP1. No entanto, visto que é mais recente, possui mais algumas tecnologias a nível de sensores e otimização na instalação mecânica nas tubagens. À semelhança do CIP1, este também possui três linhas independentes mas está preparado para a instalação de mais duas. Note-se que o CIP2 não consegue lavar nenhum equipamento que o CIP1 consegue e vice-versa pois são independentes. Assim, o CIP2 permite a higienização das linhas do ovo, tomate e reatores de produção. Na Fig.5 pode-se ver o diagrama do CIP2.

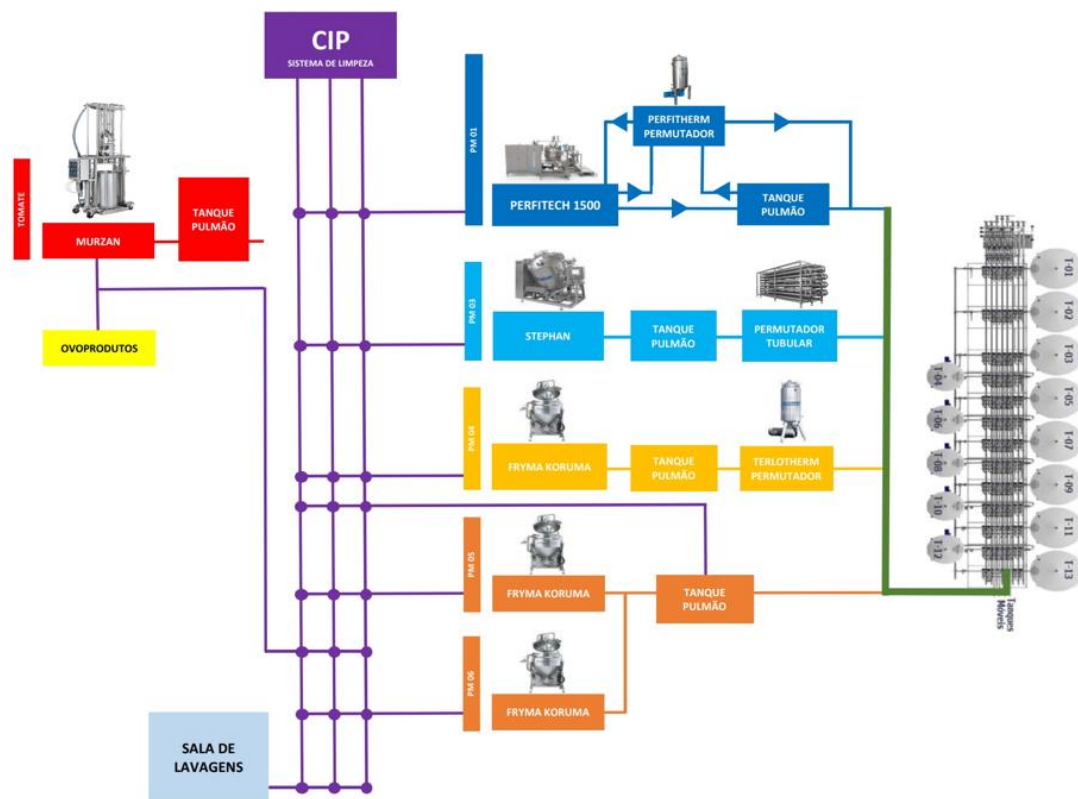


Figura 5 - Esquemático das linhas de lavagem do CIP2 (sistem, Diagrama do CIP2, 2016)

O sistema conta com diversos displays, sendo eles instalados num computador ou num HMI (Human-Machine Interface) da Siemens, onde se pode ter uma visão geral do CIP. Na Fig.6 pode-se ver o esquema de controlo e monitorização do módulo do CIP2.

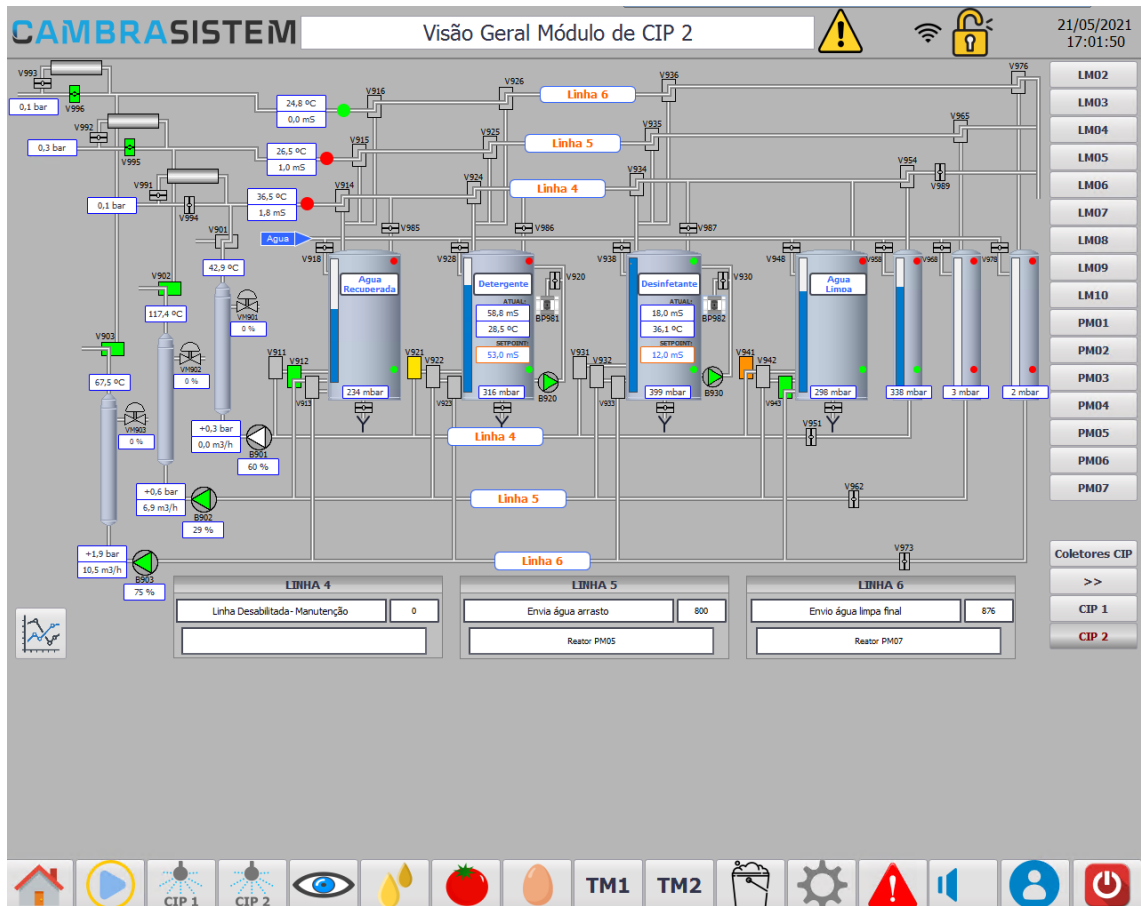





Figura 6 - SCADA do CIP2 (Visão geral)

Existem vários programas de higienização, estando eles organizados por duração, do mais longo, ao mais curto:

- Lavagem Completa
- Lavagem Detergente
- Desinfecção
- Tratamento Térmico
- Enxaguamento Água Quente
- Enxaguamento Água Fria

Note-se que, caso haja necessidade, qualquer linha pode ser posta no modo “Manutenção”, interditando o uso da mesma. Na Fig.7, pode-se ver o painel principal de comando do CIP2.


CAMBRASISTEM Comandos Módulos de CIP2    21/05/2021 17:11:15

Linha CIP 4

ÁGUA DE ARRASTO: 800 s
 DETERGENTE: 900 s
 ÁGUA INTERMÉDIA: 300 s
 DESINFETANTE: 600 s
 ÁGUA FINAL: 900 s

Lavagem Completa ▾

Linha de CIP:
 Destino:
 Seleção Tipo de Lavagem:




Linha Desabilitada- Manutenção 0

Linha CIP 5

ÁGUA DE ARRASTO: 800 s
 DETERGENTE: 900 s
 ÁGUA INTERMÉDIA: 400 s
 DESINFETANTE: 600 s
 ÁGUA FINAL: 900 s

Lavagem Completa ▾

Linha de CIP:
 Destino:
 Seleção Tipo de Lavagem:




Envia água arrasto 762

Linha CIP 6

ÁGUA DE ARRASTO: 0 s
 DETERGENTE: 0 s
 ÁGUA INTERMÉDIA: 0 s
 DESINFETANTE: 0 s
 ÁGUA FINAL: 900 s

Enxaguamento Água Quente ▾

Linha de CIP:
 Destino:
 Seleção Tipo de Lavagem:



Envio água limpa final 651

NOVO CIP























TM1
TM2







Figura 7 - SCADA do CIP2 (Painel de comandos)

3.1.2 Produção das Receitas

A segunda fase do processo até se chegar a um produto final, passa pela produção das receitas. Na Mendes Gonçalves há uma grande variedade de receitas que podem ser produzidas, mas, de um modo geral, o processo segue o diagrama apresentado na Fig.8.

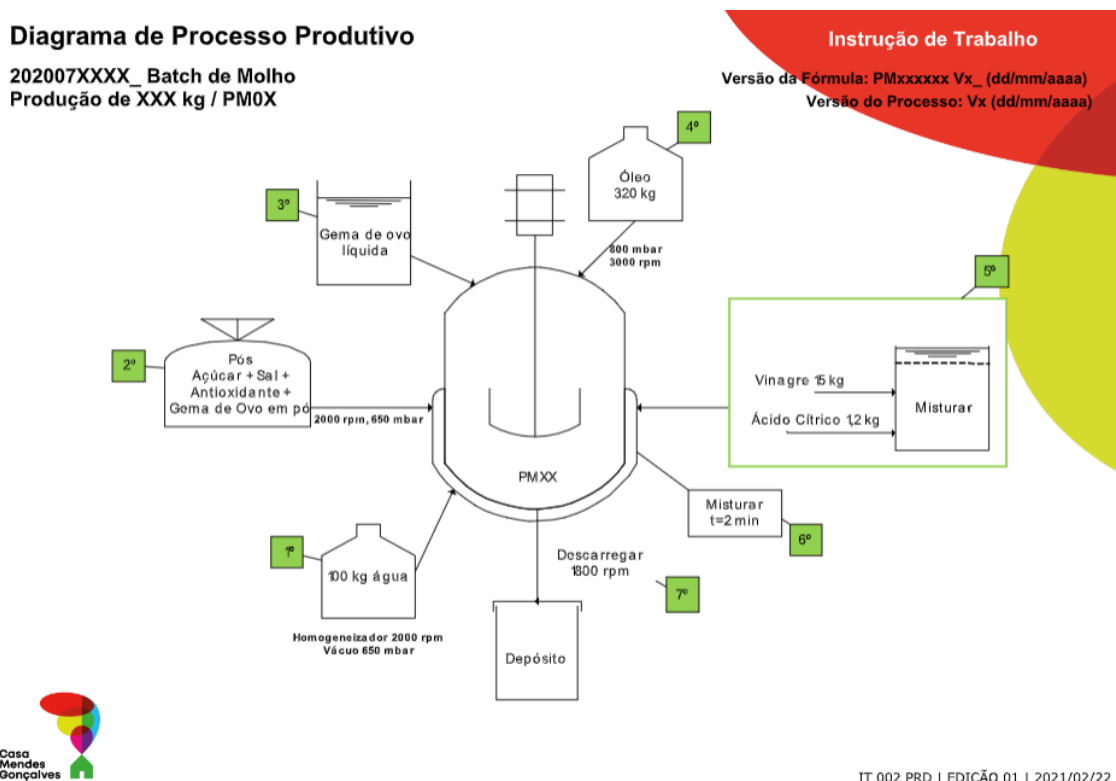


Figura 8 - Diagrama de Processo Produtivo dos Reatores (Gonçalves, Mendes, 2020/2021)

Primeiro deve-se misturar as matérias primas ao homogeneizador, que estão guardadas em armazéns. Alguns ingredientes são, por exemplo, óleo de girassol, ovo (e os seus derivados), sal e açúcar. Podem ainda ser adicionadas especiarias, aromas ou corantes. Note-se que estes devem ser pesados antes de serem inseridos no homogeneizador, de modo a garantir que a receita é feita com rigor e nas quantidades corretas. Para além disso, posteriormente pode ser adicionado vinagre, sendo este produzido na Mendes Gonçalves. Após a conclusão das receitas, o produto será armazenado num dos 13 tanques de armazenamentos disponíveis. Na figura 9, pode-se ver um diagrama geral dos reatores de produção, antes de ir para as linhas de enchimento.

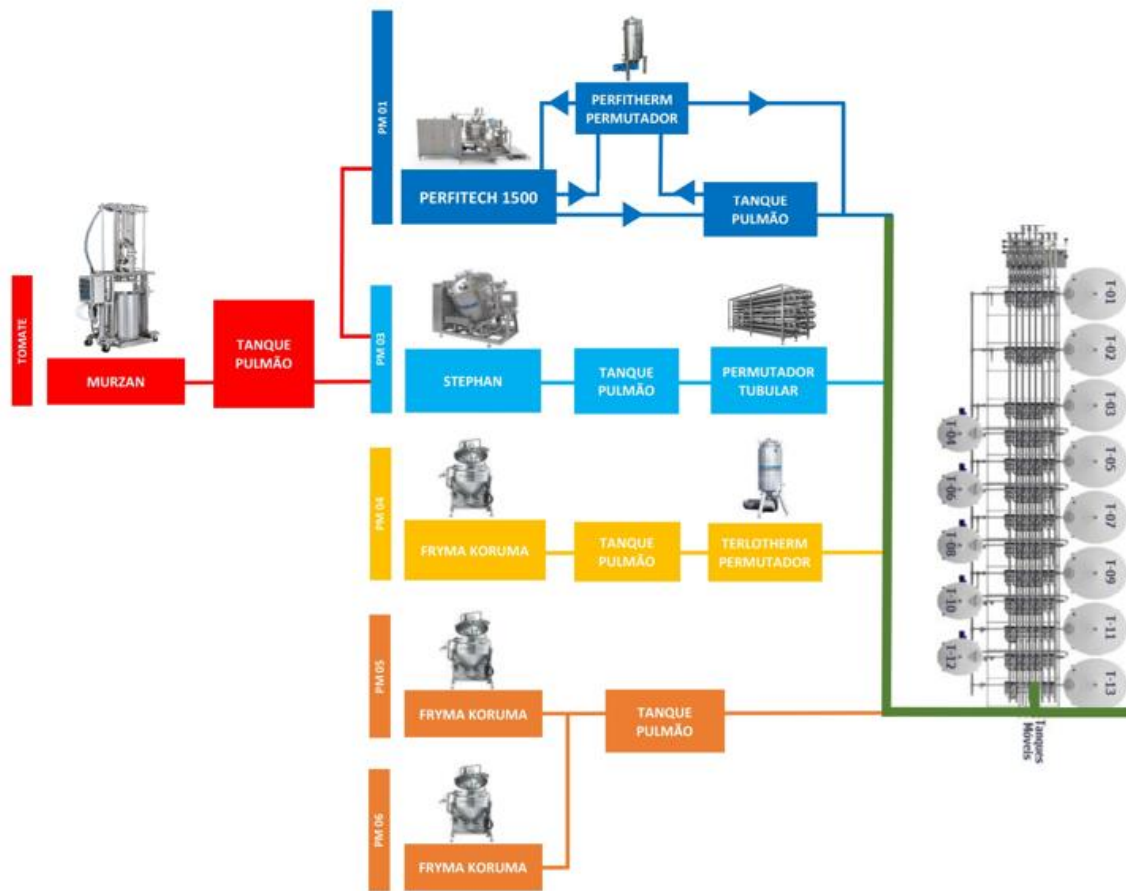


Figura 9 - Diagrama geral da instalação dos reatores (sistem, Diagrama de Produção do molhos, 2016)

Na figura que se segue, pode-se ver alguns dos comandos disponíveis num dos reatores de produção.



Figura 10 - Comando de introdução de ingredientes

Consoante a receita selecionada, aparecerão nos campos “leitura pretendida” as quantidades que devem ser adicionadas de cada produto. Por esta razão, tal como foi dito anteriormente, é fundamental pesar algumas matérias-primas (que não são inseridas de forma autónoma pela máquina) para garantir as doses corretas dos ingredientes.

Assim que se dá como concluída a receita, passa-se à fase de armazenamento, onde o produto produzido pode permanecer desde algumas horas, até alguns dias, antes de ser embalado, consoante o produto em causa. Para tal, como se vê na imagem seguinte (Fig.11), deve ser selecionado o tanque destino, onde se pretende armazenar o produto. Depois deve-se selecionar se se deseja arrefecer o mesmo ou não, uma vez que há determinados enchimentos que só podem ser feitos com o produto mais frio. Se for para embalar o produto imediatamente, então, deve-se escolher a opção “Com arrefecimento”. Desta forma, o produto passará por um *chiller* que arrefece o mesmo, antes de ser armazenado. Na Fig.11 pode-se ver a página de comando de envio de produto para os tanques de armazenamento.

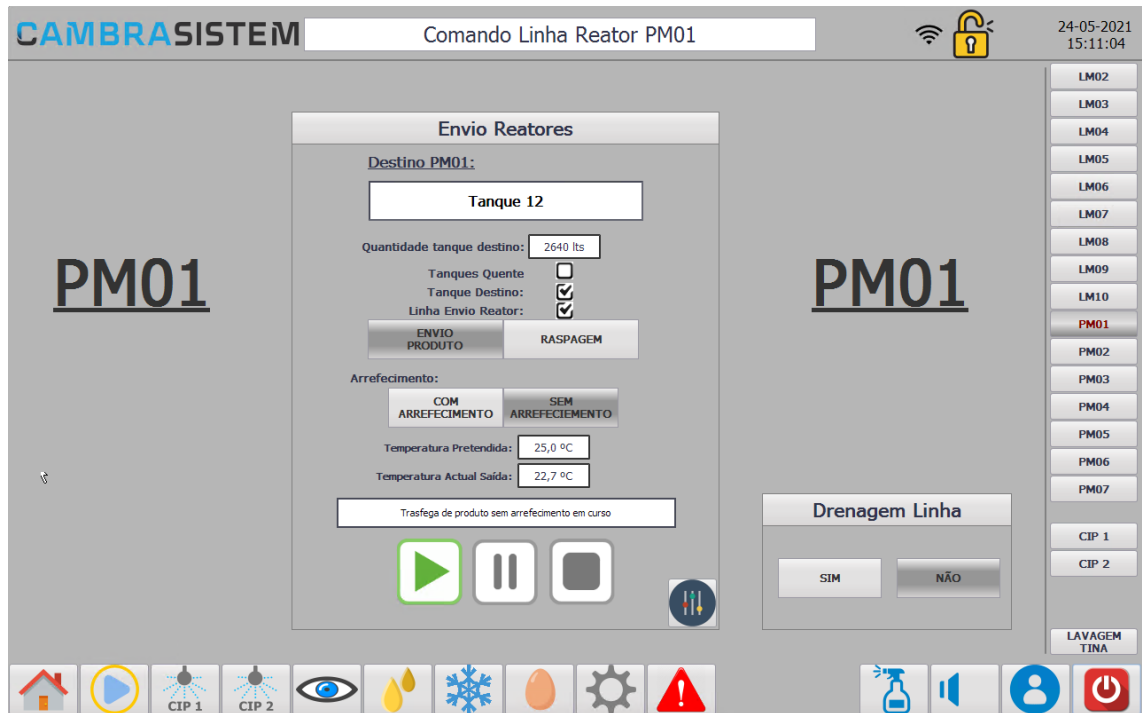


Figura 11 - Comando de envio de produto

Pode ser visto em tempo real a quantidade dentro do tanque seleccionado. Para que se saiba para onde deve ser feita a descarga do produto, navegando até ao menu da visão geral é possível ter uma visão geral dos tanques disponíveis (Fig.12)

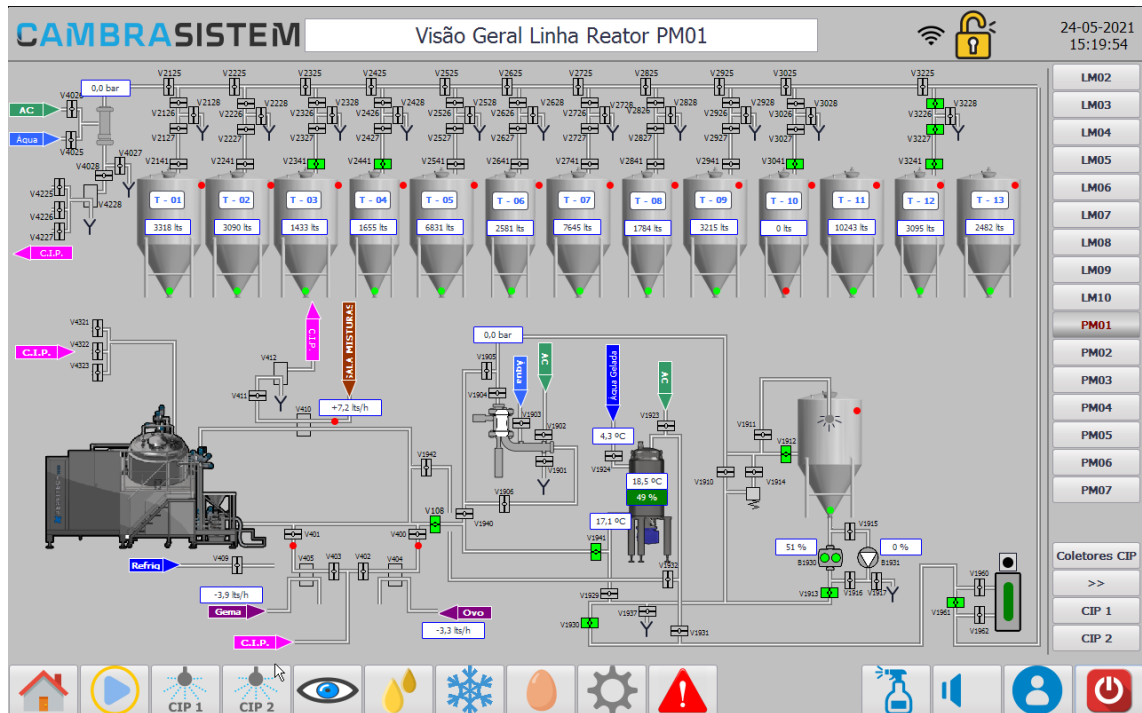


Figura 12 - Visão deral do reator PM01

No caso das figuras anteriores, o reator em causa (PM01) está a descarregar para o tanque de armazenamento número 12. Como se pode ver na figura anterior (Fig.12), as válvulas a verde indicam o caminho pelo qual o produto é descarregado até chegar ao tanque destinado.

3.1.3 Enchimento e embalagem

Para iniciar a fase de enchimento, a máquina mais importante é a enchedora. Para tal, o produto é enviado dos tanques de armazenamento até ao tanque pulmão da respetiva linha, como falado anteriormente. Este é o processo na maior parte dos casos. No entanto, devido ao ano atípico que se viveu em 2020 e inícios de 2021 houve um grande aumento da procura de produtos em saquetas com algumas dezenas de mililitros de produto, por exemplo, azeite, mostarda, maionese, entre outros. Isto fez com que houvesse maior necessidade de produção dessas linhas, que não estavam preparadas para receber produto diretamente dos tanques de armazenamento. Assim, há ainda uma opção que permite a descarga do produto para tanques móveis. Esses tanques móveis são posteriormente levados até à linha onde se pretende produzir e o produto é retirado dos tanques para a enchedora, bastando conectar uma bomba

ao tanque móvel. Na imagem seguinte pode-se ver um diagrama do processo de enchimento de produto nas saquetas.

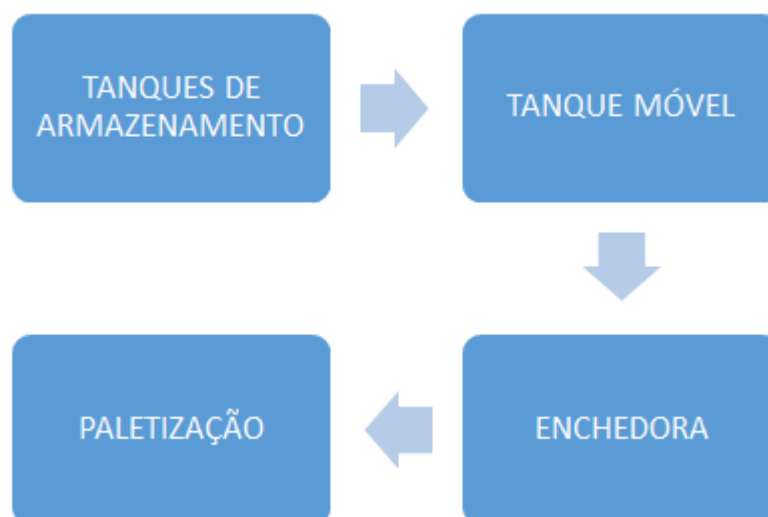


Figura 13 - Diagrama do processo de enchimento de produto nas saquetas

De modo a iniciar a produção nas linhas das saquetas, o tanque móvel é conectado à enchedora da máquina e uma bomba puxa o produto para os bicos de enchimento. Posteriormente, a saqueta é fechada e picotada, para ter uma abertura fácil e embalada numa caixa com algumas dezenas de unidades. Depois, é feita a construção da paleta no tapete de paletização, de forma manual, com as diversas caixas produzidas na máquina. Por fim, a paleta é envolvida em plástico, para proteger as embalagens de pós e outros resíduos e fica pronta para expedição, no cais na fábrica.

O processo de produção numa linha de embalagens ou de frascos de vidro é mais complexo. Dependentemente do produto final que se pretende produzir, este pode ter de passar por várias máquinas antes de se obter o produto final. Se for para encher um produto em vidro, recorre-se a um fornecedor externo, ao qual são comprados os recipientes. Caso o produto seja de plástico, são usadas embalagens produzidas na própria Mendes Gonçalves.

Usando como exemplo uma linha que possa produzir produtos com recipientes de vidro ou com recipientes de plástico. Se for para produzir com recipientes de vidro, é colocada uma paleta ao lado do robô que procederá a fazer a sua despaletização. No caso do produto ser embalado em recipientes de plástico, estes serão depositados na Posimat. Esta máquina tem

como função, enviar para a linha, as embalagens, uma a uma, na vertical. De seguida vem a enchedora. Tal como o nome indica, é onde é feito o enchimento com o produto que vem de um dos 13 tanques de armazenamento, sobre os quais se falou anteriormente. De seguida, consoante o formato da linha, as embalagens, já com o produto dentro das mesmas, podem passar por uma das duas máquinas. Pela capsuladora PET (polyethylene terephthalate) ou pela capsuladora Vidro. Caso o recipiente que se esteja a produzir for de plástico, o formato da linha faz com que estes passem pela capsuladora PET, ignorando a de vidro, e vice-versa. Posteriormente, são postos os rótulos na rotuladora. A máquina que se segue é a Sleevadora, onde são postas *sleeves* (mangas, em português), que são um arco de plástico que é posto sobre as tampas das embalagens para isolar as mesmas. Logo depois passam por um pequeno forno para derreter esse plástico e selar as tampas. A penúltima máquina que se segue é a agrupadora. À semelhança do que acontece com as capsuladoras, os recipientes de vidro também têm a sua própria máquina, devido a terem um formato diferente. Consoante o formato da linha que se estiver a usar e o produto que se esteja a produzir, o recipiente passará apenas por uma destas duas máquinas, ou seja, ou passa pela agrupadora de plástico ou pela agrupadora de vidro. Nesta máquina, tal como o nome indica, os recipientes são agrupados em pequenos grupos e empacotados numa caixa. Por fim, essa caixa segue para a paletizadora, que é um robô que se responsabiliza por fazer a paletização. Assim que a palete se dá como concluída, é removida da paletizadora e é envolvida em plástico, para proteger a mesma, ficando pronta para expedição. Na figura seguinte (Fig.14), pode-se ver um diagrama da linha em questão, que foi explicada no excerto anterior.

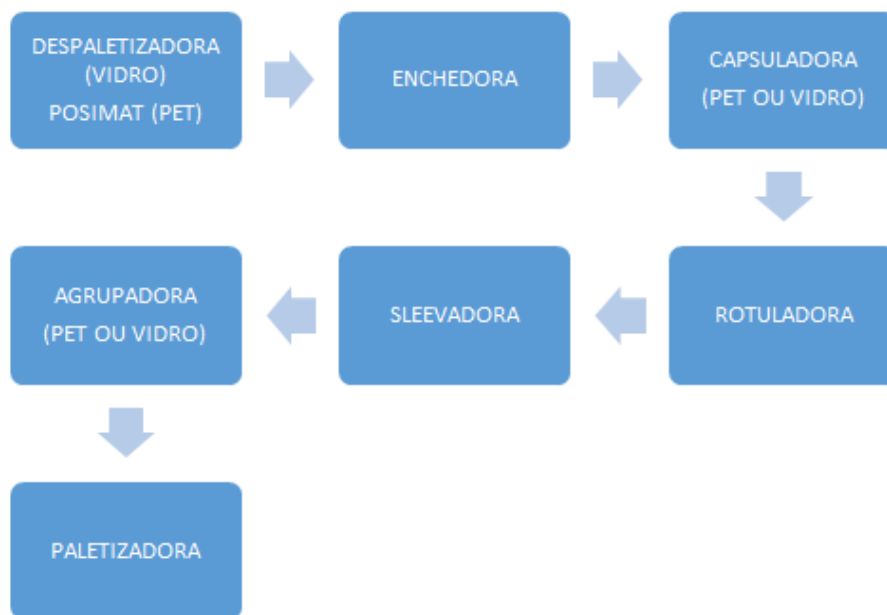


Figura 14 - Diagrama do processo de enchimento de produto em linha

3.2 Equipamentos de automação presentes na empresa

Neste capítulo ir-se-á falar sobre alguns dos sistemas e equipamentos de automação presentes na fábrica, tal como os protocolos de comunicação que estes usam para a troca de informação entre si.

3.2.1 Introdução - Transição para a Mendes Gonçalves 4.0

A indústria 4.0 é uma nova revolução industrial. Esta concentra-se fortemente na automação, interconectividade, *machine learning* e processamento de dados em tempo real. Esta interconectividade assenta na nova ideologia de IIoT (*Industrial Internet of Things*). Esta revolução é um relacionamento entre a produção e as tecnologias digitais inteligentes, *machine learning* e *big data* de modo a criar um ecossistema mais conectado para as empresas que se focam no fabrico e na gestão da cadeia de abastecimento. Se por um lado, cada empresa atualmente tem as suas próprias necessidades, todas elas têm ou passarão a ter um desafio em comum. Na Mendes Gonçalves, sentiu-se a necessidade de ter acesso a uma

visão geral e em tempo real dos dados. Desde processos, parceiros, produtos, entre outros. É aqui que entra a quarta revolução industrial. O mundo empresarial está a mudar. De modo a evoluir há uma grande necessidade da empresa investir na indústria 4.0. Neste tópico vou dos componentes envolventes, visto que o meu estágio se enquadra um pouco neste tema.

3.2.2 Controlador lógico programável (PLC - Programmable logic controller)

Um dos equipamentos mais importantes na automação é o PLC (*Programmable Logic Controller*) ou, em português CLP (Controlador Lógico Programável). Este pequeno equipamento está presente em abundância na Mendes Gonçalves.

São pequenos equipamentos industriais modulares desenvolvidos para automatizar processos de controlo altamente customizáveis. Por esta razão, são muitas vezes usados em fábricas, seja para controlar motores, bombas, luzes, válvulas e muitos outros equipamentos. São muito robustos e dificilmente afetados por ruído eletromagnético. São desenvolvidos de modo a que resistam às condições extremas de uma fábrica, devendo suportar variações de temperatura, humidade e devem aguentar ainda flutuações de potência na sua alimentação. Em suma, pode-se dizer que um PLC é um pequeno computador robusto projetado para realizar controlo industrial (Gates, PLC overview, 2017).

Como Funciona um PLC

Estes controladores são os equipamentos responsáveis por praticamente todos os sistemas de automação na indústria moderna. Apesar de serem constituídos por muitos componentes, estes podem ser agrupados em três grandes grupos, sendo eles:

- Processador (CPU – *Central Processing Unit*);
- Entradas (*Inputs*)
- Saídas (*Outputs*)

Apesar de serem “pequenos computadores complexos industriais”, desenvolvidos principalmente para a indústria, pode-se descrever, de uma forma simplificada, a sua lógica de processamento, como se pode ver na Fig.15.

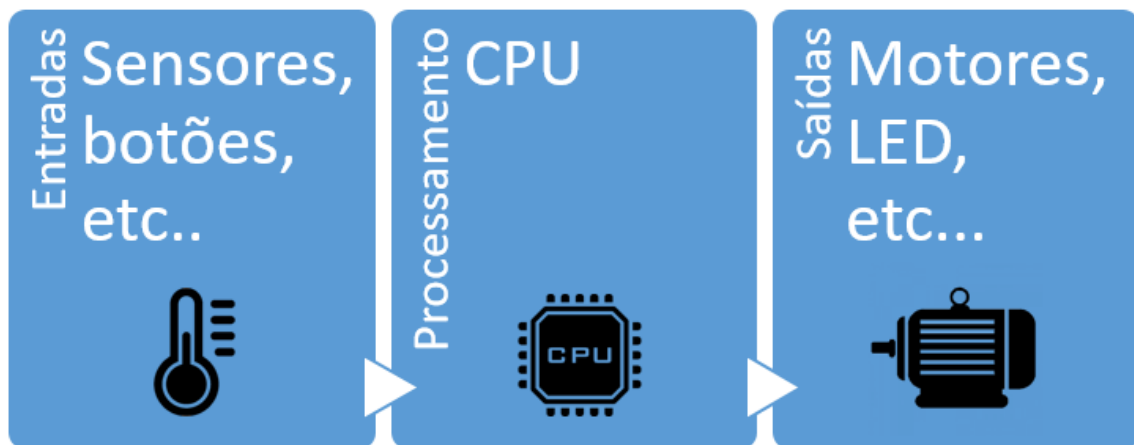


Figura 15 - Funcionamento de um PLC

O PLC recebe os valores de entrada nos *Inputs*, processa esses valores no processador (CPU) e depois liga ou desliga os *Outputs* consoante a lógica com que foi programado (Gates, PLC Overview, 2017).

Estrutura de um PLC

Agora falar-se-á um pouco mais em detalhe desses componentes, começando pelo CPU. A memória usada para o processamento está presente no CPU, onde são guardados dados temporários e permanentes dos programas. Esta memória é muito semelhante à dos computadores (RAM [*Random Access Memory*] ou ROM [*Read Only Memory*]). A comparação mais básica que se pode fazer relativamente a este tipo de memória é com o cérebro humano que também tem a capacidade de armazenar dados de modo a que seja possível realizar determinadas tarefas, como por exemplo, andar de bicicleta.

Passando para as entradas e saídas. Estas são normalmente conhecidas como I/O (Inputs/Outputs). De uma forma simples, os módulos I/O são as partes do PLC que conectam o “cérebro” (CPU [*Central Processing Unit*]) com o “Mundo” (Máquinas). Normalmente, num sistema de automação, há módulos específicos independentes para as entradas e para as saídas, com algumas exceções, como por exemplo o PLC da Siemens SIMATIC S7-1200

que tem tudo agregado no mesmo componente. Os módulos das entradas têm como função detetar variações de estados como por exemplo um botão ou monitorizar variações de grandezas, como por exemplo um sensor de temperatura. Isto depende se o módulo em causa for digital (exemplo do botão) ou analógico (exemplo do sensor de temperatura).

Começando por falar dos módulos digitais (ou discretos). Estes são os módulos mais usados para aplicações mais básicas. O seu conceito de funcionamento é bastante simples uma vez que só podem ter dois estados, ON ou OFF. Alguns exemplos dos equipamentos ligados a entradas digitais são os botões ou sensores de proximidade. Às saídas digitais, podem ser ligados, por exemplo, luzes, relés para controlar motores, entre outros. Em suma, como se pode ver, os módulos discretos são bastante simples. Pode-se mencionar os seus estados como, ON ou OFF, True ou False, 1 ou 0.

Passando para os módulos analógicos. Estes têm sinais com intervalos muito maiores do que simplesmente 0 ou 1, como acontece nos módulos digitais. No mundo da automação, os intervalos destes sinais podem ser medidos em corrente ou em tensão. Alguns dos valores mais comuns estão entre os seguintes intervalos:

- 0 V...10 V;
- 0 V...5 V;
- 0 mA...20 mA;
- 4 mA...20 mA;

De uma forma resumida, os módulos de entrada analógicos medem a corrente, ou tensão de saída do sensor em causa. De forma semelhante, os módulos de saída, fornecem tensão ou corrente, num dos intervalos mencionados anteriormente. Note-se que há outros intervalos, sendo estes, simplesmente, os mais conhecidos e usados.

Um exemplo de um sinal analógico com que todos estamos bastante familiarizados, é por exemplo, um botão deslizante que ajusta a intensidade da luz. Esta fica mais fraca ou mais forte consoante a direção do ajuste. De forma semelhante, um PLC consegue fazer isso de forma autónoma usando pequenos incrementos ou decrementos, consoante a sua programação, de modo a controlar a intensidade da luz automaticamente.

Alguns exemplos de sensores, a nível industrial, incluem, sensores de temperatura, pressão, condutividade, entre muitos outros. Por exemplo, um sensor de pressão, pode reportar uma pressão entre 0 e 10 bar consoante a sua saída analógica, correspondendo a um sinal entre 4-20 mA. De forma semelhante, um sensor de temperatura, pode reportar, por exemplo, uma temperatura desde -20°C até 100°C, consoante a sua saída analógica com um intervalo, por exemplo, de 0-10V.

Por estas razões, módulos de saída podem ser usados para controlar vários equipamentos, sendo maioritariamente usado para controlo de motores, tendo estes várias funções, como por exemplo, fazer rodar um tapete de produção de forma mais rápida ou mais lenta, consoante a necessidade. Assim, com o auxílio de um controlador de motores, é possível, fazer o controlo de um motor com uma potência de vários kW, recorrendo a sinais de baixa tensão e corrente. Como se pode ver, há muitas possibilidades onde se pode aplicar saídas ou entradas analógicas (myplctraining, PLC training, 2020).

3.3 Comunicações Industriais existentes na fábrica

Todos os processadores dos PLC têm a capacidade de suportar algum tipo de comunicação. O autómato, geralmente, tem a capacidade de comunicar de uma ou mais formas (myplctraining, PLC processors, 2020). Como por exemplo:

- Comunicação série ou USB (*Universal Serial Bus*) entre PLC e PC;
- Comunicação com o módulo I/O através do painel traseiro ou por Ethernet;
- Comunicação com outros PLC ou outros equipamentos industriais, através de protocolos de comunicação industrial, por exemplo, ethernet, profibus, modbus, entre outros.

Falando especificamente sobre a comunicação entre autómatos e outros equipamentos. Há vários protocolos de comunicação industrial, sendo alguns dos exemplos, PROFINET, PROFIBUS (PROcess-FIeld-BUS) ou Modbus. Neste capítulo farei uma pequena introdução a estes três protocolos, uma vez que, para além de estarem presentes na fábrica, a sua explicação será fundamental para se entender alguns dos projetos desenvolvidos durante o estágio (Siemens, s.d.).

3.3.1 PROFIBUS

Começando pelo PROFIBUS. É atualmente um dos protocolos menos usados na Mendes Gonçalves, pencialmente devido ao forte crescimento do protocolo PROFINET. No entanto, o PROFIBUS, continua a ser um protocolo muito importante não só na empresa mas também mundialmente. Foi lançado em 1993 e é um protocolo que assenta numa tecnologia que já está bem estabelecida. Por essa razão, não há necessidade de haver mudanças frequentes em *hardware* ou *software*. Apesar de ter um nome parecido com o PROFINET, estes protocolos são muito diferentes. Posteriormente será feita também uma explicação do protocolo PROFINET.

O cabo PROFIBUS é normalmente identificado pela sua cor roxa e o meio físico utilizado é o RS-485. Na imagem seguinte pode-se ver as características físicas deste cabo e um exemplo de um barramento PROFIBUS.

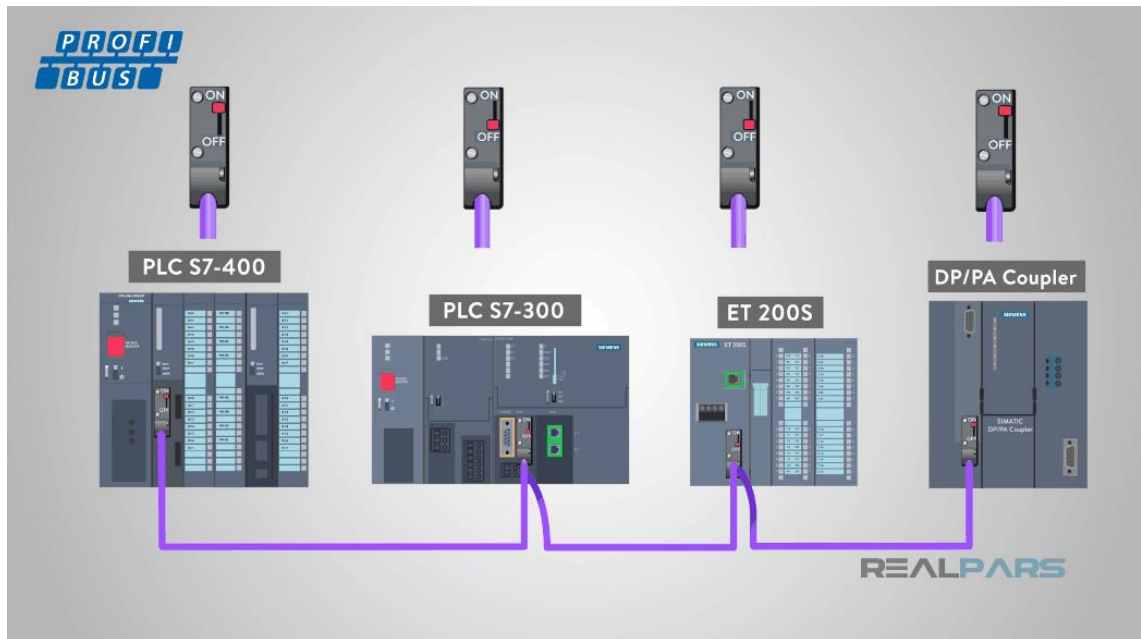


Figura 16 - Exemplo de um barramento PROFIBUS (Wilson, 2018)

Observando a figura anterior (Fig.16) pode-se verificar que os conectores têm um pequeno *switch* vermelho. Este representa a resistência que deve estar presente em ambas as extremidades do barramento PROFIBUS. Por essa razão esse botão deve estar ligado somente nos dispositivos nas extremidades, caso contrário ocorrerão erros no mesmo.

Um barramento pode conter até 127 dispositivos. Em alguns casos, o seu endereço pode ser escolhido nos *software* TIA Portal ou STEP 7. Noutros casos, os dispositivos possuem alguns botões que permitem configurar o endereço do mesmo diretamente pelo hardware, sem necessitar de recorrer ao *software*. Na figura seguinte (Fig.17) pode-se ver uma configuração de um endereço PROFIBUS de um dispositivo, recorrendo somente ao *hardware* presente no mesmo.

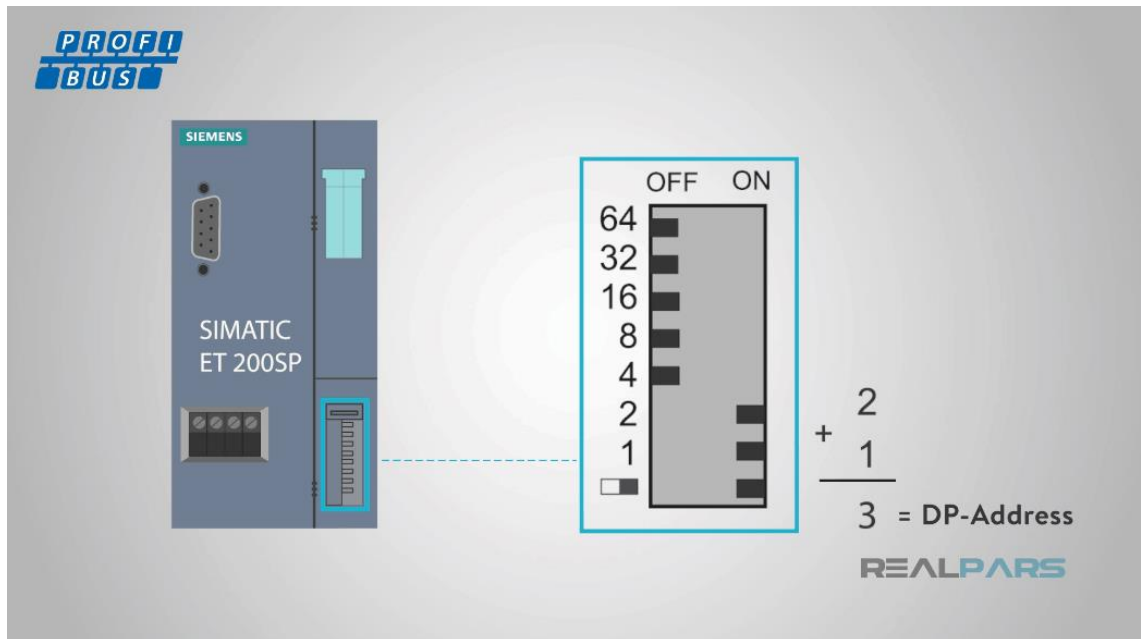


Figura 17 - Configuração do endereço PROFIBUS usando o Hardware (Wilson, 2018)

Relativamente à velocidade de transmissão de dados. Com o PROFIBUS, é possível operar a velocidades entre os 9600 bits por segundo e os 12 megabits por segundo. No entanto, é fundamental ter em conta que, quanto mais velocidade se pretende, maiores são as restrições relativamente à distância máxima que o cabo pode ter. Na maior parte dos casos é benéfico trabalhar com uma velocidade mais reduzida, por exemplo 9600 bits por segundo, de modo a que se possa tirar mais proveito da distância que pode ter o cabo. Neste caso, a distância máxima, para operar a essa velocidade, seria de 1000 metros. Em suma, mais velocidade implica comprimentos de cabo menores e vice-versa, tal como se pode concluir pela tabela 1 e Fig.18.

Tabela 1 - Relação entre a distância do cabo e a velocidade de transmissão de dados no Protocolo PROFIBUS

<u>Transfer rate</u>	<u>Cable length</u>
9,6 KBit/s - 187,5 KBit/s	1000m
500 KBit/s	400m
1,5 MBit/s	200m
3, 6, 12 MBit/s	100m

Na figura que se segue, pode-se ver um exemplo da relação entre a distância do cabo e a velocidade de transmissão, no protocolo PROFIBUS.

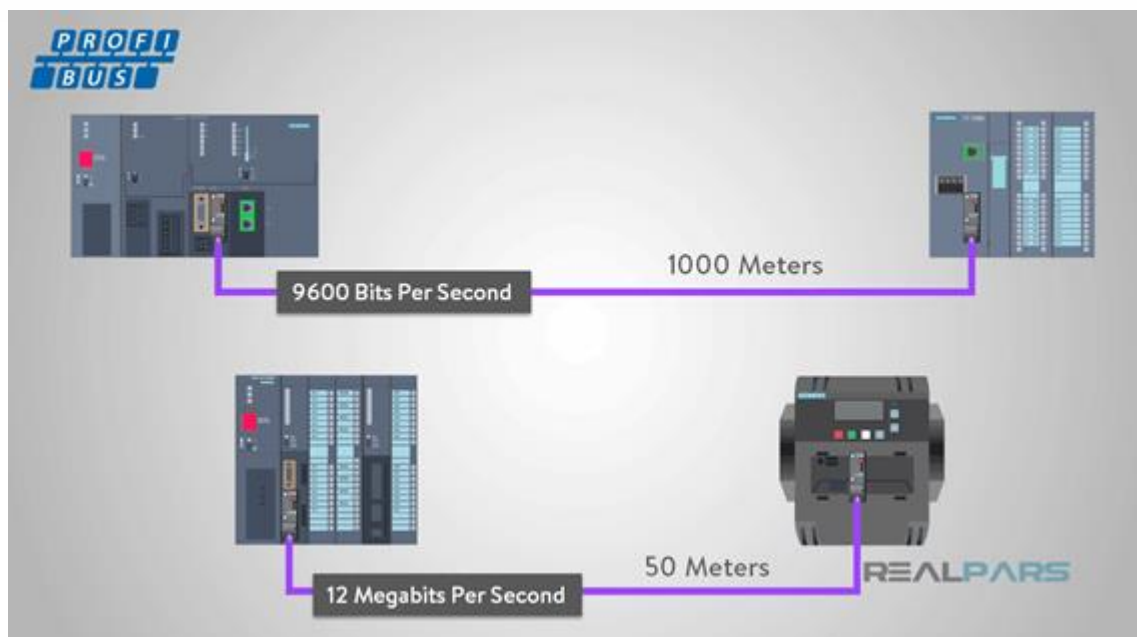


Figura 18 - Relação distância/velocidade de transmissão no protocolo PROFIBUS (Wilson, 2018)

Em termos de configuração, estes são os passos que devem ser seguidos:

- Criação de dispositivos e módulos PROFIBUS;
- Atribuição do escravo a um mestre.

As seguintes configurações são opcionais:

- Atribuição do endereço PROFIBUS (Caso contrário, são definidos automaticamente);

- Parâmetros de barramento - criação de um perfil definido pelo utilizador;
- Configuração de um tempo de ciclo de barramento constante.

Na figura seguinte (Fig.19) pode-se ver um exemplo da atribuição de um endereço a um escravo na *subnet* PROFIBUS_1. Para além disso, é possível configurar o endereço mais elevado e a velocidade de transmissão.

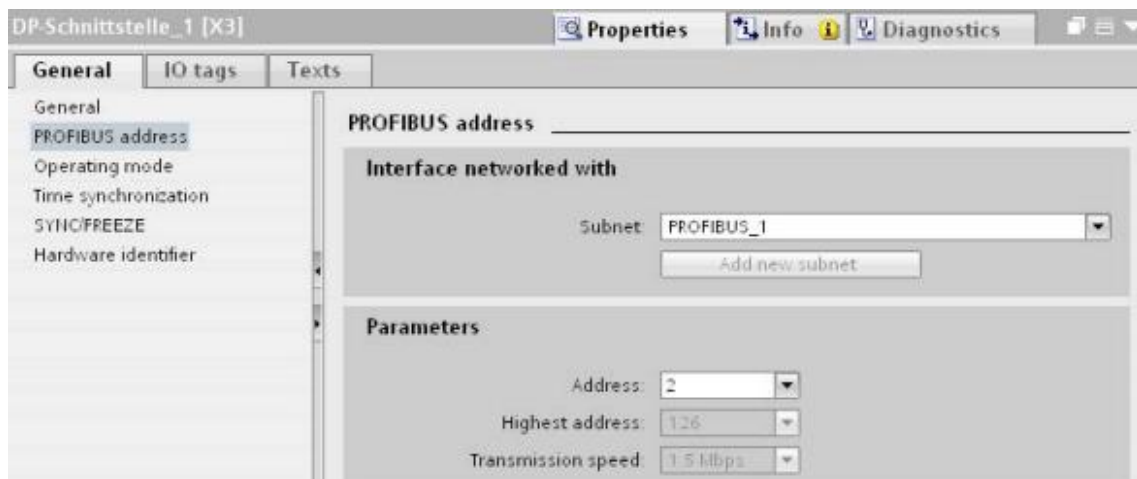


Figura 19 - Parâmetros PROFIBUS editáveis no TIA Portal

3.3.2 Modbus RTU

Modbus é outro protocolo que considero muito importante porque foi um dos protocolos usados num novo projeto durante a realização do estágio. Este protocolo pode funcionar sobre várias camadas físicas, sendo elas:

- Serial RS-232
- Serial RS-485
- Serial RS-422
- Ethernet

No entanto, na MG apenas se usou usada a interface RS-485. O Modbus funciona com uma tipologia *Master/Slave*, onde a transmissão de informação é através de troca de mensagens, todas elas com a mesma estrutura, o que facilita o entendimento do conceito e do conteúdo da mensagem do Modbus. Este pode ter dois modos de comunicação: RTU (*Remote Terminal Unit*) e ASCII (*American Standard Code For Information Interchange*). Neste caso,

falarei somente sobre o primeiro, visto que foi o modo de comunicação usado durante o estágio.

Cada mensagem do Modbus possui a mesma estrutura (Fig.20). Quatro elementos básicos estão presentes em cada mensagem, sendo eles:

- Endereço do Escravo: Endereço entre 1 e 247;
- Código da Função: Objetivo da mensagem enviada;
- Dados;
- CRC (Cyclic Redundancy Check): método de detecção de erros.

Slave Address	Function Code	Data	CRC
1 byte	1 byte	0 up to 252 bytes	2 bytes

Figura 20 - Dissertação de uma mensagem Modbus

Endereço do Escravo

O endereçamento do escravo está presente no cabeçalho da mensagem e é usado para definir qual o equipamento escravo deve responder a uma mensagem vinda do mestre. Todos os outros *slaves* na rede Modbus ignoram a mensagem se o campo de endereço não corresponder ao seu próprio endereço.

Logicamente, tratando-se de um registo de 8 bits, poderia-se entereçar, na teoria, até 256 equipamentos. No entanto, alguns endereços estão reservados, como por exemplo o endereço 0, que serve para o *Master* fazer um *broadcast* para todos os *Slaves*. Portanto, na realidade o protocolo está limitado a 246 endereços. No entanto, na maior parte dos casos, a interface RS-485 não permite adicionar fisicamente tantos dispositivos sem recurso a repetidores. Por esta razão, usando essa interface o limite é de 32 dispositivos. (Siemens, SIMATIC S7-1200, Communication Board CB 1241 datasheet, 2021)

Código de função

De uma forma resumida e muito simplista, o código da função define o objetivo da mensagem enviada. O tamanho deste código é de 1 byte, o que significa que teoricamente pode ter 256 valores diferentes. Porém, nem todos os valores são utilizados, como veremos

de seguida. Na tabela mostrada na figura abaixo pode-se ver um subconjunto de funções do protocolo Modbus. Posteriormente, será apresentado um exemplo real no capítulo 4.1.1, onde foi aplicado este protocolo durante um projeto.

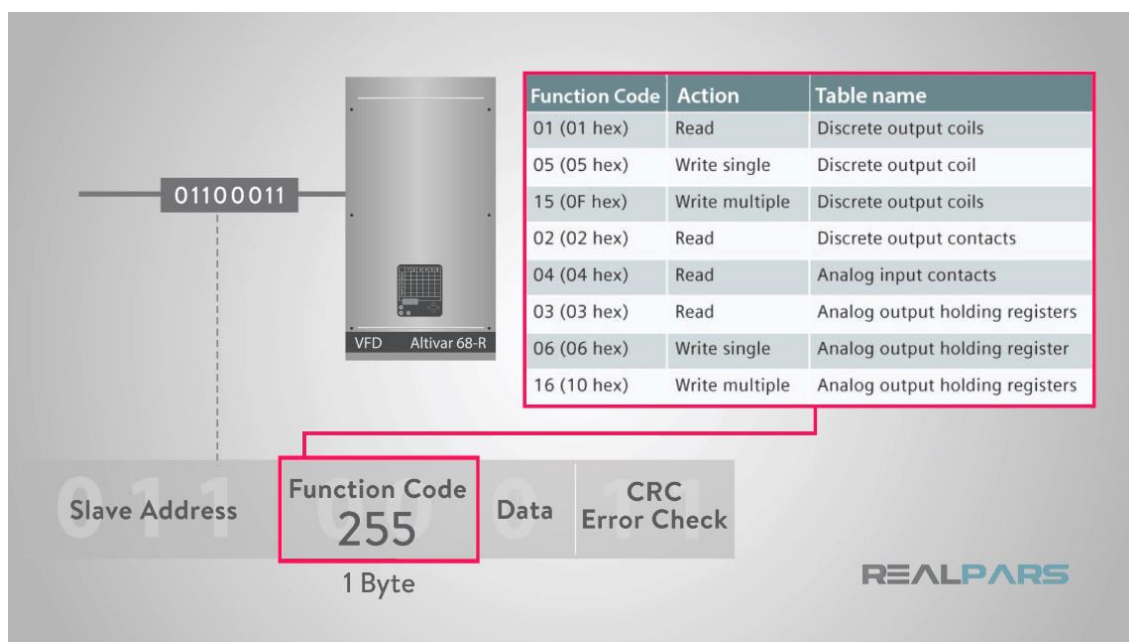


Figura 21 - Subconjunto de funções do protocolo Modbus (Gastreich, 2018)

Analisando a figura anterior pode-se ver alguns exemplos de alguns códigos de funções, assim como o seu objetivo final. Por exemplo, o código de função 04, indica que se pretende ler as entradas analógicas do escravo.

Por fim, o escravo escreve no campo “dados” e envia de volta a informação para o mestre.

3.3.3 PROFINET

Por fim, vem o protocolo PROFINET. É o que considero mais importante porque é atualmente o mais utilizado na Mendes Gonçalves e na indústria de um modo geral. Este assenta no protocolo TCP/IP, permitindo a transmissão de grande quantidade de dados com elevada rapidez.

De uma forma resumida, este é um dos mais recentes protocolos de comunicação industrial baseada em Ethernet e usa, como padrão, o conector RJ-45. Já é um dos líderes no que toca a

protocolos de automação industrial. A ideia por detrás deste protocolo é permitir soluções de automação, independentemente do fabricante. PROFINET é 100% Ethernet Industrial e é um padrão estabelecido mundialmente desde a década de 90. Isto permite que seja criada uma rede de automação uniforme onde podem ser ligados inúmeros equipamentos. PROFINET é um protocolo aberto que não está dependente de um fabricante. Um dos fabricantes que usa este protocolo de comunicação entre equipamentos é a Siemens. Apesar dos equipamentos da sua marca terem capacidade para comunicar usando outros protocolos, atualmente, uma grande parte é orientada para funcionar através de PROFINET, uma vez que este protocolo é robusto, flexível, eficiente e de alta performance. Algumas das vantagens são:

- Arquitetura aberta e convergência com TCP / IP (em conformidade com IEEE 802.3);
- Troca de dados rápida;
- Escolha do meio físico para a rede (cobre, fibra de vidro, sem fios);
- Topologias de rede flexíveis (linha, estrela, árvore, anel);
- Extensas funções e ferramentas de diagnóstico.

Embora em alguns casos um cabo Ethernet padrão possa ser usado para conectar dois equipamentos PROFINET, é recomendado o uso de cabos oficiais para este protocolo, normalmente distinguidos pela sua distinta cor verde, como se pode ver na Fig.21. Isto porque contêm uma blindagem robusta e são projetados para funcionar especificamente em ambientes industriais, cujas condições de trabalho destes equipamentos são mais adversas. Assim, estão melhor protegidos contra interferências eletromagnéticas ou humidade, por exemplo.

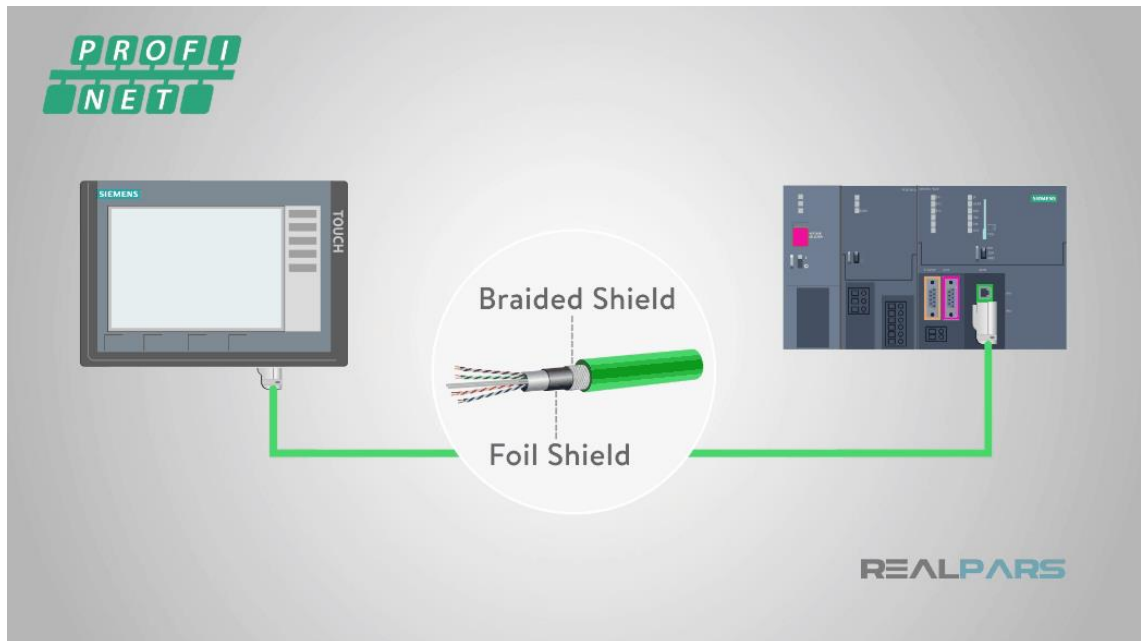


Figura 22 - Típica ligação PROFINET (Wilson, 2018)

Este protocolo permite transmitir dados com velocidades superiores a 100 Mbit/s. Devido à sua rapidez de transmissão de dados, as soluções com protocolo PROFINET são ideais quando há a necessidade de se recorrer a *high speed applications*, como é o caso da automação industrial. Uma vez que o protocolo PROFINET usa a mesma interface física que o Ethernet, podem ser usados vários *switch* para expandir a rede.

Na tabela 2, pode-se ver a comparação de algumas características, entre PROFINET e PROFIBUS.


Tabela 2 - Comparação entre PROFIBUS e PROFINET (International, s.d.)





	PROFIBUS	PROFINET
organization	PI	
application profiles	same	
concepts	Engineering, GSDs	
physical layer	RS-485	Ethernet
speed	12Mbit/s	1Gbit/s or 100Mbit/s
telegram	244 bytes	1440 bytes (cyclic)^
address space	126	unlimited
technology	master/slave	provider/consumer
connectivity	PA + others*	many buses
wireless	possible*	IEEE 802.11, 15.1
motion	32 axes	>150 axes
machine-to-machine	No	Yes
vertical integration	No	Yes
^with multiple telegrams: up to 2 ³² -65 (acyclic)		
*not in spec, but solutions available		

Os equipamentos que utilizam este protocolo, têm três tipos de endereços diferentes, sendo eles:

- Endereço de IP;
- Endereço MAC;
- Nome do equipamento.

É importante sublinhar que todos os equipamentos Ethernet usam endereços de IP e endereços MAC, mas o nome do equipamento é exclusivo para dispositivos PROFINET. Pode-se ver um exemplo destes endereços na imagem que se segue.



				
Device Name	HMI_1	PLC_1	Drive_1	IE-PB_1
IP Address	192.168.0.1	192.168.0.2	192.168.0.3	192.168.0.4
MAC Address	28-63-36-0E-F6-E8	00-1C-06-0B-F2-46	00-1F-F8-F4-70-89	00-00-24-1A-35-C8

REALPARS

Figura 23 - Características de um equipamento PROFINET (Wilson, 2018)

Em suma, devido ao facto do protocolo PROFINET ser robusto, veloz e flexível, está-se cada vez mais a cimentar como o protocolo de comunicação líder nas aplicações de automação industrial.

4. Trabalho desenvolvido no estágio

Neste capítulo, são apresentadas as várias tarefas desempenhadas e desenvolvidas durante o estágio de mestrado, desde novos protejos a melhorias e manutenções.

4.1 Novos Projetos

Neste subcapítulo serão apresentados e explicados alguns dos novos projetos que considero mais importantes e nos quais estive envolvido durante o decorrer do estágio, sendo eles:

- Instalação de caudalímetros;
- Doseamento automático do cloro na água do furo;
- Instalação de sensores de temperatura e humidade;
- Projeto Mendes Gonçalves 4.0 (MG 4.0).

4.1.1 Instalação de Caudalímetros

O primeiro projeto de integração na empresa tinha como objetivo a instalação de caudalímetros de modo a recolher dados relativamente aos consumos de água, não só de um modo geral mas também de detalhadamente, consoante os setores da fábrica. Assim, este projeto dividiu-se em seis passos, sendo eles:

- Análise das entradas de água na fábrica;
- Escolha dos caudalímetros;
- Instalação do quadro elétrico e ligação elétrica;
- Programação e Configuração;
- Disponibilização dos dados;
- Folheto de configuração do caudalímetro.

1) Análise das entradas de água na fábrica

Começou-se por fazer uma análise visual à tubagem da fábrica, por onde passava toda a água a ser consumida, tanto na produção como nas lavagens dos equipamentos. Esta análise foi feita principalmente por duas razões: primeiro, era preciso garantir que toda a tubagem se encontrava em condições para se proceder à instalação dos sensores e, segundo, era necessário escolher estrategicamente os locais onde se iria proceder à instalação. Para tal, de modo a auxiliar o processo, recorreu-se a uma planta geral das instalações, onde foram assinalados os locais onde seriam instalados os caudalímetros, como se pode ver na imagem abaixo.

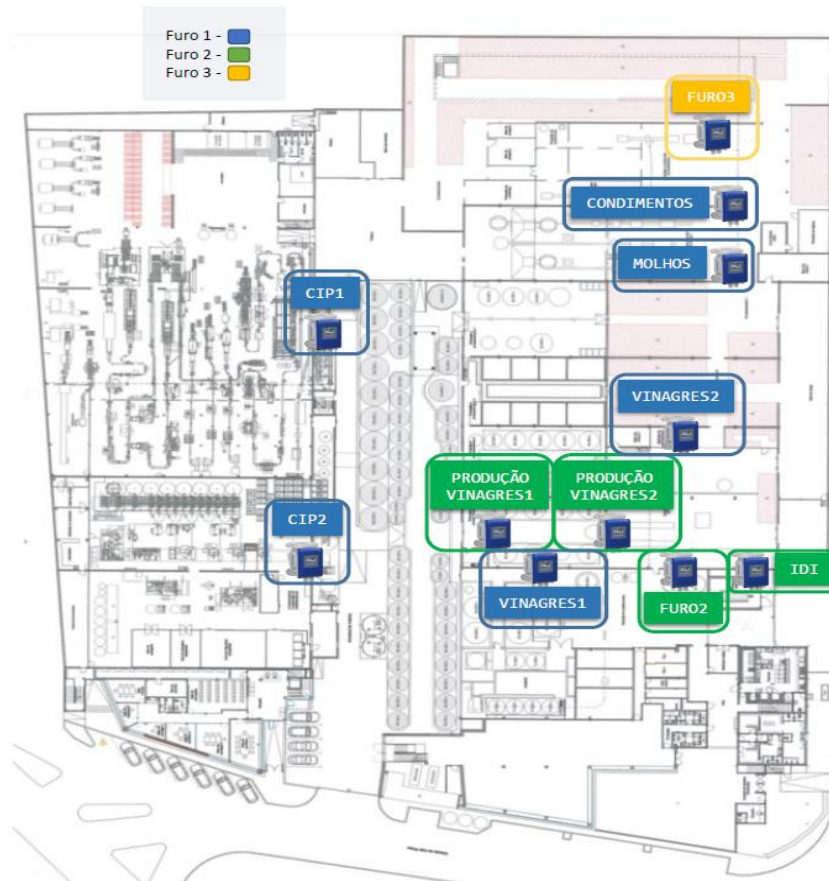


Figura 24 - Planta da fábrica e locais onde foram instalados os caudalímetros

Esta análise foi fundamental por três razões. Numa primeira fase foram detectadas tubagens que já se encontravam ligeiramente degradadas e a necessitar de serem substituídas ou melhoradas de modo a melhorar o fluxo de água e prevenir fugas. Para além disso, uma boa análise permitiu escolher estrategicamente os melhores locais a instalar os sensores, de modo a que nenhuma água passasse sem ser contabilizada, contribuindo para uma melhor noção de sustentabilidade. Por fim, escolheu-se os locais de instalação de modo a reduzir ao máximo a necessidade de equipamentos a instalar, diminuindo os custos de investimento neste projeto.

Após a análise feita anteriormente, chegou-se ao diagrama que se pode ver na figura 25.

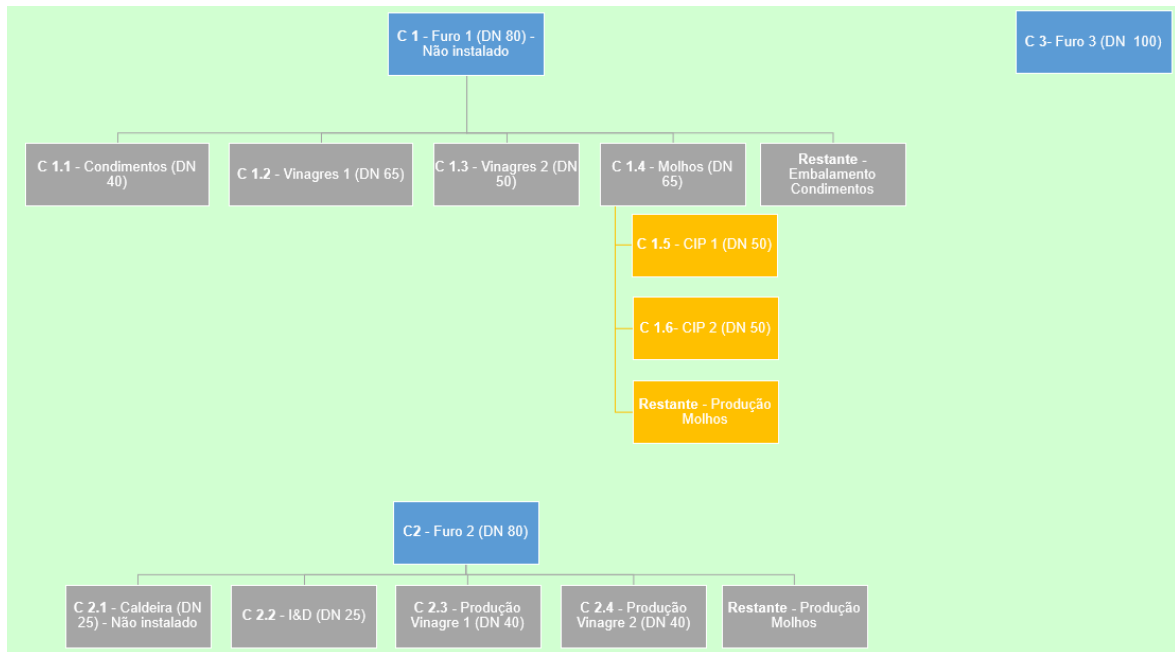


Figura 25 - Diagrama de ligação dos caudalímetros

Como se pode verificar na imagem anterior, foram instalados no total 11 caudalímetros dos 13 inicialmente previstos. Os três mais importantes, são aqueles instalados à saída de cada um dos furos de água, C2 e C3. Deste modo, somando as contagens destes dois caudalímetros, é possível contabilizar toda a água gasta na fábrica por estes dois furos. Para saber a água gasta no furo 1 é necessário calcular todos os gastos dos caudalímetros a jusante. Posteriormente, indo mais ao detalhe, é possível saber especificamente em que zonas da fábrica e em que processos se está a gastar mais água.

2) Escolha dos caudalímetros

Para este projeto, a escolha recaiu sobre um sensor da Khrono Group, da gama WATERFLUX 3000 que combinando com os transdutores de fluxo IFC 050, IFC 070, IFC 100 ou IFC 300, adquirem a seguinte nomenclatura (respetivamente): WATERFLUX 3050, WATERFLUX 3070, WATERFLUX 3100 e WATERFLUX 3300. Todos eles aconselhados para a contagem de água potável.

Todos estes são sensores de fluxo eletromagnéticos. São mais baratos que os mássicos (que são sensíveis à densidade do meio a medir) e mais fiáveis que os ultrassónicos. Neste projeto,

optou-se por usar o transdutor IFC50. Este tem saídas digitais, analógicas e suporta vários protocolos de comunicação, como por exemplo, HART ou Modbus, sendo o último o protocolo o escolhido para este projeto. A razão pela qual se optou por sensores com capacidade de comunicar usando o protocolo Modbus foi a distância uma vez que a distância entre os sensores e o PLC é grande. Por esta razão, este foi um fator que teve muito peso na decisão final. Na figura 24, mostrada anteriormente, pode-se verificar que haviam sensores que iriam ser instalados em pontos opostos da fábrica. O protocolo Modbus permite que o cabo de conexão tenha até 1200m sem necessidade de usar repetidores. Deste modo, foi possível centralizar todos os sensores no mesmo quadro elétrico. O mesmo não seria possível se usássemos, por exemplo, o protocolo PROFINET (sem repetidores) ou simplesmente as saídas analógicas dos sensores.

Sistema de medição

O sistema de medição deste sensor baseia-se na lei de Faraday da indução. Resumidamente, segundo esta lei, a variação no fluxo de um campo magnético induz o surgimento de uma corrente elétrica.

Este sensor pode ser aplicado a fluidos com propriedades de condução elétrica, neste caso, a água. Por fim, podem ser medidas duas grandezas, a velocidade de fluxo ou o volume. Neste caso, o que nos interessa é a segunda opção, ou seja, o volume de água consumidos.

Tabela 3 - Sistema de medição dos caudalímetros eletromagnéticos (Krohne, IFC050 Handbook, 2016)

Measuring system

Measuring principle	Faraday's law of induction
Application range	Continuous measurement of current volume flow, flow velocity, conductivity, mass flow (at constant density), coil temperature of the flow sensor

Na figura seguinte pode-se ver o esquema de funcionamento do caudalímetro eletromagnético.

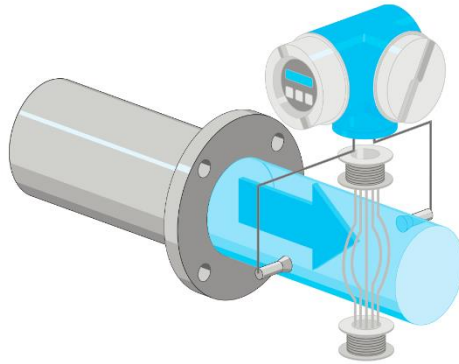


Figura 26 – Caudalímetro eletromagnético (Nunes, 2020)

Dados técnicos

Nas seguintes tabelas, pode-se ver alguns dados que tiveram de ser consultados antes de ser processada a compra dos caudalímetros.

Tabela 4 - Dados técnicos gerais do conversor (Krohne, IFC050 Supplementary instructions, 2012)

Interface	RS485, galvanically isolated
Baud rate	1200, 2400, 3600, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600 or 115200
Protocol	Modbus RTU (available as a separate document on request)
Maximum participants on bus	32 per line, master included (may be extended by repeaters)
Coding	NRZ bit coding
Address range	Modbus: 1...247
Transmission procedure	Half duplex, asynchronous
Bus access	Master / slave
Cable	Shielded twisted pair for RS 485 applications
Distances	Maximum 1.2 km / 3937 ft without repeater (dependant on baud rate and cable specifications)

Na tabela anterior pode-se ver, por exemplo, a interface usada, sendo ela a RS-485. Tal como já tinha dito anteriormente, esta é a interface usada pelo protocolo Modbus RTU. Os endereços podem ir de 1 até 247, estando os restantes valores reservados. No entanto, a interface RS485 soporta apenas 32 dispositivos, o que era mais do que suficiente no nosso caso.

Para além disso, há alguns fatores que se devem ter em conta aquando a sua instalação, tais como:

- O caudalímetro deve estar instalado de forma que o tubo esteja sempre cheio.
- Antes e depois do caudalímetro é necessário existir um troço de tubo reto que garanta as seguintes medidas:
 - Troço de entrada $\geq 5 \times DN$
 - Troço de saída $\geq 2 \times DN$

Na figura que se segue (Fig.27), pode-se ver uma imagem retirada de um manual de formação (Nunes, 2020), que contém alguma informação relativamente à instalação de sensores.

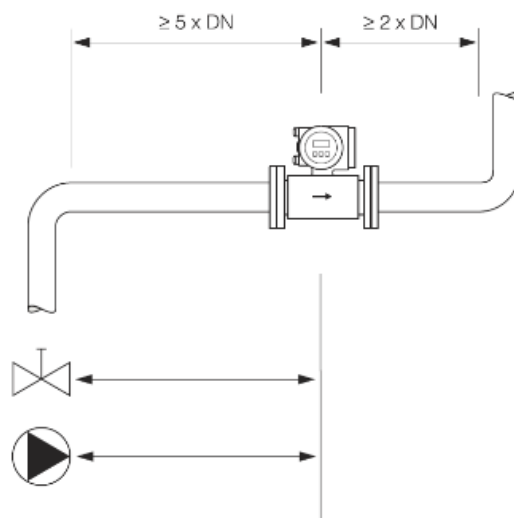


Figura 27 – Zona recomendada para a instalação dos caudalímetros na tubagem (Nunes, 2020)

Note-se que estes caudalímetros só podem ser usados para fluidos com uma condutividade superior a $5 \mu\text{S}/\text{cm}$ (Fig.28).

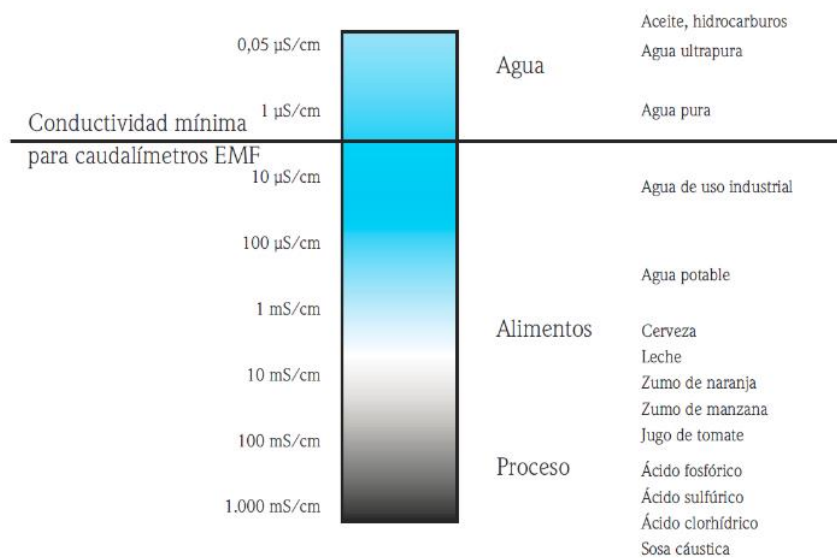


Figura 28 – Condutividade mínima necessária para uma leitura correta (Nunes, 2020)

Princípio de funcionamento

Este tipo de sensor eletromagnético é um medidor de fluxo volumétrico que não contém qualquer parte móvel. Por si só, isto já é uma grande vantagem relativamente a custos de manutenção.

Estes sensores funcionam com base na lei de Faraday. Um sinal de tensão é criado quando um líquido condutor flui através do campo magnético. Quanto mais rápido for o fluxo do fluido, maior será o sinal de tensão gerado. Os eletrodos localizados nas paredes do tubo captam o sinal e enviam-no.

A tensão gerada resulta da seguinte fórmula (Krohne, IFC050 Handbook, 2016):

$$U = v \times k \times B \times D \quad [1]$$

No qual:

v = Velocidade média de fluxo

k = Fator de correção para geometria

B = Força do campo magnético

D = Diâmetro interno do caudalímetro

O sinal de saída que é gerado é uma tensão, captada pelos eletrodos. Esta é proporcional à velocidade média de fluxo, v , apresentada na fórmula anterior.

3) Instalação do quadro elétrico e ligação elétrica

O esquema elétrico deste projeto não foi feito por mim, mas acompanhei todo o processo. Este é composto, principalmente, por três elementos, sendo eles: a fonte de alimentação, o PLC, os disjuntores e os bornes. Por fim, foi feita a ligação entre o autômato e a rede local da fábrica recorrendo a um cabo de rede ethernet, sendo ele essencial para a programação do autômato remotamente e também para permitir a recolha dos dados, presentes no PLC dos caudalímetros. Na figura seguinte (Fig.29) pode-se ver uma fotografia do quadro em questão.



Figura 29 – Vista geral do quadro elétrico dos caudalímetros

Fonte de alimentação: Neste caso a escolhida foi a HDR-60-24 de 60W da MEAN WELL (Fig.30). Esta é alimentada pela tensão da rede de 230 Volt de corrente alternada e fornece à sua saída 24V de corrente contínua, sendo fundamental para alimentar, por exemplo, o PLC. Olhando para a sua ficha técnica, verificou-se que foi desenhada para trabalhar entre -30°C e 70°C, sendo que neste caso, a temperatura na sala onde foi instalada deve rondar os 20°C em grande parte do ano.



Figura 30 - Fonte de alimentação do quadro elétrico dos caudalímetros

Disjuntores: Na figura que se segue (Fig.31), pode-se ver 6 disjuntores e um diferencial (lado esquerdo). Neste quadro foram instalados disjuntores suficientes para cinco caudalímetros mais um para a fonte de alimentação. Estes são fundamentais para proteger os equipamentos contra curto-circuitos e sobretensões. Por fim, o diferencial, do lado esquerdo da figura 31, serve de interruptor geral do quadro elétrico. Tal como o seu nome indica (diferencial), este mede a diferença de corrente entre a fase e o neutro. Em caso de haver uma diferença, significa que há uma fuga de corrente onde não é suposto, desativando o *switch* do mesmo, ou de forma mais casual, “dispara” o quadro. Neste caso, aproveitou-se alguns equipamentos que já estavam em stock na manutenção.



Figura 31 - Disjuntores e diferencial do quadro elétrico dos caudalímetros

Autômato: Optou-se por comprar um dos PLC mais acessíveis do mercado atualmente (da Siemens) mas que ao mesmo tempo, possuísse todas as características necessárias para este projeto. Portanto, foi feita a aquisição de um autômato S7-1200 já com a uma *board* com a interface RS-485 (CB1241), fundamental para a comunicação mestre-escravo do Modbus. Para além disso, este possui ainda 8 entradas digitais e 1 analógica e 6 saídas digitais, caso fosse necessário ligar qualquer outro tipo de sensor ou atuador. Na imagem que se segue (Fig.32), pode-se ver tanto o a ligação necessária ao autômato S7-1200 recorrendo ao protocolo Modbus.

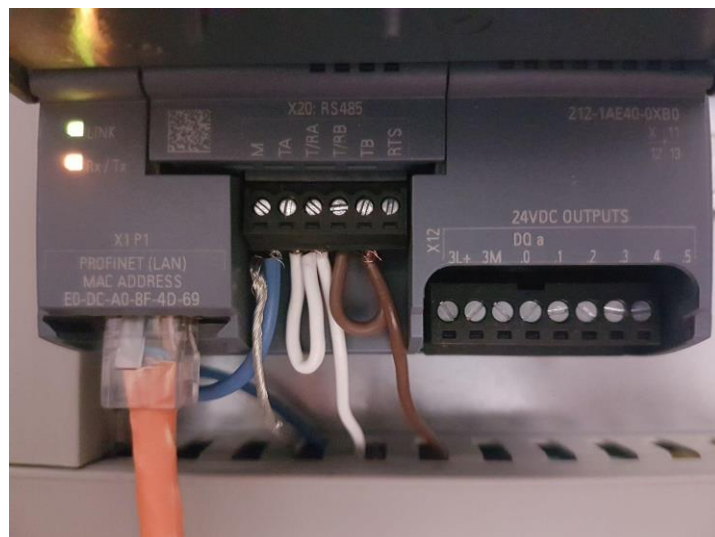


Figura 32 – Ligação Modbus ao autômato S7-1200

Bornes: São simples equipamentos que fazem a ligação entre os dispositivos interiores e exteriores ao quadro elétrico. Recorrendo aos bornes (Fig.33) é possível melhorar a organização do quadro elétrico, contribuindo desta forma para a correta instalação e para uma manutenção mais rápida e eficiente.

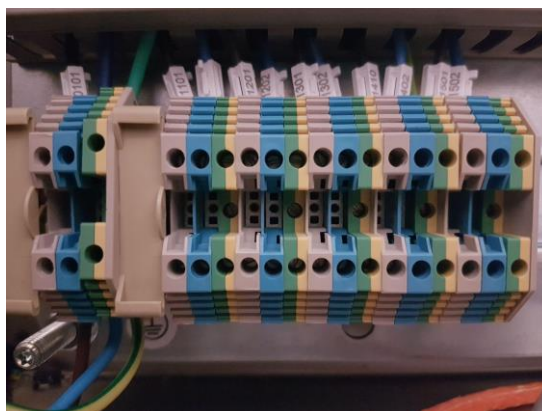


Figura 33 - Borneo no quadro létrico dos caudalímetros

Caudalímetros: Na figura 34 pode-se ver um dos caudalímetros instalados na fábrica. O seu funcionamento já foi explicado anteriormente e pode-se verificar, na figura 35 a ligação em série, necessária para o bom funcionamento da comunicação, recorrendo ao protocolo Modbus RTU. Neste caso, o cabo branco, vindo da saída A do autómato, liga ao B- e a saída B liga ao B+ do sensor.



Figura 34 – Ligação Modbus no caudalímetro

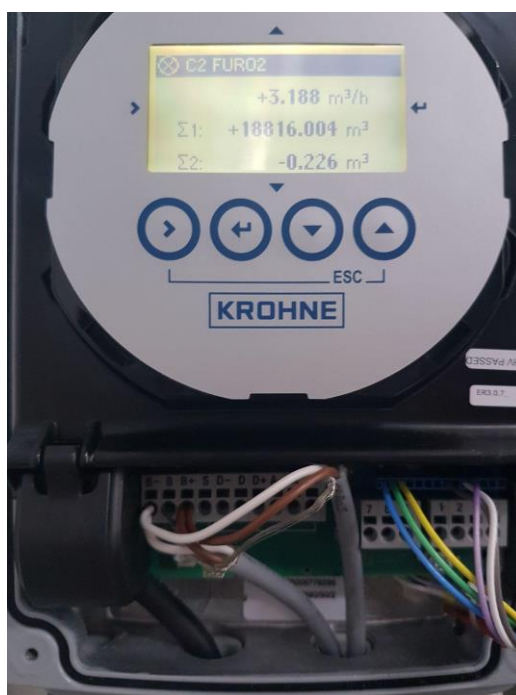


Figura 35 – Cudalímetro instalado na fábrica

4) Programação e Configuração

Nesta fase foi feita a configuração do sensor e a programação do mesmo, no software TIA Portal V15. A tabela 5 foi retirada do manual do sensor.

Tabela 5 – Funções suportadas

Function code		Name	Access to
hex	dec		
01	01	Read Single Coil	Status of calibration functions, counter status (start/stop)
03	03	Read Holding Register	Acyclic Registers Signal converter configuration parameter
04	04	Read Input Register	Cyclic Register Measurement values, status values and calibration results
05	05	Write Single Coil	Cold start, warm start, error reset, start calibration function, start/stop counter
08	08	Diagnostics	-
10	16	Write Multiple Register	Acyclic Registers Signal converter configuration parameter
2B	43	Encapsulated Interface Transport	Transparent Channel, Read Device Identification

Como foi possível verificar na tabela anterior, para poder aceder aos registos das entradas do sensor (Read Input Register) é necessário enviar o código de função 04 (em decimal ou hexadecimal). Estes dão a informação relativamente aos valores medidos (volume neste caso), valores de estado e resultados de calibrações.

A informação que se pretende é o contador em metros cúbicos, que é um double float. Portanto queremos aceder ao endereço do protocolo do modbus nº 30008, segundo o manual do IFC 50 (Tabela 6).

Tabela 6 - Visão geral das funções suportadas pelo escravo (Krohne, IFC050 Supplementary instructions, 2012)

Modbus protocol address		Description and settings	Type	Number of registers
1st	2nd			
30000	0	flow speed [m/s]	float	2
30002	2	volume flow [m ³ /s]	float	2
30004	4	mass flow [kg/s]	float	2
30006	6	Operating time [s]	float	2
30008	8	Counter 1 [m ³] or [kg]	double float	4
30012	12	Counter 2 [m ³] or [kg]	double float	4
30016	16	long status sensor	byte [4]	2
30018	18	long status device	byte [4]	2

Passando à programação, no *software* TIA Portal, fez-se várias configurações recorrendo à instrução Modbus_Comm_Load (Fig.36). Com esta função, é possível seleccionar, por exemplo, *baud rate*, paridade ou a porta de comunicação.

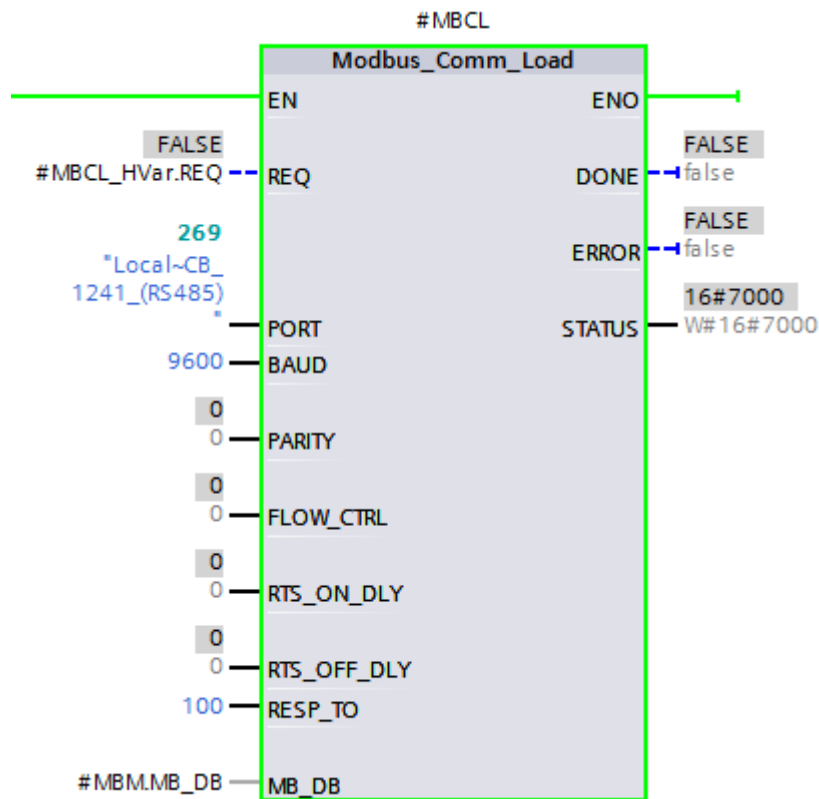


Figura 36 - Instrução Modbus_Comm_Load do TIA Portal

Como se pode ver, na imagem anterior, usou-se a porta de comunicação local, inserida na placa de comunicação CB1241 do PLC. Optou-se por uma baud rate de 9600, sem paridade ou qualquer *delay* de transmissão. Por fim, optou-se por um *timeout response* de 100ms. Este é o tempo que o mestre espera pela resposta do escravo. Caso não haja resposta durante esse período temporal o pedido é terminado com erro.

Para aceder à informação pretendida corretamente, utilizou-se o *help* do TIA Portal, onde foi possível observar a tabela 7.

Tabela 7 – Informação de comunicação Modbus (Função Help da Siemens)

MODE	DATA_ADDR (Modbus address)	DATA_LEN (data length)	Modbus function code	Operation and data
0		Bits per request	01	Read output bits:
	1 to 9999	1 to 2000/1992 ¹		0 to 9998
0		Bits per request	02	Read input bits:
	10001 to 19999	1 to 2000/1992 ¹		0 to 9998
0		Words per request	03	Read hold register:
	40001 to 49999	1 to 125/124 ¹		0 to 9998
	400001 to 465535	1 to 125/124 ¹		0 to 65534
0		Words per request	04	Read input words:
	30001 to 39999	1 to 125/124 ¹		0 to 9998

Neste caso, a instrução Modbus_Master (Fig.37) usa as entradas MODE e DATA_ADDR em vez de usar o código de função diretamente. Posteriormente, a combinação de ambas, especifica o código de função. Selecionando o modo “0”, na primeira coluna e o endereço pretendido, na segunda coluna, obtém-se o código de função 04, que nos permite aceder às entradas do escravo, tal como foi mencionado anteriormente na tabela 7.

Após se fazer essa programação no TIA Portal (Figura 37), verificou-se a existência de uma gafe no manual no caudalímetro, como se pode ver na tabela 6. Nessa tabela, retirada do manual do caudalímetro, é mostrado que os registos acessíveis das entradas, começam no 30000. Na realidade, começa no 30001, como se verifica no help do TIA Portal, ou no manual da Siemens (Tabela 7) Portanto há uma discrepância de 1 unidade relativamente ao manual do transdutor. Na imagem seguinte pode-se verificar os parâmetros de configuração da função Modbus_Master, após a sua correta programação.

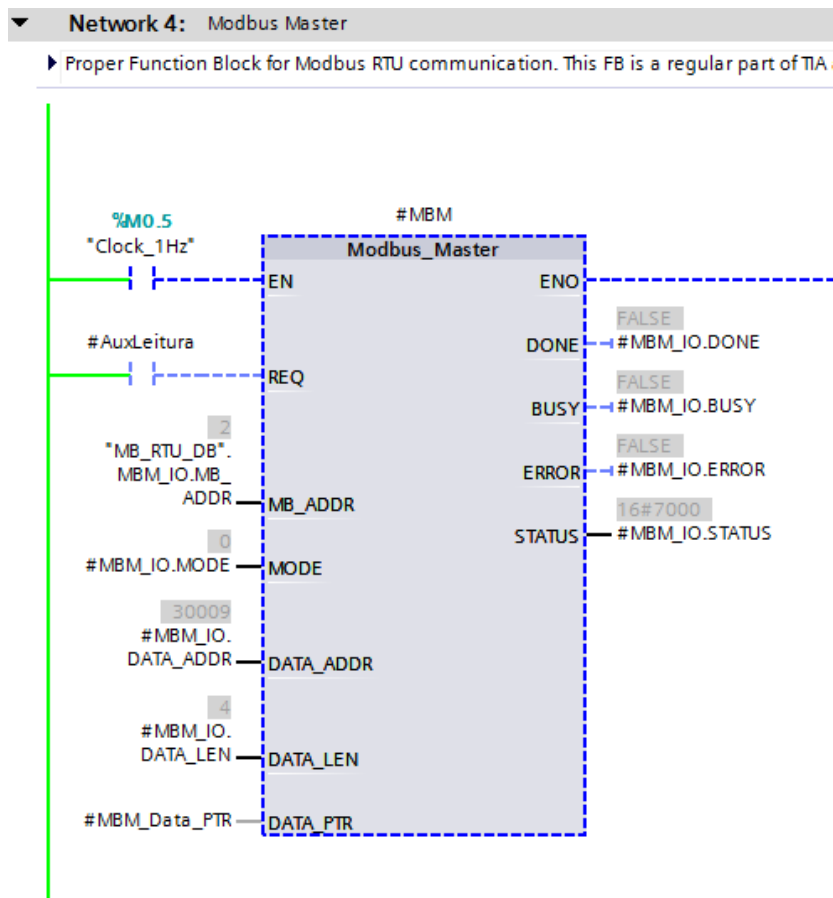


Figura 37 – Função Modbus_Master no TIA Portal

5) Disponibilização dos dados

De modo a disponibilizar os dados à informática, para gerar relatórios, foi necessário incluir estes dados num OPC da Siemens. Para tal, antes de mais, foi necessário fazer a ligação do PLC dos caudalímetros (a vermelho) à *PC station* (a amarelo) como se pode ver na Fig.38.

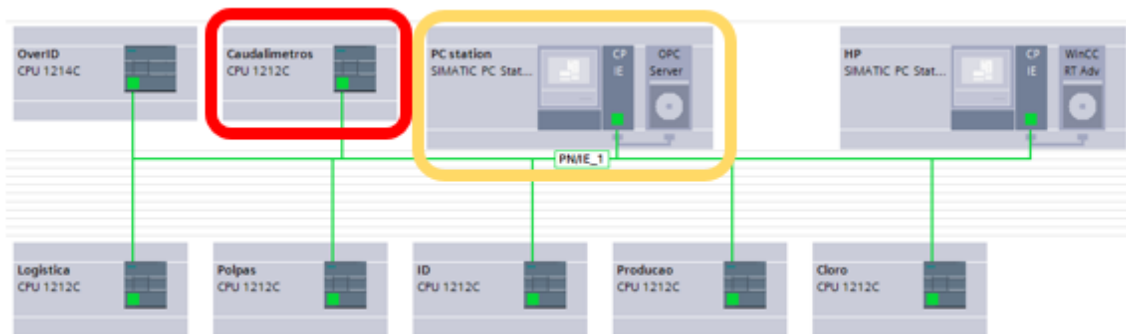


Figura 38 – Ligação do PLC dos caudalímetros à sub-rede interna de automação

Esta *PC station*, a amarelo, é um servidor de ambiente de trabalho remoto, ligado à rede local da empresa. É neste servidor que está centralizado tudo o que são programas e dados de automação ligados por *ethernet*.


Na seguinte tabela (Tabela 8) pode-se ver os dados no OPC Scout, após a sua inclusão no OPC no TIA Portal.

Tabela 8 – Dados disponibilizados no OPC Scout


ID	Display name	Type	Access rights	Time stamp (UTC)	Value
SYM: Agua.Caudalímetros.H2O.C1_0_CTotal	C1_0_CTotal	float	RW	07/14/2021 03:44:19.807 PM	0
SYM: Agua.Caudalímetros.H2O.C1_0_Descriçao	C1_0_Descriçao	string	RW	07/14/2021 03:44:19.807 PM	"Furo1"
SYM: Agua.Caudalímetros.H2O.C1_0_Estado	C1_0_Estado	short	RW	07/14/2021 03:44:19.807 PM	0
SYM: Agua.Caudalímetros.H2O.C1_1_CTotal	C1_1_CTotal	float	RW	07/14/2021 03:44:19.807 PM	489.8538
SYM: Agua.Caudalímetros.H2O.C1_1_Descriçao	C1_1_Descriçao	string	RW	07/14/2021 03:44:19.807 PM	"Condimentos"
SYM: Agua.Caudalímetros.H2O.C1_1_Estado	C1_1_Estado	short	RW	07/14/2021 03:44:20.800 PM	1
SYM: Agua.Caudalímetros.H2O.C1_2_CTotal	C1_2_CTotal	float	RW	07/14/2021 03:44:19.807 PM	56.65076
SYM: Agua.Caudalímetros.H2O.C1_2_Descriçao	C1_2_Descriçao	string	RW	07/14/2021 03:44:19.807 PM	"Vinagres1"
SYM: Agua.Caudalímetros.H2O.C1_2_Estado	C1_2_Estado	short	RW	07/14/2021 03:44:19.807 PM	1
SYM: Agua.Caudalímetros.H2O.C1_3_CTotal	C1_3_CTotal	float	RW	07/14/2021 03:44:23.803 PM	5495.216
SYM: Agua.Caudalímetros.H2O.C1_3_Descriçao	C1_3_Descriçao	string	RW	07/14/2021 03:44:19.807 PM	"Vinagres2"
SYM: Agua.Caudalímetros.H2O.C1_3_Estado	C1_3_Estado	short	RW	07/14/2021 03:44:19.807 PM	1

De uma forma resumida, um OPC, permite a troca de dados, de forma segura, entre o PLC e algumas aplicações para Windows usadas pela informática. Neste caso, eu disponibilizei os dados no OPC e a informática armazenava-os numa base de dados em SQL.



O último passo deste longo processo é a geração de *reports* recorrendo aos dados recolhidos. Na figura39, pode-se ver um resumo mensal da água gasta, mensalmente, no Furo 2.

 Fase ao Período do Mês passado o consumo de Água diminui.

O que Marca o Contador?

 Início: m3
Fim: m3

Consumos Período?

 m3
 €

Período Vs Período Anterior?

Período	Consumo	
6/2021	2901,585	m3
7/2021	2179,344	m3

Resumo Consumos

Período	Consumo	Preço
1/2021	2012,873	2616,7349
2/2021	1866,316	2426,2108
3/2021	2550,477	3315,6201
4/2021	3340,548	4342,7124
5/2021	2601,852	3382,4076
6/2021	2901,585	3772,0605
7/2021	2179,344	2833,1472

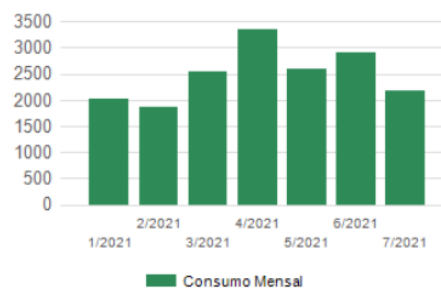


Figura 39 – Relatório de consumo mensal de água no Furo 2

Para além disso, há outro relatório que permite leituras mais detalhadas. Assim, é possível fazer uma análise a cada 15m, diária, mensal, ou noutro intervalo de tempo desejado, como se pode ver na figura 40.

Consumos por Dia

Data	Dia	Consumo por Dia
12/07/2021	12	127,875
13/07/2021	13	188,203
14/07/2021	14	110
15/07/2021	15	152,734

■ 12/07/2021 00:00:00
■ 13/07/2021 00:00:00
■ 14/07/2021 00:00:00
■ 15/07/2021 00:00:00

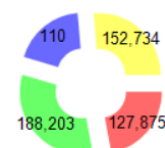


Figura 40 – Relatório detalhado de consumo de água

6) Folheto de configuração do caudalímetro

Para finalizar este projeto, foi desenvolvido por mim o seguinte folheto instrutivo (Fig.41). Neste é possível ver, passo a passo, as configurações necessárias em cada um dos caudalímetros para se ler os dados de forma correta.

Premir o botão durante 2,5 segundos.



C – Configuração Completa

C3 – I/O Contador

C3.1 – Contador 1

C3.1.1 - Função do Contador: +Contador

C3.1 – Contador 2

C3.2.4 – Ajusta Contador: 0.00 m³

C3.2.5 – Para Contador: Sim

C5 – RS485/Modbus

C5.1 – Endereço Slave: 1-32 (Depende do endereço no Software TIA Portal)

C5.2 – Baud Rate: 9600

C5.3 – Paridade: Sem Paridade

C5.4 – Formato de Dados: Big Endian

C5.5 – Atraso de Transmissão: 0.00 ms

C5.6 – Stop Bits: 1 Stop Bit

C6 – Instrumento

C6.1 – Informação do Instrumento

C6.1.1 - Tag: "TAG+NOME" (Ver diagrama dos Caudalímetros)

C6.2 – Display

C6.2.3 – Página Default: 2ª Página Medição

Figura 41 – Folheto de configuração dos caudalímetros instalados na fábrica

Sendo este um dos primeiros projetos em que participei ativamente durante o decorrer do estágio, considero que foi uma experiência bastante enriquecedora, principalmente porque, apesar de já ter alguns conhecimentos teóricos do Modbus, nunca tinha trabalhado num projeto prático que recorresse este protocolo.

4.1.2 Doseamento automático do cloro na água do furo

Houve a necessidade de se avançar com este projeto após a construção de um novo furo de água na fábrica. Anteriormente estavam instalados dois furos, passando posteriormente a haver abastecimento de água vinda de um terceiro. Obviamente essa água precisa de ser tratada antes de ser usada em qualquer um dos processos e, portanto, foi instalada uma central de tratamento de água. Um dos passos para fazer esse tratamento de forma correta, é precisamente o doseamento de cloro na água. Com este projeto, esse processo será completamente automático, podendo haver intervenção manual, caso seja necessário. Para além disso ficam disponíveis, informaticamente e em tempo real, a percentagem de concentração de cloro na água, assim como a sua condutividade. Este projeto foi desenvolvido juntamente com um técnico de manutenção. Assim tive também a oportunidade de apoiar no desenvolvimento do esquemático e na montagem do quadro elétrico.

Sendo assim, este projeto dividiu-se em três partes, sendo elas:

1. Desenho e montagem do quadro elétrico;
2. Programação;
3. Disponibilização dos dados à informática e geração de relatórios;

1) Desenho e montagem do quadro elétrico

Antes de mais, foi necessário por desenhar o esquemático do quadro elétrico, de modo a se verificar que material seria necessário adquirir para este projeto. Para tal, recorri a um colega da manutenção para desenvolvermos essa tarefa em conjunto. Assim, chegou-se à conclusão de qual seria o material que precisávamos de adquirir, sendo este:

- Interruptor diferencial (Schneider Electric A9R41440 de 40 Ampere)



Figura 42 – Interruptor diferencial instalado no quadro elétrico do doseamento automático do cloro

Como se sabe, a corrente flui em um *loop*. isto significa que, a corrente que entra tem de ser exatamente igual à que sai, exceto se a corrente encontrar outro caminho de volta para a fonte. Tal problema pode ocorrer, por exemplo, devido a uma falha no *grounding*. Caso seja detetada uma falha, o dispositivo interrompe o circuito, cortando o fornecimento de corrente para todo o quadro elétrico. Portanto, um interruptor diferencial é importante numa instalação, de modo a proteger equipamentos e pessoas.

Olhando para o *datasheet* deste interruptor diferencial (Fig.43), verifica-se que a sua corrente de entrada é de 40 A, do tipo AC e tem uma sensibilidade de *earth leakage* de 30mA, valor a partir do qual, é interrompido o circuito.

[In] rated current	40 A
network type	AC

Figura 43 – Caraterísticas elétricas do interruptor diferencial

Note-se ainda que a sua tensão e frequência de entrada são 380...415 Volt AC e 50 Hz. Portanto, este disjuntor diferencial tem tudo aquilo que procuramos.

- 1 Fonte de alimentação AC-DC de 24V (Omron S8VK-G12024)



Figura 44 – Fonte de alimentação instalado no quadro elétrico do doseamento automático do cloro

Esta fonte de alimentação converte a energia para o formato e tensão corretos. Neste caso optou-se pela Omron S8VK-G12024. Esta converte os 230 Volt que saem do barramento a 50 Hz para 24 Volt DC. Esta tensão de saída da fonte de alimentação é fundamental para alimentar, por exemplo, o PLC e os seus módulos.

Olhando para o datasheet desta fonte de alimentação (Fig.45 e Fig.46), verificou-se que cumpria todos os requisitos para este projeto. Por exemplo, a tensão de entrada (AC 50 Hz) pode variar entre os 100-240 Volt. Neste caso será alimentada a 230 Volt.

Rated supply voltage at AC 50 Hz

100-240 V

Figura 45 – Tensão de entrada da fonte de alimentação

Quanto às características relativamente às suas saídas, esta fonte tem um *power output* de 120 Watts, que é mais do que suficiente para este projeto. A tensão e corrente de saída são de 24 Volt e 5 A, respetivamente. Contamos ainda com uma eficiência decente, a rondar os 89%.

Power output	120 W
Efficiency	89 %
Output voltage	24 V
Rated output current	5 A

Figura 46 – Características elétricas da fonte de alimentação

- 1 PLC S7-1200 (CPU 1212C DC/DC/DC)



Figura 47 – PLC Siemens S7-1200

Neste projeto optou-se por se comprar o PLC da Siemens S7-1200 (Fig.48) uma vez que é dos mais acessíveis economicamente e tem todas as funcionalidades pretendidas para este projeto, bem como uma capacidade de processamento boa, tendo em conta a dimensão do projeto.

- 1 módulo de oito entradas e 8 saídas digitais (SM1223 DC/DC) e 1 módulo de quatro entradas analógicas (SM1231 AI de 13 bits)



Figura 48 – Módulos digitais e analógicos adicionados ao PLC

Neste projeto, foi necessário usar 9 entradas digitais. Tendo em conta que o PLC apenas tem 8 entradas, decidiu-se adquirir um módulo de entradas e saídas digitais (na figura 48 à esquerda). Assim, ficamos com todas as entradas necessárias e contamos ainda com uma boa capacidade de expansão para o futuro.

Na figura anterior (Fig.48), à direita, está o módulo de quatro entradas analógicas onde irão ligar os sensores do cloro e da condutividade.

- 1 contactor para controlar a bomba de recirculação (Schneider Electric LC1D12)



Figura 49 – Contactor para a bomba de recirculação

Os contactores, de um modo informal, são uma forma especializada de relé, capazes de comutar cargas de alta potência, como é o caso.

Este contactor (Fig.49) tem capacidade de ativar motores de diversas potências. No nosso caso, a bomba de recirculação é alimentada a 400 Volt AC, com uma frequência de 50 Hz e com uma potência estimada de cerca de 5,5 kW. Na figura 50, pode-se ver as potências de motores possíveis de controlar com este contactor.

motor power kW

3 kW at 220...230 V AC 50/60 Hz (AC-3)
 5.5 kW at 380...400 V AC 50/60 Hz (AC-3)
 5.5 kW at 415...440 V AC 50/60 Hz (AC-3)
 7.5 kW at 500 V AC 50/60 Hz (AC-3)
 7.5 kW at 660...690 V AC 50/60 Hz (AC-3)
 3.7 kW at 400 V AC 50/60 Hz (AC-4)

Figura 50 – Potências de motores possíveis de controlar com o contactor

Este contactor pode ser controlado com uma tensão e correntes mínimas de 17 Volt e 5 mA, respetivamente, como se pode ver na seguinte figura (Fig.51), retirada do *datasheet*.

minimum switching current	5 mA for signalling circuit
minimum switching voltage	17 V for signalling circuit

Figura 51 – Corrente e tensão mínimas de atuação do contactor

Este contactor é controlado indiretamente pelo PLC uma vez que da saída do PLC saem 24V para um relé e desse relé vem 24V para o contactor.

- 1 disjuntor termomagnético para a bomba doseadora (Schneider Electric GV2ME10)



Figura 52 - disjuntor termomagnético para a bomba doseadora

Este disjuntor termomagnético (Fig.52), foi instalado no sistema para controlar a bomba doseadora de cloro. Para além disso, este disjuntor protege a bomba de sobretensões ou de curto-circuitos, por exemplo. Note-se que o seu controlo é feito com 24 Volt que saem do PLC.

- Sistema de doseamento de cloro da Overview

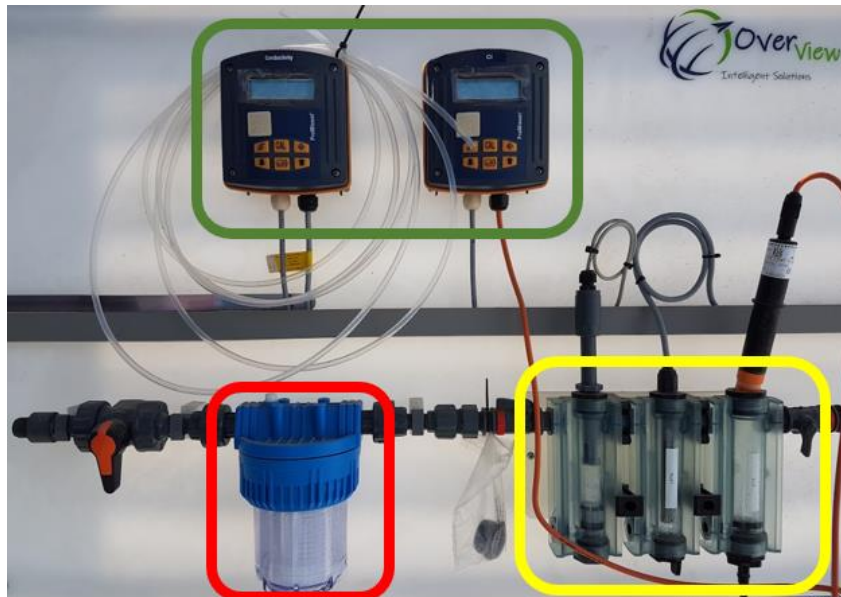


Figura 53 - Sistema de doseamento de cloro da Overview

Este sistema de doseamento de cloro (Fig.53), foi a única parte do projeto em que se optou por recorrer a uma empresa externa, uma vez que já tinha também desenvolvido um sistema semelhante a este para outro furo mais antigo, presente na fábrica.

Começando pela parte superior da imagem anterior (Fig.53), no retângulo a verde, estão instalados dois *displays* dos transdutores analógicos de condutividade e de concentração de cloro, da esquerda para a direita, respetivamente. Em baixo, do lado esquerdo, no retângulo vermelho, está instalado o filtro de partículas, para filtrar todas as partículas indesejadas, de modo a garantir as melhores leituras dos valores. Por fim, no retângulo amarelo, no canto inferior direito estão, à esquerda, o fluxostato, que liga a uma entrada digital do PLC, de modo a indicar se temos fluxo no sistema ou não. Caso não tenhamos fluxo, é gerado um alerta, indicando que os valores lidos nos sensores podem não estar corretos uma vez que, para ler a condutividade e a concentração de cloro na água, é obviamente necessário que haja água no sistema. Ao centro, ainda no retângulo amarelo, está a ponta de prova do sensor de condutividade. Quanto menor a condutividade da água, mais esta está próxima do seu estado puro. Por fim, à direita, o sistema conta ainda com um sensor de cloro. Este é fundamental

visto que será o valor da sua leitura que será tido em conta para ativar, ou não a bomba doseadora de cloro.

Lista de material necessário que já tínhamos disponível em reserva na manutenção:

- Disjuntores (Schneider Electric)



Figura 54 – Disjuntores usados no quadro elétrico de doseamento automático de cloro

Destes disjuntores (Fig.54) sai a alimentação para todos os equipamentos que necessitam de alimentação de 230 V, como por exemplo a bomba de doseamento do cloro.

- Barramento em escada tetrapolar 500V



Figura 55 – Barramento tetrapolar de 500V

Neste barramento (Fig.55), entram as três fases, com uma tensão de 400V. Indo buscar a tensão a um barramento individualmente é possível obter os 230 V que saem para os disjuntores.

- Bornes



Figura 56 – Bornes usados no quadro elétrico de doseamento automático do cloro

Os bornes (Fig.56) são elementos de ligação presentes na maioria dos quadros elétricos. O objetivo da sua utilização é fazer a conexão entre os dispositivos elétricos que estão dentro do quadro elétrico e os cabos ou fios no exterior. A utilização de bornes é muito útil, especialmente quando se pretende fazer manutenção do quadro elétrico. Por exemplo, se pretendermos substituir um fio de um sensor estragado que liga a uma entrada de um PLC, não é necessário analisar por onde passa esse fio dentro do quadro elétrico. Para tal, basta retirar o fio do conector de um dos bornes e substituir o sensor.

Por fim, procedeu-se à montagem final, como se pode ver na figura 57. Nesta image é possível ver o quadro elétrico já montado, seguindo o esquema elétrico desenhado e mostrado anteriormente usando os componentes apresentados nas páginas anteriores.

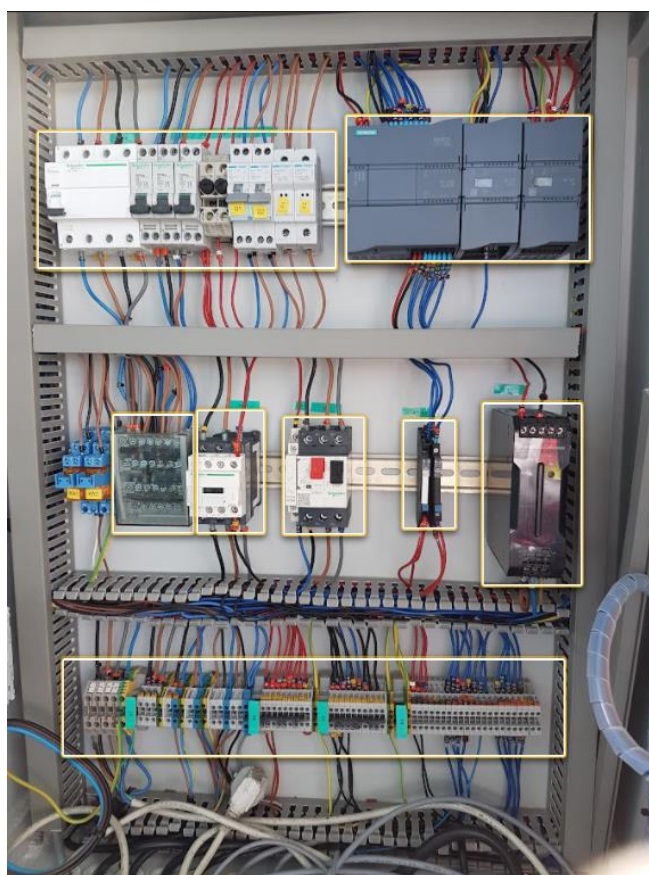


Figura 57 – Quadro elétrico do doseamento automático do cloro, após montagem

Note-se que, a bomba de recirculação é alimentada a 400 V, daí haver a necessidade deste quadro ter uma alimentação trifásica. Essa alimentação de 400 Volt entra no quadro elétrico

pelo disjuntor diferencial no canto superior esquerdo e vai ao barramento, de onde são retirados, depois os 230 Volt que vão para os disjuntores. Dos disjuntores, saíram 230 Volt para a fonte de alimentação da Omron (segunda fila à direita, a preto). Dessa fonte de alimentação saem os 24 Volt para alimentar o PLC e os seus módulos. À esquerda dessa fonte de alimentação estão dois relés que são usados para proteger o PLC. Desses dois relés saem 24 Volts para o contator que ativa a bomba de recirculação e para o disjuntor termomagnético. Em caso de haver correntes elétricas excessivas há o aquecimento de uma tira bimetálica, presente no disjuntor. Este aquecimento é suficiente para dobrar a tira em direção a uma barra de desarme que desliga o circuito. Por último, na última fila estão os bornes.

2) Programação

A programação deste projeto divide-se em 5 *networks*. Por questões de organização do programa todo o código está dentro de um FC ou de um FB.

Na primeira *network* (Fig.58) está o FC3, “Conv_Analog”.

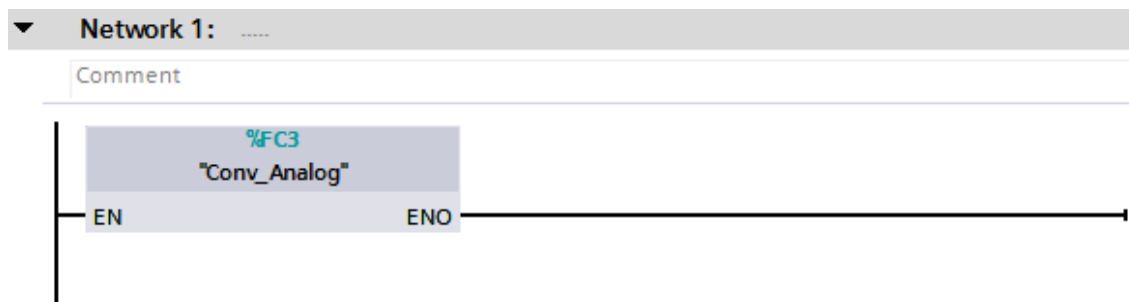


Figura 58 – FC da conversão das entradas analógicas

Dentro desta função está a conversão dos valores dos sensores da condutividade da água e da concentração do cloro de *word* para *real*. Esta conversão é necessária para termos sempre uma noção dos valores reais que estão a ser lidos pelos sensores em vez de se obter um número a variar entre 0 e 27648.

Na segunda *network* está o FB1 “BombaRecirculacao” (Fig.59).

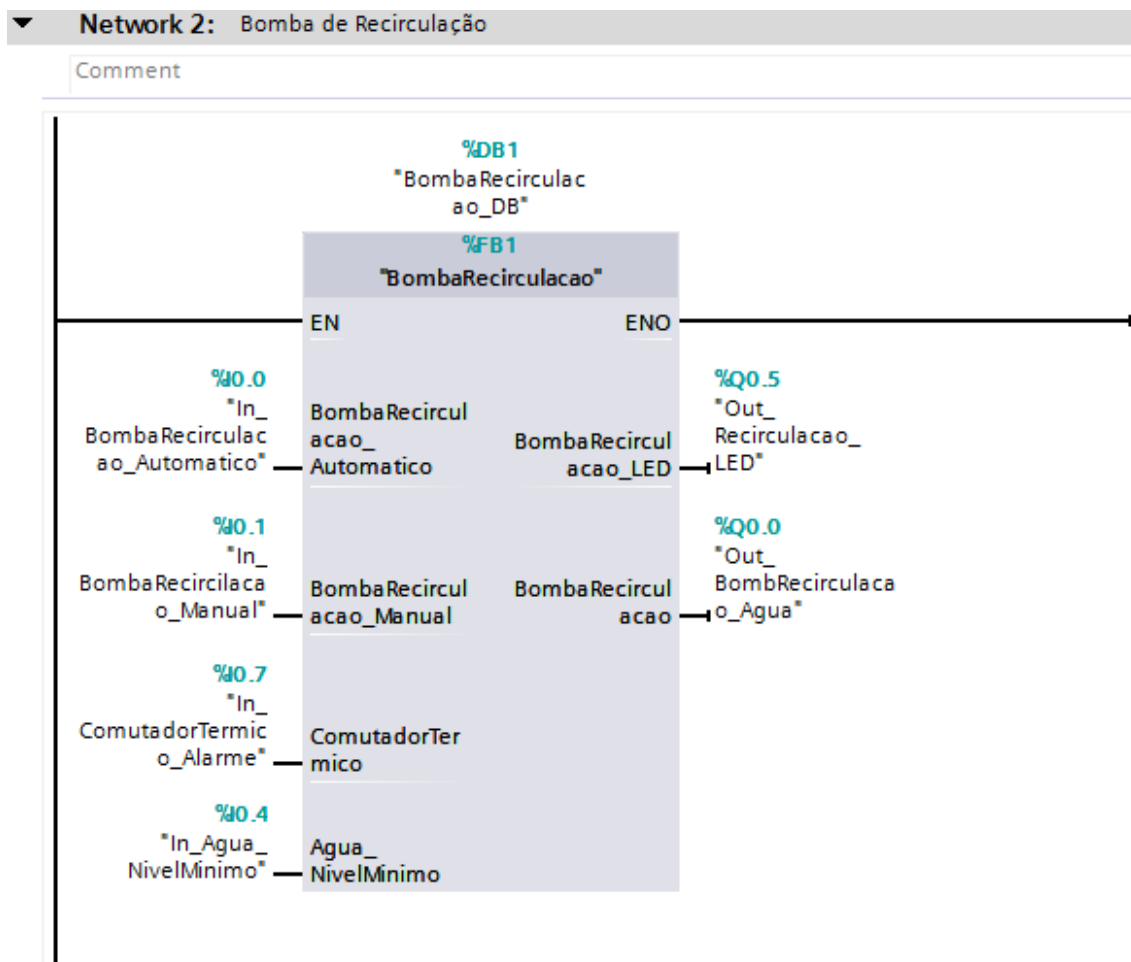


Figura 59 – FB de controlo da bomba de recirculação

Neste *Function Block* é feito o controlo da bomba de recirculação, tal como o nome indica. Para tal, esta conta com quatro entradas, sendo elas, o modo automático e manual, o sinal do comutador térmico e, por fim, o nível mínimo de água no tanque. Consoante o estado em que se encontre a bomba, por exemplo, em automático, manual ou em alarme, será ativada a saída da função para ativar um LED no quadro elétrico. A outra saída, controla a bomba dependentemente do modo de operação selecionado, do nível mínimo e do estado do comutador térmico.

Na seguinte *network* (Fig.60) foi criado o FB2 para controlar a bomba doseadora.

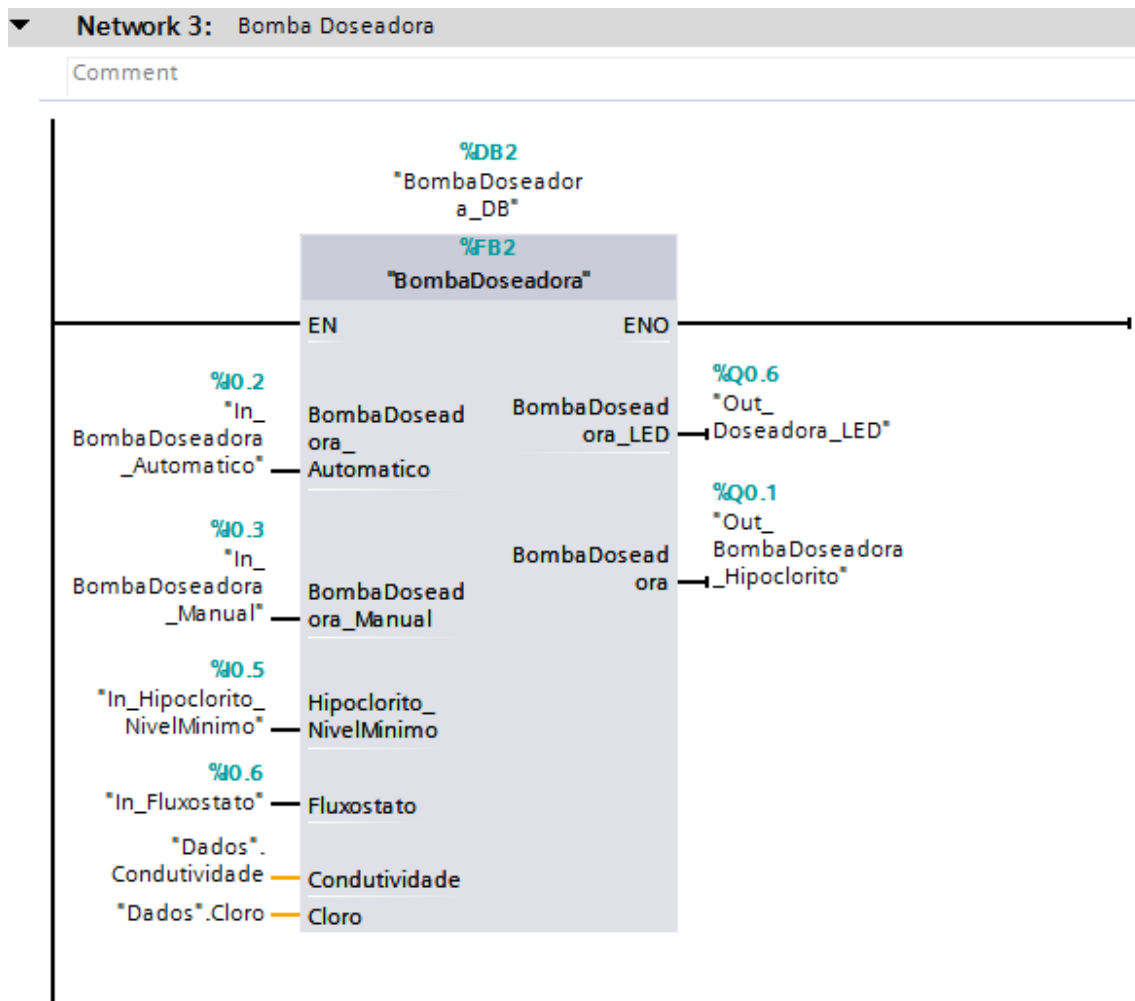


Figura 60 - FB de controlo da bomba de recirculação

O funcionamento deste *Function Block* é muito semelhante ao anterior, sendo as saídas, no entanto, usadas para controlar a bomba doseadora e o LED associado ao modo de funcionamento da mesma. Quanto às entradas, no fim do FB, estão os valores da condutividade da água e da concentração de cloro. Estes valores serão tidos em conta dentro do FB para ativar, ou não, a bomba doseadora.

Nas duas últimas *networks* (Fig.61) estão os FC dos alarmes e dos registos.

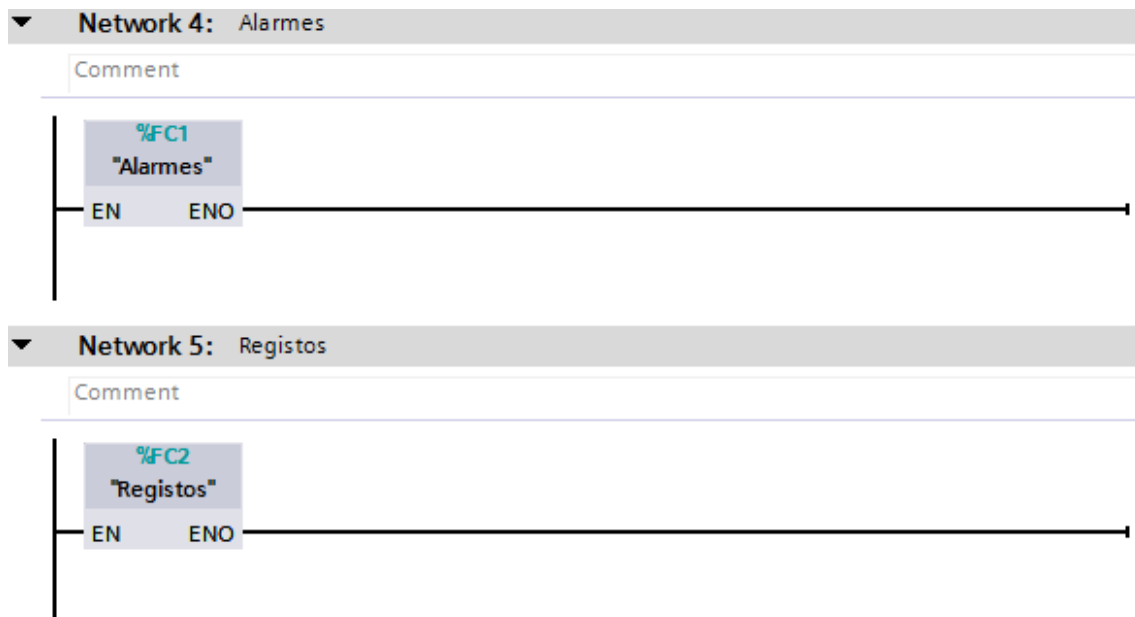


Figura 61 – FC dos alarmes (em cima) e dos registos de dados (em baixo)

Tal como os nomes indicam, as funções da *network* 4 e 5, servem para a geração de alarmes e de registos, respetivamente. Os registos são essenciais para posteriormente disponibilizar os dados ao departamento de informática para criar relatórios com os valores de concentração cloro e condutividade na água. Para além disso, nesta troca de informações está incluído o *bit* de alarme para se poder enviar um SMS (*Short Message Service*) para os responsáveis da manutenção, caso o quadro elétrico tenha um alarme ativo.

3) Disponibilização dos dados à informática e geração de relatórios

Para que fosse possível recolher os dados, no dia TIA Portal foi necessário ligar o PLC “Cloro” à “PC station”, como se pode ver na figura 62, a vermelho e amarelo, respetivamente.

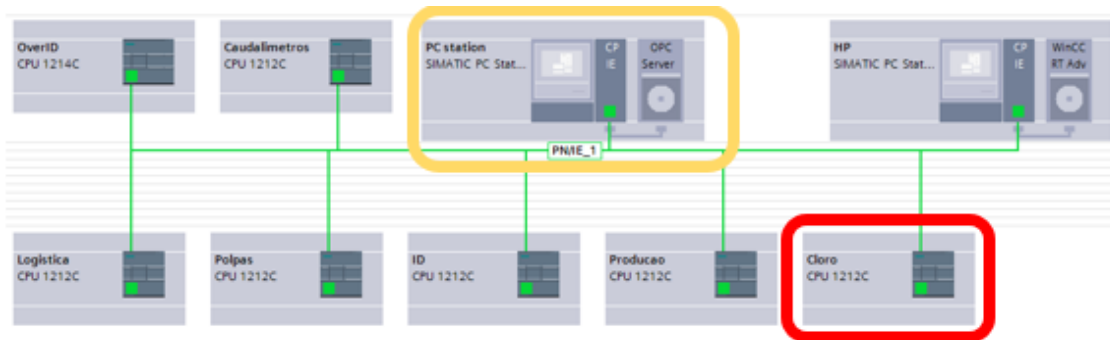


Figura 62 – Ligação do PLC do Cloro à sub-rede interna de automação

A *PC station*, amarelo é um servidor de ambiente de trabalho remoto, ligado à rede da empresa. Tal como foi explicado no projeto anterior, é neste servidor que está centralizado tudo o que são programas e dados de automação ligados por *ethernet*.

Apesar dos dados terem sido disponibilizados no OPC e o relatório com os dados estar preparado para ser gerado, devido a obras na zona de instalação do quadro na empresa, até à data de término do estágio, não foi possível passar um cabo *ethernet* para ligar o PLC à rede da empresa. Por esta razão, não foi possível concluir esta fase do projeto.

4.1.3 Instalação de sensores de temperatura e humidade

Neste projeto o objetivo era instalar vários sensores de temperatura e de humidade, assim como os fins de curso de cada câmara de modo a sabermos quando estas se encontram abertas demasiado tempo, gerando um alarme. Este projeto foi desenvolvido em parceria com um fornecedor externo, o Eng. Nuno Nunes, da Overview, sediada em Aveiro.

Assim, este projeto dividiu-se em seis passos até se poder dar o mesmo como finalizado, sendo eles:

1. Análise das câmaras mais importantes para instalar sensores.
2. Escolha dos sensores.
3. Instalação dos quadros elétricos.
4. Programação.
5. Disponibilização dos dados à informática.
6. Geração dos *reports*.

- 1) Análise das câmaras mais importantes para instalar sensores

Decidiu-se que os sensores deveriam ser instalados em 10 câmaras distintas, em 4 zonas diferentes da fábrica, sendo elas:

- Logística;
- Polpas;
- IDI;
- Produção.

Na figura 63 pode-se ver um esquema que representa todas as câmaras, tal como o local onde serão instaladas.

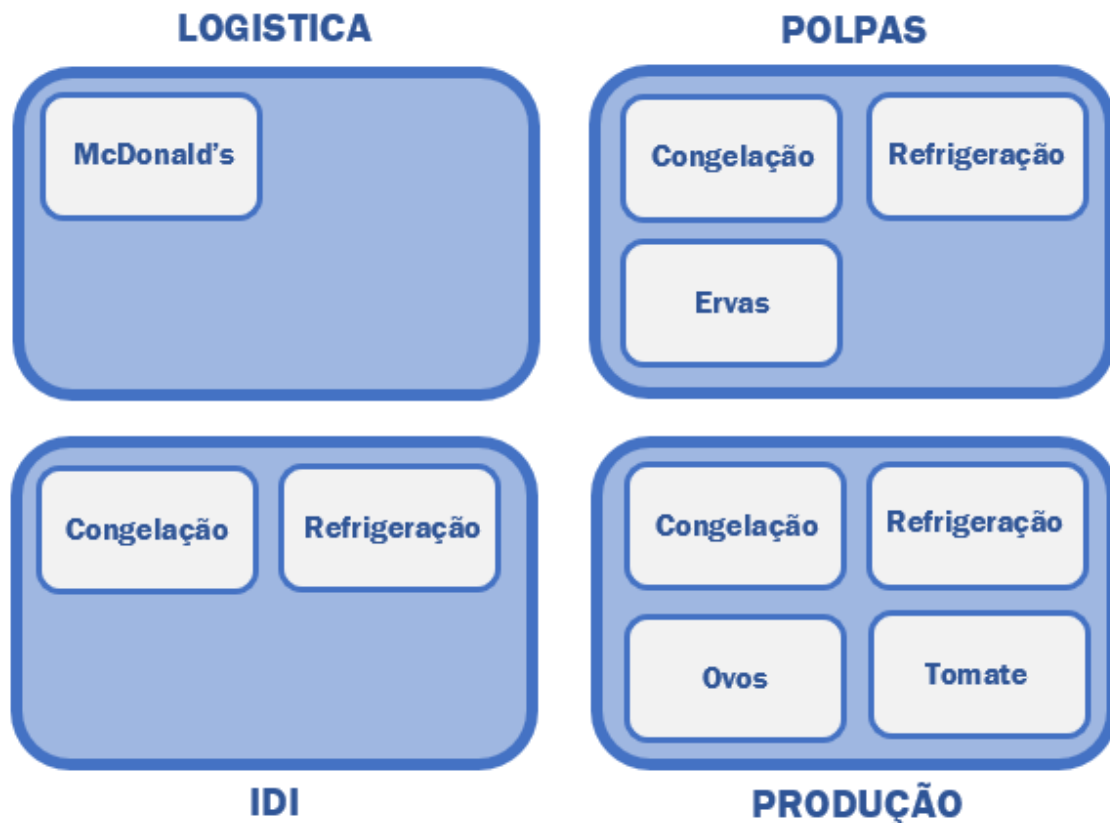


Figura 63 – Diagrama das câmaras de refrigeração por zona da fábrica

Na Mendes Gonçalves, há câmaras de vários tipos, sendo eles:

- Congelação;
- Refrigeração;
- Arrefecimento.

Note-se que, nas câmaras de arrefecimento, incluem-se as do *McDonald's*, a das ervas, a do tomate e a do ovo. No entanto, estas têm nomes diferentes porque têm limites de temperatura distintos das restantes.

2) Escolha dos sensores

A análise feita anteriormente às temperaturas a que as câmaras devem funcionar (Tabela 9), foi fundamental uma vez que, deste modo, se pôde escolher os sensores mais adequados à situação.

Tabela 9 – Limites de temperaturas e setpoint das câmaras

Equipamento	Localização	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Setpoint (°C)
Congelação	IDI	-23	-16	-18
Refrigeração	IDI	2	6	4
Refrigeração	Logística	8	12	10
Congelação	Polpas	-23	-16	-18
Refrigeração	Polpas	2	6	4
Ervas	Polpas	12	16	14
Congelação	Produção	-23	-16	-18

Refrigeração	Produção	2	6	4
Ovo	Produção	0	4	2
Tomate	Produção	2	6	4

Sendo assim, a escolha recaiu sobre o sensor P18 da lumel. A tabela 10 foi retirada do *website* oficial da lumel, onde se pode encontrar o *datasheet* deste sensor.

Tabela 10 - Datasheet do sensor de temperatura e humidade P18 (Lumel)

INPUTS			
Input type	Measuring range		Error
Temperature	P18, P18D: -30 .. -20...60 .. 85°C P18L: -30 .. -20...60 .. 85°C		+/- 0.5%
Relative humidity	0 .. 100%		+/- 2% for RH = 10 .. 90% +/- 3% for RH in the remaining range
OUTPUTS			
Output type	Admissible load resistance		Remarks
4 .. 20 mA	$R_{load} \leq 100 \Omega$		for P18/P18D
	$R_{load} \leq 500 \Omega$		P18L
0 .. 10 V	$R_{load} \geq 1 \text{ k}\Omega$		only P18/P18D
DIGITAL INTERFACE (only P18/P18D)			
Interface type	Transmission mode		Baud rate
RS-485 Modbus RTU	8N1, 8N2, 8E1, 8O1		4,8; 9,6; 19,2; 38,4; 57,6; 115,2 kbit/s
EXTERNAL FEATURES			
Overall dimensions	38 × 58 × 118 mm	38 × 58 × 265 mm - version with extended sensor	
Weight	125 g	270 g - version with extended sensor	
Protection grade	ensured by the casing: IP65		
Fixing	on a wall		
RATED OPERATING CONDITIONS			
Supply voltage	P18, P18D	9 .. 24 V d.c./a.c.	input power < 0.5 VA
	P18L	19 .. 30 V d.c.	input power < 1 VA
Temperature	ambient: -20...23...60°C		
Humidity	< 95%		
Operating position	any		in application not exposed to water contact
	sensor chamber towards the earth		in application exposed to water contact
Preheating time	15 minutes		
Air flow rate	$\geq 0.5 \text{ m/s}$ (P18/ P18D)		
	$\geq 2 \text{ m/s}$ (P18L)		

Como se pode verificar, este sensor tem a capacidade de ler temperaturas entre os -30°C e os 60°C . No entanto, o intervalo recomendado é entre -20°C e os 60°C , sendo que, o erro de medida aumenta caso a temperatura se desvie deste intervalo. Quanto à humidade, é possível ler valores entre os 0% e os 100%. A saída que se pretende usar é a de 4...20mA. Este sensor tem uma interface RS-485 para o protocolo Modbus RTU mas não faz sentido optar por essa metodologia neste projeto uma vez que, devido à distância entre as câmaras, terão de ser instalados vários quadros elétricos.

3) Instalação dos quadros Elétricos

Sempre que possível, optou-se por instalar os quadros elétricos imediatamente ao lado das câmaras, isto porque a distância máxima recomendada para o comprimento do cabo de sensores analógicos é até 150 metros, neste caso, visto que se trata de um sinal de corrente. Na figura 64, pode-se observar o quadro elétrico instalado no IDI que se assemelha bastante aos restantes.



Figura 64 – Visão geral do quadro elétrico do projeto das câmaras de refrigeração

Tendo como exemplo o quadro elétrico do IDI, segue a lista de material necessário especificamente para esse quadro elétrico.

- 1 disjuntor diferencial;
- 1 fonte de alimentação;
- 1 distribuidor de potência inteligente;
- 1 PLC S7-1200;
- 1 módulo de 4 entradas analógicas;
- 2 sensores de temperatura e humidade.

Seguindo para o esquema elétrico. Como se pode ver no canto superior esquerdo da figura anterior (Fig.64) foi instalado um disjuntor diferencial com uma sensibilidade de 300mA para proteger pessoas e os equipamentos elétricos. Como se pode ver no esquema seguinte (Fig.65), a fase e o neutro, que saem do disjuntor diferencial, ligam à fonte de alimentação.

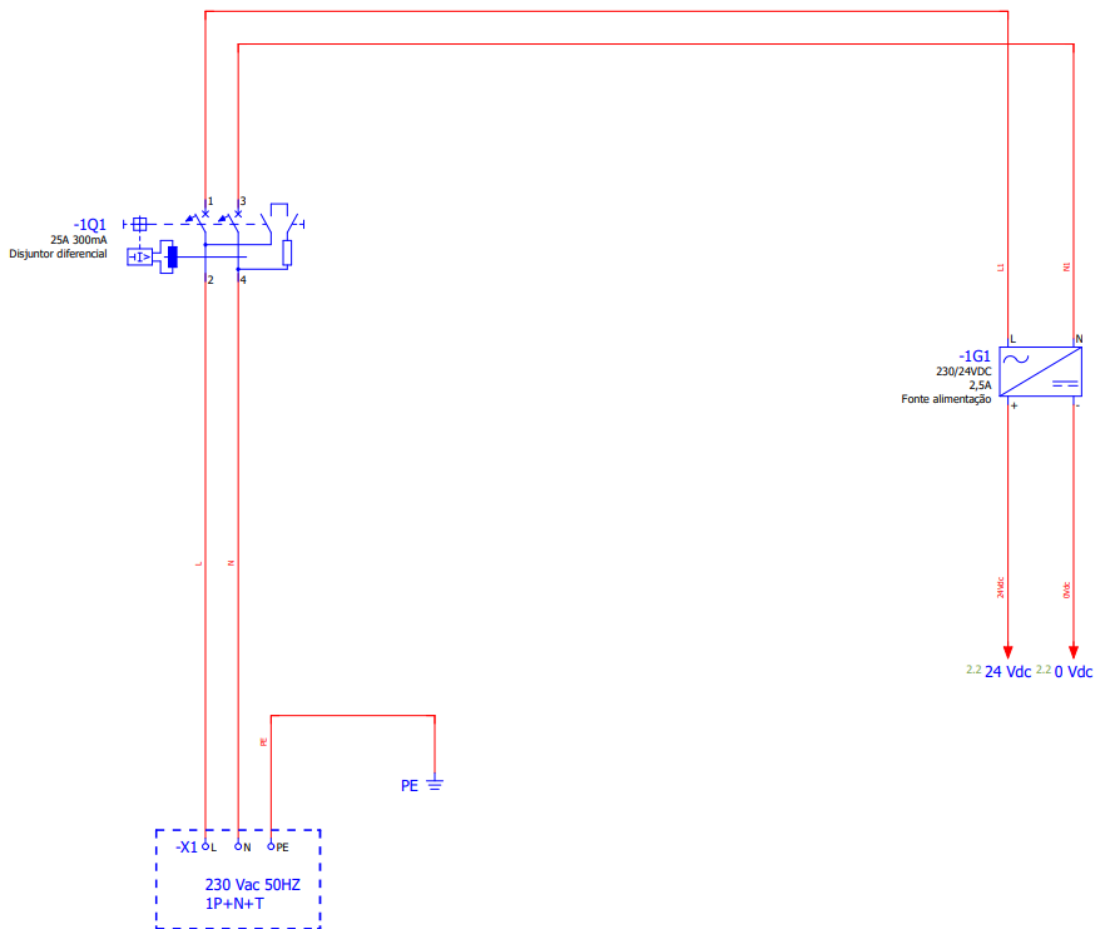


Figura 65 – Excerto do esquema elétrico do quadro elétrico das câmaras de refrigeração

A fonte de alimentação irá alimentar o distribuidor de potência inteligente, como se pode ver no seguinte esquema (Fig.66). De seguida, saem 24 Volts DC para todos os equipamentos alimentados a 24 Volts, sendo eles o PLC, o módulo das entradas analógicas e os sensores das câmaras de congelação e de refrigeração.

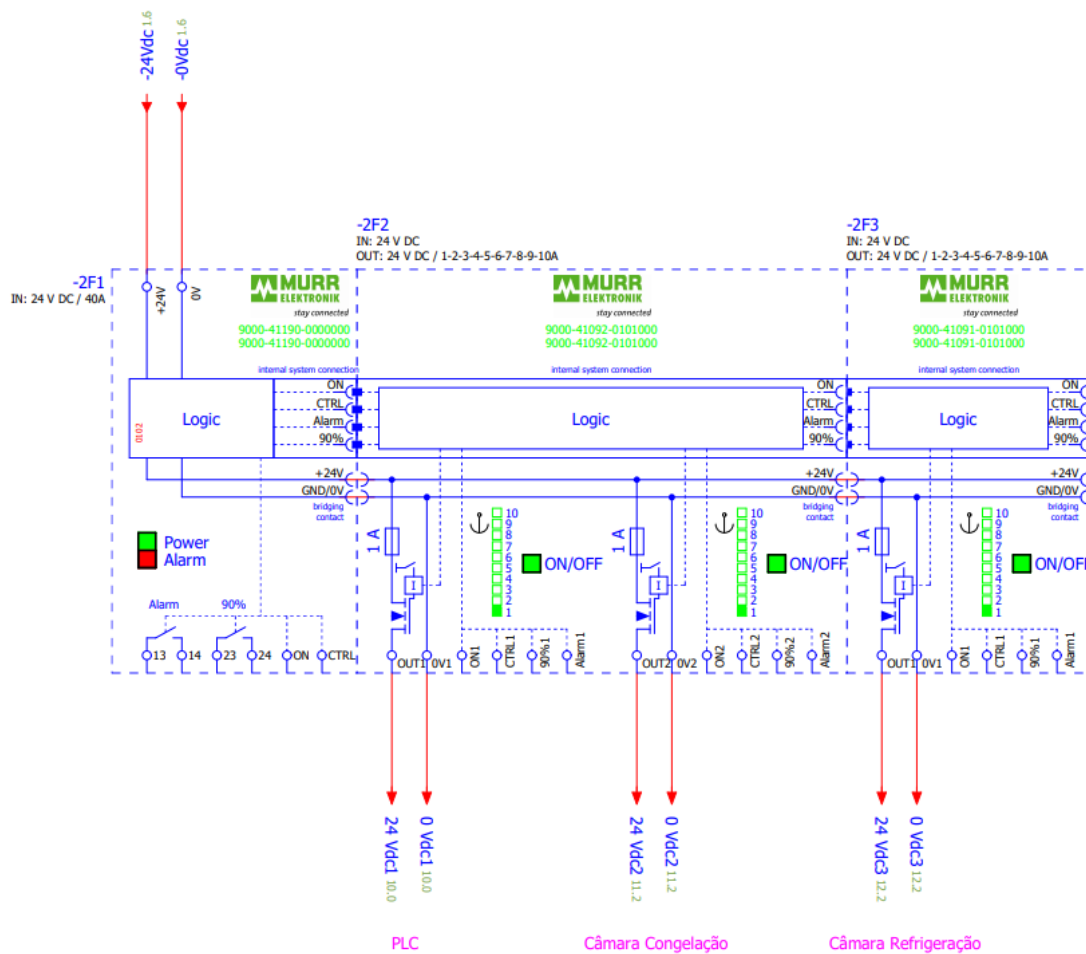


Figura 66 – Alimentação do distribuidor de potência inteligente e respetivas saídas

Um distribuidor de potência inteligente faz a gerência da alimentação a um determinado número de cargas ligadas ao equipamento. Também protege os equipamentos contra sobrecargas térmicas, para além disso, conta com uma saída digital de 24 Volt que pode ser ligada a uma entrada do PLC que avisa se o equipamento estiver em alarme.

De seguida, pode-se ver, na figura 67 as ligações ao PLC

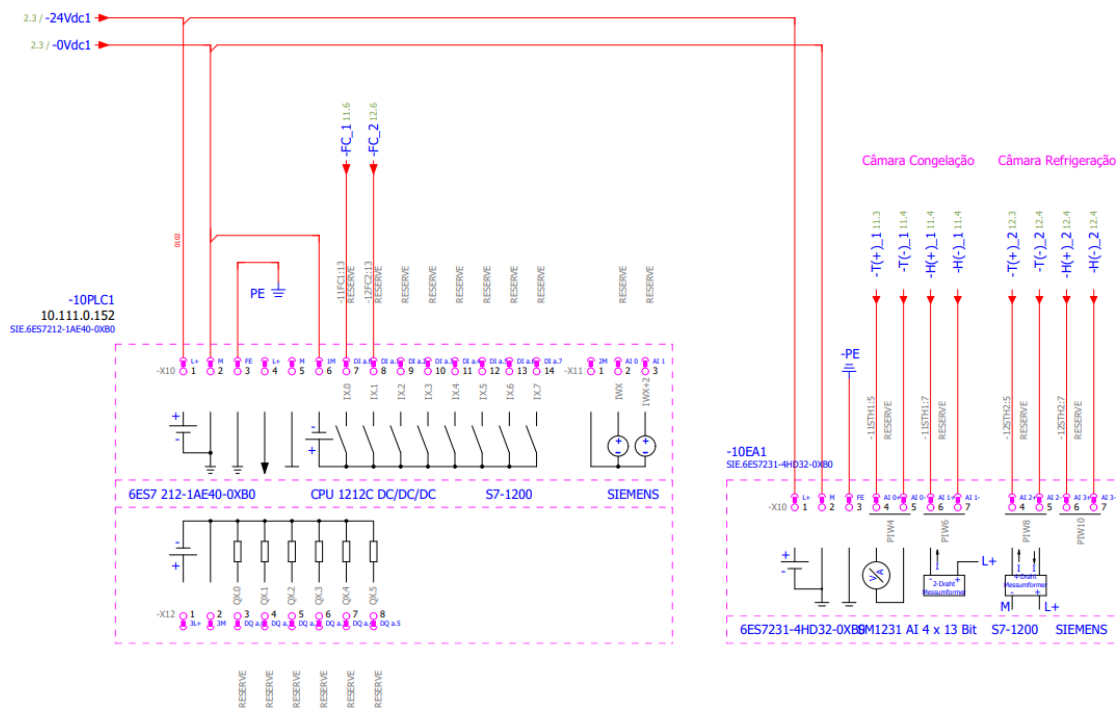


Figura 68 – Esquema elétrico das ligações ao PLC

Os 24 Volt provenientes do distribuidor de potência inteligente alimentam o PLC e o seu respetivo módulo. Os fins de curso ligam a duas das entradas digitais disponíveis no automático e os sensores analógicos, ligados numa topologia de 4 fios, ligam nas entradas do módulo de entradas analógicas.

Para finalizar este esquema elétrico, segue o exemplo das ligações do sensor da câmara de congelação (Fig.69), uma vez que as ligações da câmara de refrigeração são idênticas.

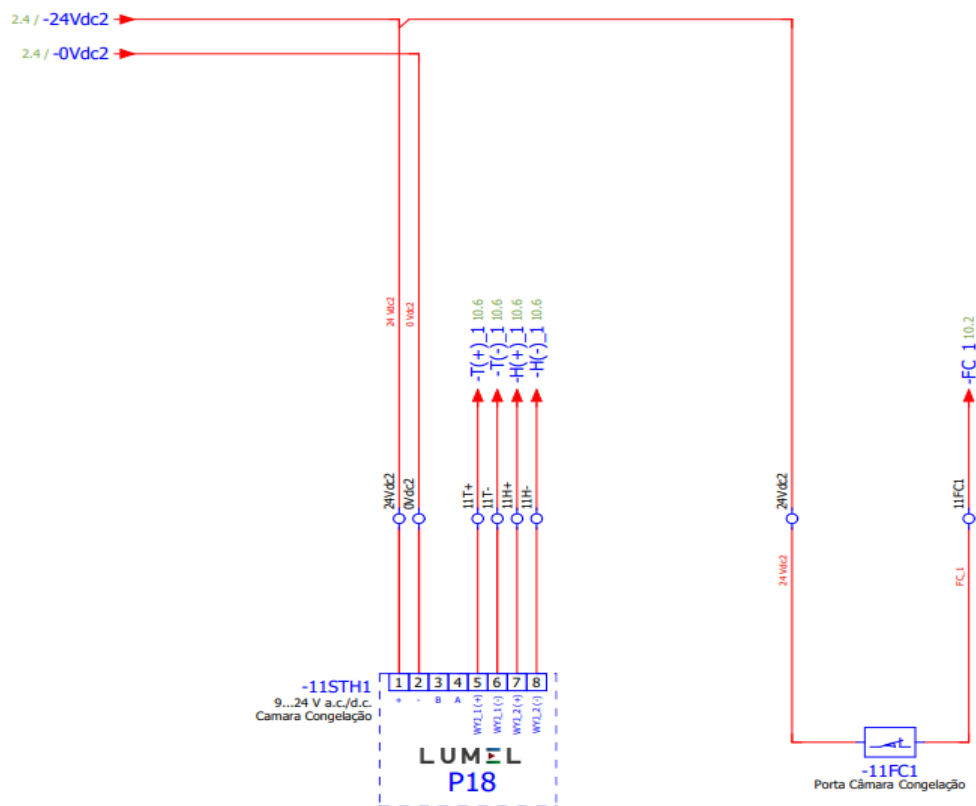


Figura 69 – Esquema elétrico das entradas e saídas do sensor de temperatura e humidade

No primeiro, entram os dois fios, necessários para a alimentação e saem 4 fios que ligam às entradas analógicas do PLC. Do fim de curso entram os 24 Volt e sai depois o sinal para uma das entradas digitais do PLC, indicando se a porta está aberta ou fechada.

4) Programação

À semelhança dos outros projetos, a programação foi feita recorrendo ao software da Siemens, TIA Portal V15. De uma forma muito resumida, começou-se por adicionar 4 autómatos ao projeto, sendo estes, o “ID”, “Logística”, “Polpas” e “Produção”, como se pode ver na figura 70.

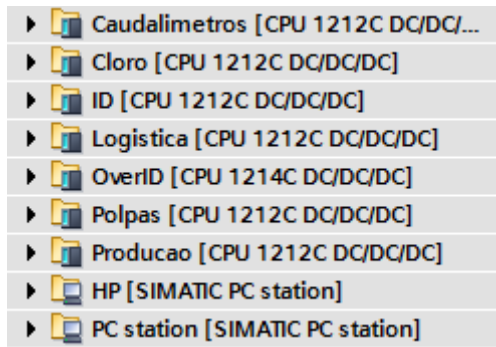


Figura 70 – Lista de autómatos da sub-rede interna de automação

Note-se também a presença da “PC Station” na figura anterior. Tal como nos projetos anteriores, essa estação representa o nosso servidor, onde está o OPC e onde serão disponibilizados os dados da temperatura, humidade e de fins de curso, posteriormente. Os restantes autómatos na imagem anterior não pertencem a este projeto. O PLC principal deste grupo de 4 será o “Producao”, onde serão centralizados todos os dados. Para além disso, foi necessário adicionar os módulos de entradas, escolhidos especificamente para cada um dos PLC e fazer a sua configuração, nomeadamente, seleccionar que se pretende ler as entradas do automata no intervalo de 4...20mA, como é possível ver na figura 71.

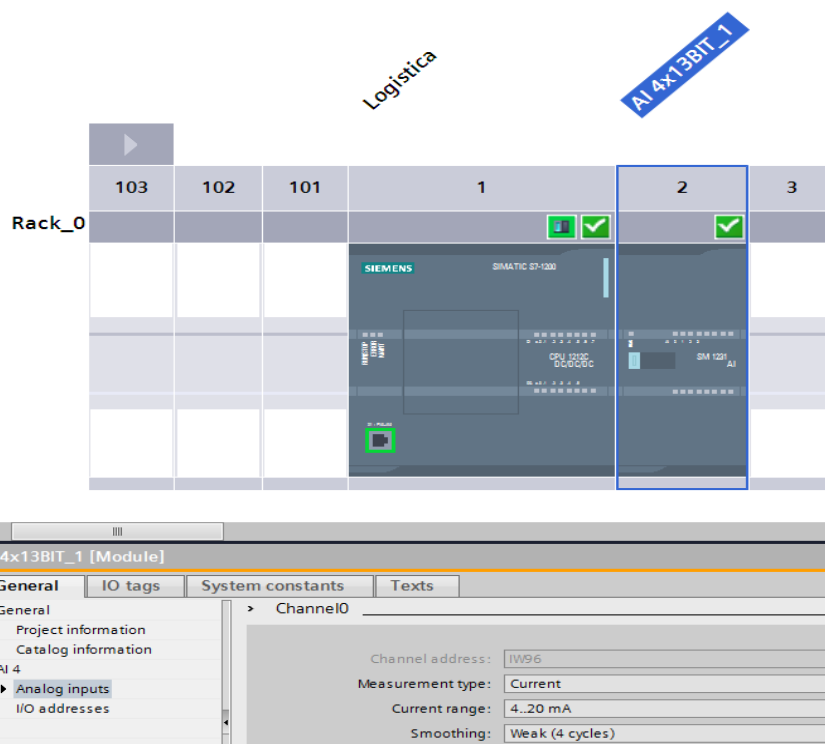


Figura 71 – Configuração das entradas analógicas do PLC

Para simplificar a organização do projeto, foi criado o seguinte FB (Fig.72).

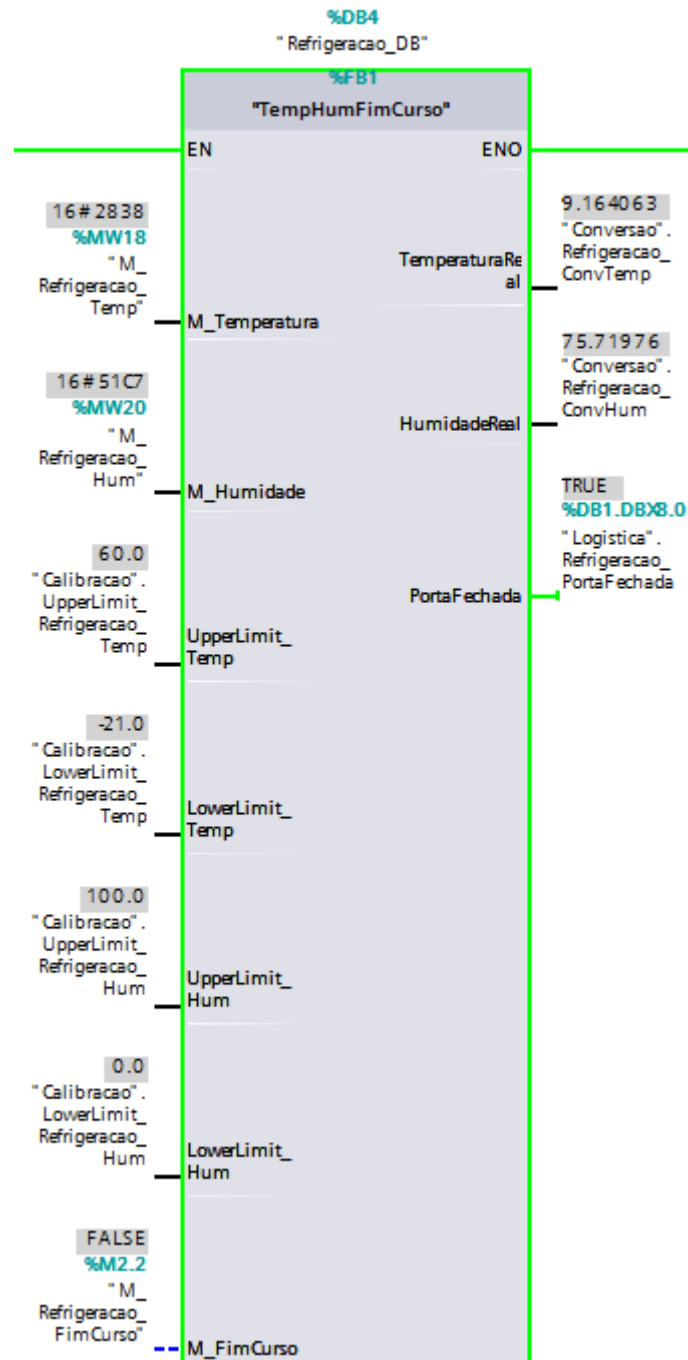


Figura 72 – FB de conversão de temperatura, humidade e fim de curso

Os FB são uma mais valia na programação de autómatos, uma vez que permitem estruturar ordenadamente o programa. Estes funcionam como uma espécie de subrotinas de modo a

evitar a necessidade de reescrever o mesmo código várias vezes seguidas. Assim, foi possível aproveitar este FB para programar cada uma das câmaras individualmente.

Nas entradas no FB (começando por cima), encontram-se os valores de lidos na entrada do PLC da temperatura e humidade (em hexadecimal), respetivamente. De seguida estão no FB os valores para calibrar os valores de saída finais da temperatura e humidade. Apesar do intervalo de medição de temperatura ser de -30°C até 60°C , o intervalo escolhido para a calibração, no caso desta câmara, foi de -21°C e 60°C , de modo a termos um valor mais próximo do real. Quanto à humidade, o intervalo selecionado para a calibração, foi entre 0% e 100% , como se pode ver na figura anterior. Assim, como se pode ver, na saída do FB, obteve-se a temperatura de $9,16^{\circ}\text{C}$, que está dentro do intervalo de temperatura expectável de operação desta câmara em específico (Logística). Quanto à humidade, o valor é de cerca de 75%. Por fim, a entrada do fim de curso está negada, o que significa que a porta está fechada.

Pode-se ver o código desenvolvido dentro do FB na figura 73. Há mais código para além do apresentado na figura mas este excerto é o que realmente importa, no que toca à medição de temperatura e humidade.

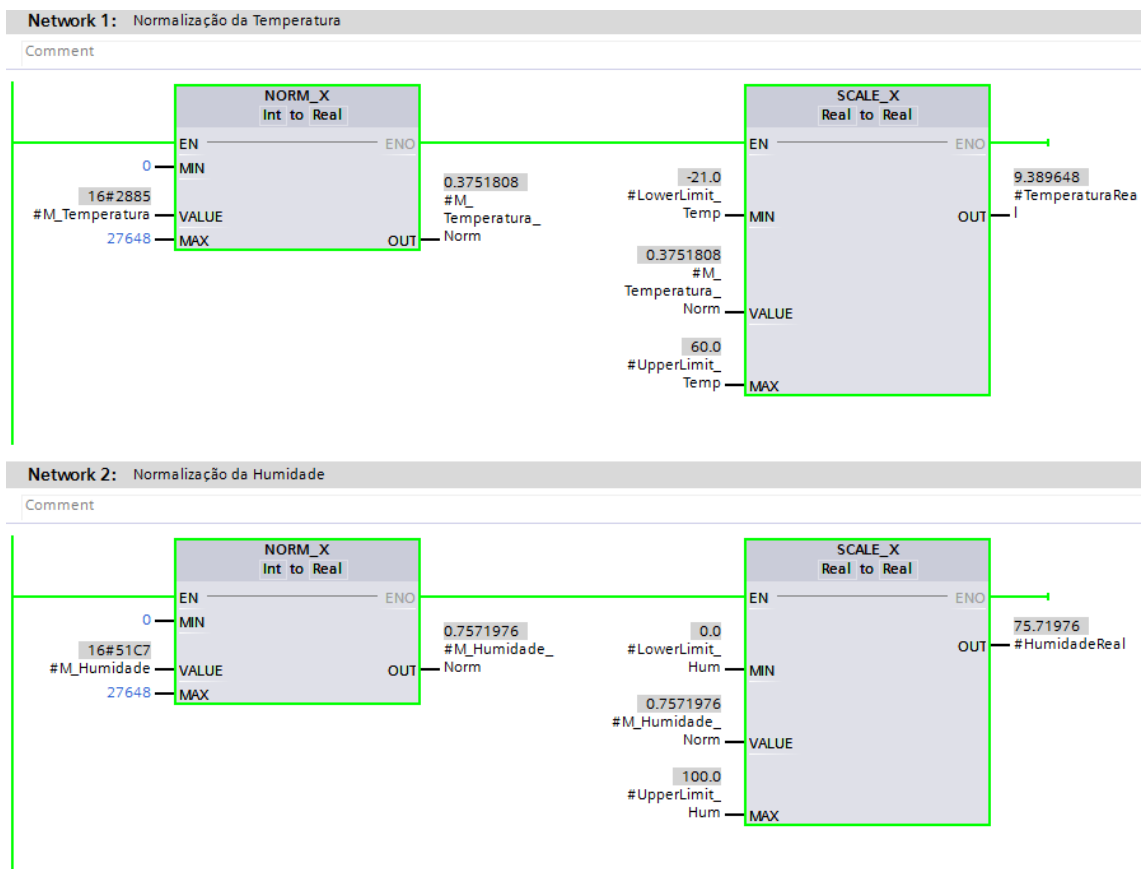


Figura 73 – Conversão da temperatura (em cima) e da humidade (em baixo)

Recorreu-se aos blocos predefinidos pela Siemens, o “NORM_X” e o “SCALE_X”. Começando pelo primeiro bloco. Tal como o nome sugere, este serve para normalizar o valor da *tag* na entrada “VALUE”, fazendo o seu mapeamento para uma escala linear. Os parâmetros “MIN” e “MAX” servem para definir os limites mínimos e máximos que poderão ser lidos na entrada “VALUE”. O resultado na saída “OUT” é calculado e armazenado como um número de ponto flutuante, normalizado entre 0 e 1. A figura 74 mostra como os valores

são normalizados nessa escala, tendo como referências os valores de entrada nos parâmetros “MIN”, “MAX” e “VALUE”.

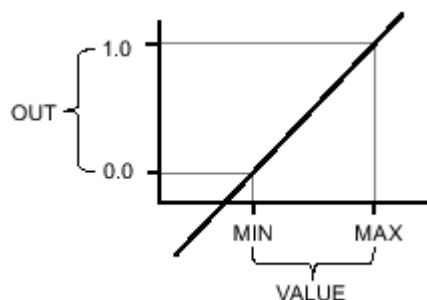


Figura 74 – Normalização dos valores

Para complementar a programação, é necessário o segundo bloco “SCALE_X”. Esta função serve para dimensionar o valor na entrada “VALUE”, fazendo o seu mapeamento para um intervalo de valor especificado, neste caso em concreto, entre -21°C e 60°C como se pode ver na figura 69. O seu valor final será disponibilizado na saída “OUT”, da função.

A figura 75 mostra um exemplo de como os valores podem ser mapeados:

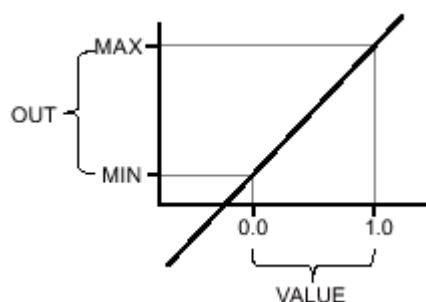


Figura 75 – Escalamento dos valores

Ambas as figuras (Fig.74 e Fig.75 foram retiradas do *help* do TIA Portal). Para finalizar o tópico da programação neste projeto, recorreu-se à função “PUT”, disponível no TIA Portal, como se pode ver na seguinte figura (Fig.76).

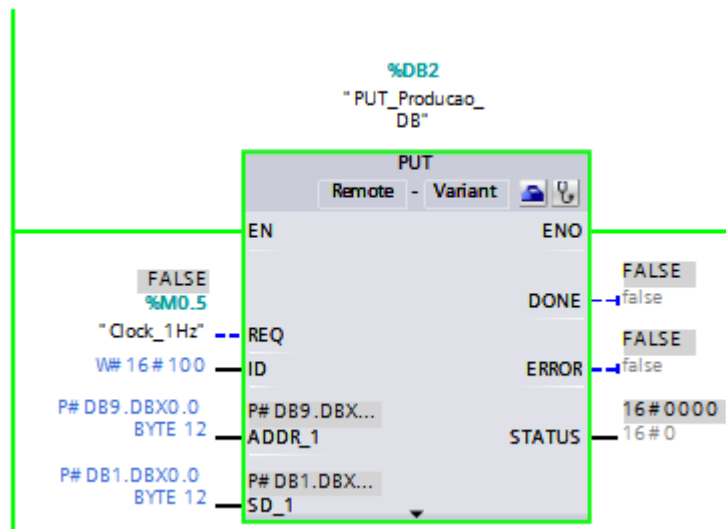


Figura 76 –Bloco de comunicação PUT

Resumidamente, esta função permite escrever os dados de um DB do PLC local num outro DB de um PLC remoto, na mesma rede. Neste caso, como já foi dito previamente, o autómato principal deste projeto de automação é o “Producao”. Portanto, é nesse autómato onde serão armazenados todos os dados mencionados anteriormente. Para tal, foi preciso seleccionar o autómato parceiro nas configurações da função “PUT”, escrevendo o seu IP ou, neste caso, como o PLC parceiro está no mesmo projeto, bastou seleccionar o seu nome, como se pode ver no canto superior direito da figura seguinte (Fig.77). Essas configurações podem ser analisadas na imagem que se segue.

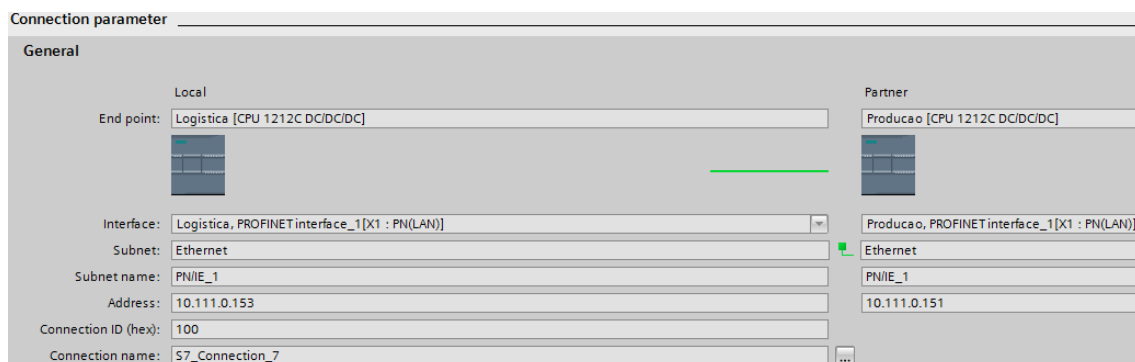


Figura 77 – Configurações do bloco de comunicação PUT

5) Disponibilização dos dados à informática

À semelhança do que aconteceu nos outros projetos, todos estes dados foram disponibilizados no OPC da Siemens, já explicado anteriormente. Na tabela 11 pode-se ver, por exemplo, os dados das câmaras presentes na produção. Como é possível verificar, todas as portas estão fechadas e todas as câmaras estão dentro dos intervalos de temperatura e humidade expectáveis.

Tabela 11 – Dados disponibilizados no OPC

Display name	Type	Access rights	Time stamp (UTC)	Value
Producao_Congelacao_Temp	float	RW	08/17/2021 10:12:45.404 AM	-20.9
Producao_Congelacao_Hum	float	RW	08/17/2021 10:13:04.900 AM	69.4
Producao_Congelacao_PortaFechada	bool	RW	08/17/2021 10:12:41.914 AM	True
Producao_Ovo_Temp	float	RW	08/17/2021 10:13:08.897 AM	4
Producao_Ovo_Hum	float	RW	08/17/2021 10:12:41.914 AM	76.3
Producao_Ovo_PortaFechada	bool	RW	08/17/2021 10:12:41.914 AM	True
Producao_Refrigeracao_Temp	float	RW	08/17/2021 10:12:41.914 AM	2.5
Producao_Refrigeracao_Hum	float	RW	08/17/2021 10:13:08.398 AM	69.9
Producao_Refrigeracao_PortaFechada	bool	RW	08/17/2021 10:12:41.914 AM	True
Producao_Tomate_Temp	float	RW	08/17/2021 10:13:05.400 AM	7.5
Producao_Tomate_Hum	float	RW	08/17/2021 10:13:06.398 AM	75.9
Producao_Tomate_PortaFechada	bool	RW	08/17/2021 10:12:41.914 AM	True

6) Geração de relatórios

O último passo, de modo a concluir este projeto, foi a geração de relatórios. Estes *reports* podem ser consultados por qualquer pessoa que tenha permissão para tal, dentro da empresa, tendo obrigatoriamente de estar ligado à rede local da fábrica. Nas duas figuras seguintes (Fig.78 e Fig.79), segue um exemplo da consulta dos valores da temperatura e humidade recolhidos com recurso aos sensores instalados neste projeto. Neste caso, pode-se ver os valores da temperatura e humidade, respetivamente, da câmara do centro de logística.

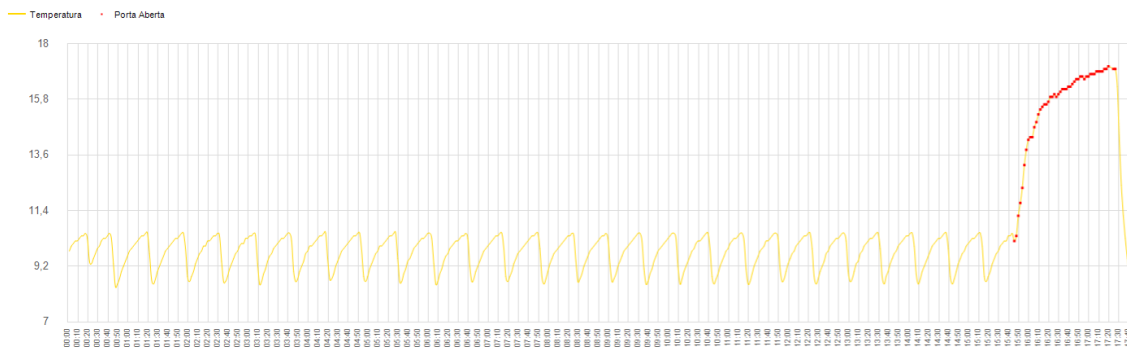


Figura 78 – Análise dos valores da temperatura da câmara da logística

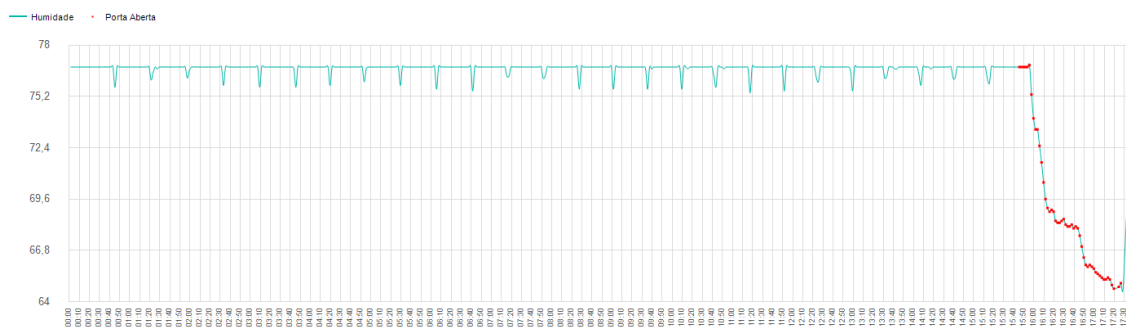


Figura 79 – Análise dos valores da temperatura e da humidade

Note-se que, no final das figuras anteriores, à direita, estão presentes vários pontos vermelhos. Tais pontos indicam que a porta estava aberta naquele momento. Como consequência, ao longo das duas horas que se seguiram, houve um grande aumento de temperatura e diminuição da humidade, o que pode ser prejudicial para o produto que lá está armazenado. De modo a alertar os responsáveis do centro de logística, é gerado um alarme, e é enviada uma SMS. Posteriormente, cabe aos responsáveis, analisar o porquê de tal se ter sucedido. Neste caso específico, esta irregularidade de temperatura e humidade teve como origem a necessidade de retirar o produto da câmara para carregá-la num camião, para expedição.

4.1.4 Projeto Mendes Gonçalves 4.0 (MG 4.0)

Este foi claramente o projeto mais desafiante e complexo durante o estágio assim como o mais interessante e inovador. Devido à sua complexidade, foi um projeto desenvolvido juntamente com um parceiro externo, César Freire. Para além disso, aproveitou-se os dados recolhidos da Linha de Molhos 8, onde foram instalados, pela Overview, algumas fotocélulas nas entradas e saídas das máquinas. O Projeto MG4.0 assente no paradigma da indústria 4.0 (i4.0) tem como objetivo implementar um sistema de comunicação e visualização entre os mais variados equipamentos de automação da fábrica. Também se pretende usar alguns dados provenientes de fontes informáticas e de os reunir num sistema de supervisão e de controlo (SCADA) central com um dashboard em 3D. Os sensores instalados na LM08, permitiram desenvolver um dashboard único na fábrica, até à data, como se pode ver na figura 80. Infelizmente, durante o tempo de estágio, apenas foi possível desenvolver a primeira fase do projeto, ou seja, foi desenvolvido apenas um sistema de visualização e não de controlo. No entanto, por si só, já é uma arquitetura bastante complexa de implementar. As principais dificuldades surgiram devido a determinadas máquinas terem autómatos de diferentes fabricantes e também devido ao facto de usarem protocolos de comunicação diferentes.

No entanto, este projeto tem como intuito trazer inúmeras vantagens, como por exemplo:

- **Fácil de utilizar:** É possível que qualquer utilizador aprenda como funciona o sistema de visualização rapidamente e sem necessidade de consultar qualquer manual.
- **Universal:** Pode funcionar em computadores, *tablets*, telemóveis, televisões, ou quiosques sem necessidade de instalação de qualquer tipo de *software*.
- **Económico:** Baseia-se em *software opensource* de modo a minimizar os custos com licenças.
- **Tempo Real:** Possibilita a visualização imediata dos equipamentos.

Dashboard

No *dashboard* é onde é apresentada alguma informação em tempo real, tal como o histórico a curto prazo, uma vez que o histórico a longo prazo pode ser consultado na página específica para tal. Na figura 80 pode-se ver o exemplo do *dashboard* da linha LM08.

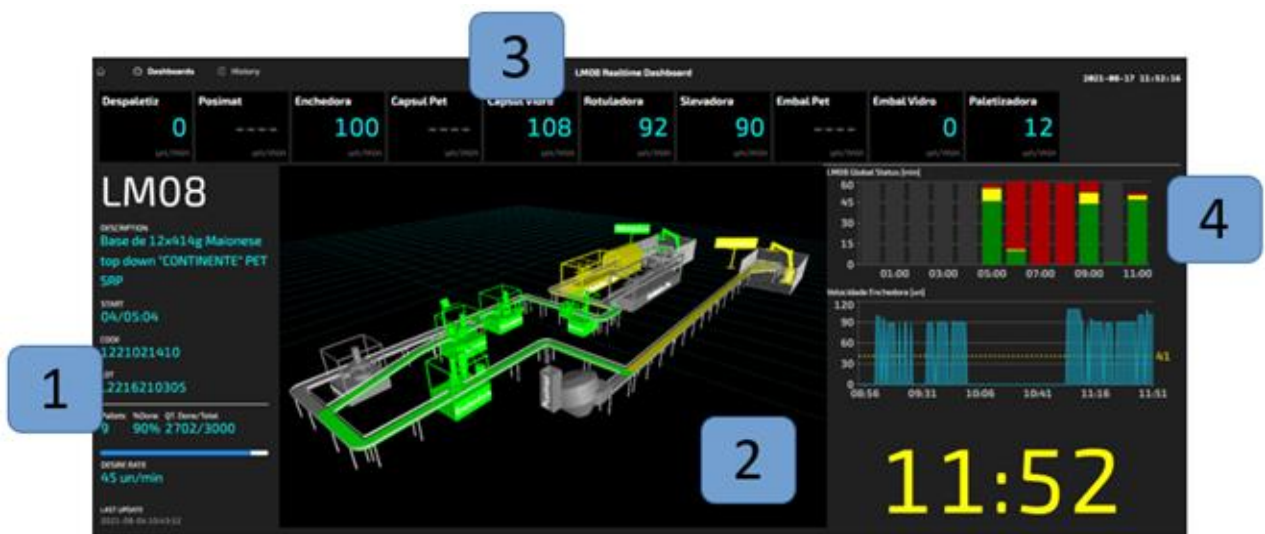


Figura 80 – Dashboard “factoryview” do projeto MG4.0

Como se pode ver na figura anterior, abrindo esta página, imediatamente se obtém uma visão geral do que se passa da linha.

Na zona 1 (do lado esquerdo), encontra-se informações acerca do produto que está a ser embalado, provenientes das ERP da Mendes Gonçalves.

Ao centro, na zona 2, encontra-se o 3D, que foi desenhado por mim, recorrendo ao *software Blender* que é uma ferramenta de software gráfico 3D para computador gratuita e *open source*. Este tem o seguinte código de cores:

- Cinza: Máquinas da linha desligadas e que não estão a ser usadas no formato atual.
- A verde estão as máquinas que estão a ser usadas no formato da linha e estão em produção.
- Amarelo: Máquinas que estão a ser usadas no formato atual mas neste momento encontram-se com uma velocidade de produção igual a zero. Isto pode acontecer, por

exemplo, se não houver recipientes à entrada da máquina, ficando a máquina em *stand-by*.

- Vermelho: Máquinas em alarme.
- Azul: Linha em CIP.

Note-se que, no 3D apresentado como exemplo anteriormente, o vermelho e azul não estão representadas em nenhuma das máquinas. Pode surgir um alarme, por exemplo, se um recipiente ficar preso no meio do processo, encravando a máquina. Para segurança dos utilizadores, caso uma porta seja aberta, estas máquinas também entram imediatamente em alarme. Relativamente ao CIP, apenas a enchedora tira partido do CIP automatizado, no entanto, considera-se que toda a linha está em lavagem, uma vez que pode haver necessidade de limpar as restantes máquinas manualmente.

Em cima, na zona 3, encontra-se a velocidade em tempo real de cada uma das máquinas da linha (em un/min).

Por fim, do lado direito, na zona 4. Começando pelo primeiro gráfico de cima. Este indica o estado da linha, usando o mesmo código de cores que o 3D, explicado anteriormente. Neste caso em específico, verifica-se que, durante a primeira hora de trabalho, às 5h da manhã a linha esteve num estado de produção sem haver grandes paragens. No entanto, a partir das 6h até às 9h, a linha esteve praticamente sempre parada, num estado de alarme. Estas paragens têm de ser, posteriormente, justificadas pelos operadores das linhas. No segundo gráfico é possível ver a velocidade da enchedora. Escolheu-se representar os dados desta máquina no *dashboard* visto que é a máquina mais importante da linha, uma vez que, sem esta não há produção. Analisando o gráfico, nota-se claramente que há um *gap* na produção entre as 10h e as 11h da manhã. Neste caso, esta pausa é justificada, uma vez que é o intervalo da zona do embalamento. Por fim, é disponibilizado no ecrã um relógio grande, uma vez que esta página está a ser mostrada na sala do embalamento.

Cada máquina tem duas páginas. O *dashboard*, foi explicado nos parágrafos anteriores e, na imagem seguinte (Fig.77) pode-se ver a página do histórico.

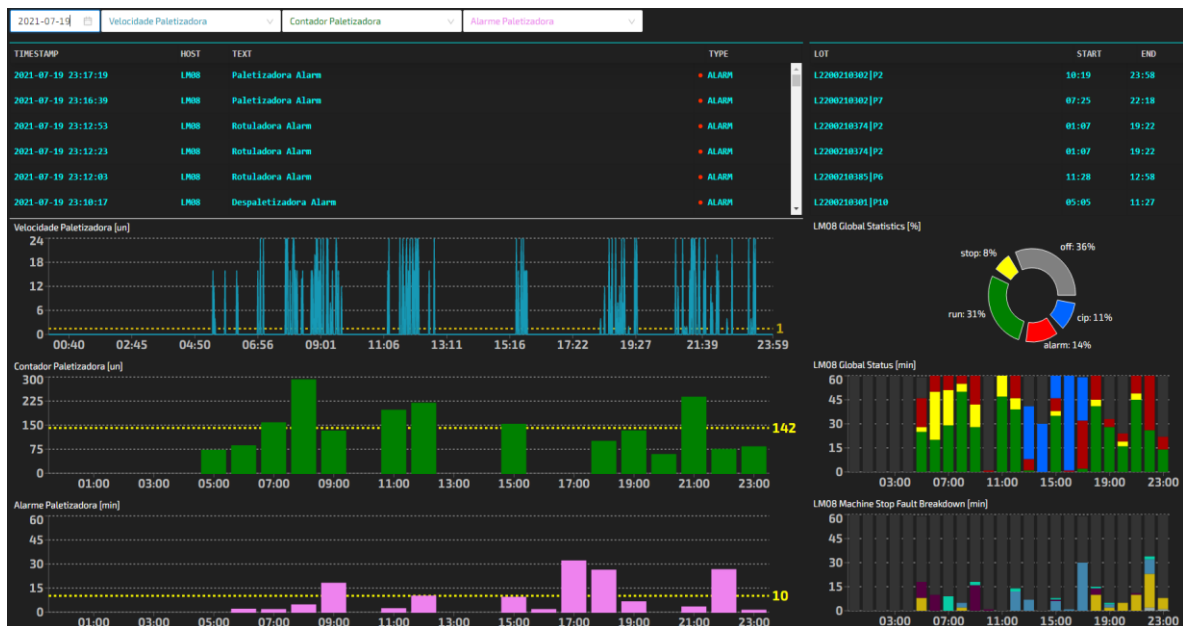


Figura 81 – Página do histórico da LM08

Na figura anterior, pode-se ver o histórico da Linha de Molhos 8. Começando pelo canto superior esquerdo, da esquerda para a direita, há uma caixa de texto branca onde é possível escolher o dia que se pretende analisar, seguido por três *dropboxes*. Nestas pode-se escolher se se pretende analisar a velocidade, contador ou tempo de alarme de cada uma das máquinas, individualmente. Após se fazer essa seleção, os três gráficos aparecerão imediatamente por baixo

Em suma, como se pode ver, apenas numa página, bem desenhada e com códigos de cores bastante óbvios e perceptíveis, é possível recolher informações úteis e de uma forma rápida, o que faz com que este projeto seja uma mais valia.

Este projeto funciona sobre a rede industrial *ethernet* da empresa. No entanto, este não está limitado a máquinas que funcionem somente com o cabo *ethernet*. Há a possibilidade de integração de qualquer sistema de automação através dos protocolos:

- Profinet
- Profibus
- Modbus

Caso a máquina que se pretenda fazer a recolha de dados não funcione com o protocolo PROFINET tem de ser usado um conversor, como por exemplo o HD67604-A1 (Fig.82), que é um conversor de PROFIBUS para PROFINET.



Figura 82 – Conversor HD67604-A1 de PROFIBUS para PROFINET

A grande vantagem destes conversores é a possibilidade de implementar neste sistema os dados das máquinas mais antigas que funcionam, essencialmente, usando o protocolo PROFIBUS. Para que tudo fique ligado, numa fase final, eventualmente estará tudo ligado a um *switch* da fábrica por *ethernet*.

No esquema que se pode observar na figura 83 é possível observar de uma forma resumida e simplista a estrutura deste projeto.

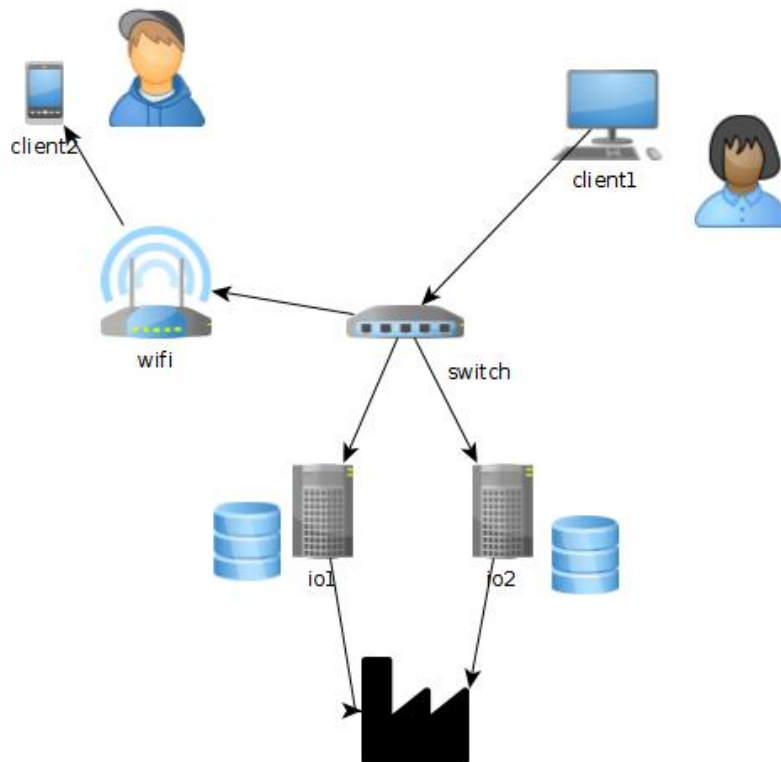


Figura 83 – Estrutura do projeto MG4.0

Começando pela parte inferior da figura, pode-se ver o desenho de uma fábrica. Este representa todos os sistemas de automação ligados à nossa rede, de onde serão recolhidos os dados. Este projeto conta com dois servidores distintos, o io1 e io2. Deste modo, há duas grandes vantagens, sendo elas a redundância e o balanceamento de tráfego. Note-se que estes servidores estão presentes fisicamente nas instalações da fábrica, no *datacenter*. Assim, em caso de falha de um dos servidores, o segundo entra em funcionamento e vice-versa, Desde modo, garante-se sempre que o sistema está operacional, dando tempo para fazer a substituição ou reparação do servidor em caso de falha. Para além disso, o objetivo seria integrar no sistema um número considerável de máquinas. Consequentemente, seriam disponibilizados mais dados para os operadores, o que faz com que o tráfego no *website* aumente. Assim, tendo dois servidores distintos, evita-se a sobrecarga nos servidores, uma vez que os utilizadores serão distribuídos pelos dois. Estes servidores estão ligados a um *switch* da rede da fábrica que por sua vez liga a um *router* ou a um AP (*Access Point*). Depois disso, há duas formas de os utilizadores se ligarem à rede para aceder ao servidor. Através

de um cabo *ethernet*, podem ligar diretamente o seu equipamento ao *switch* que dá acesso à rede da fábrica ou, ligam-se por *Wi-Fi*.

Na figura 84 pode-se ver a arquitetura do software que foi usada para este projeto.

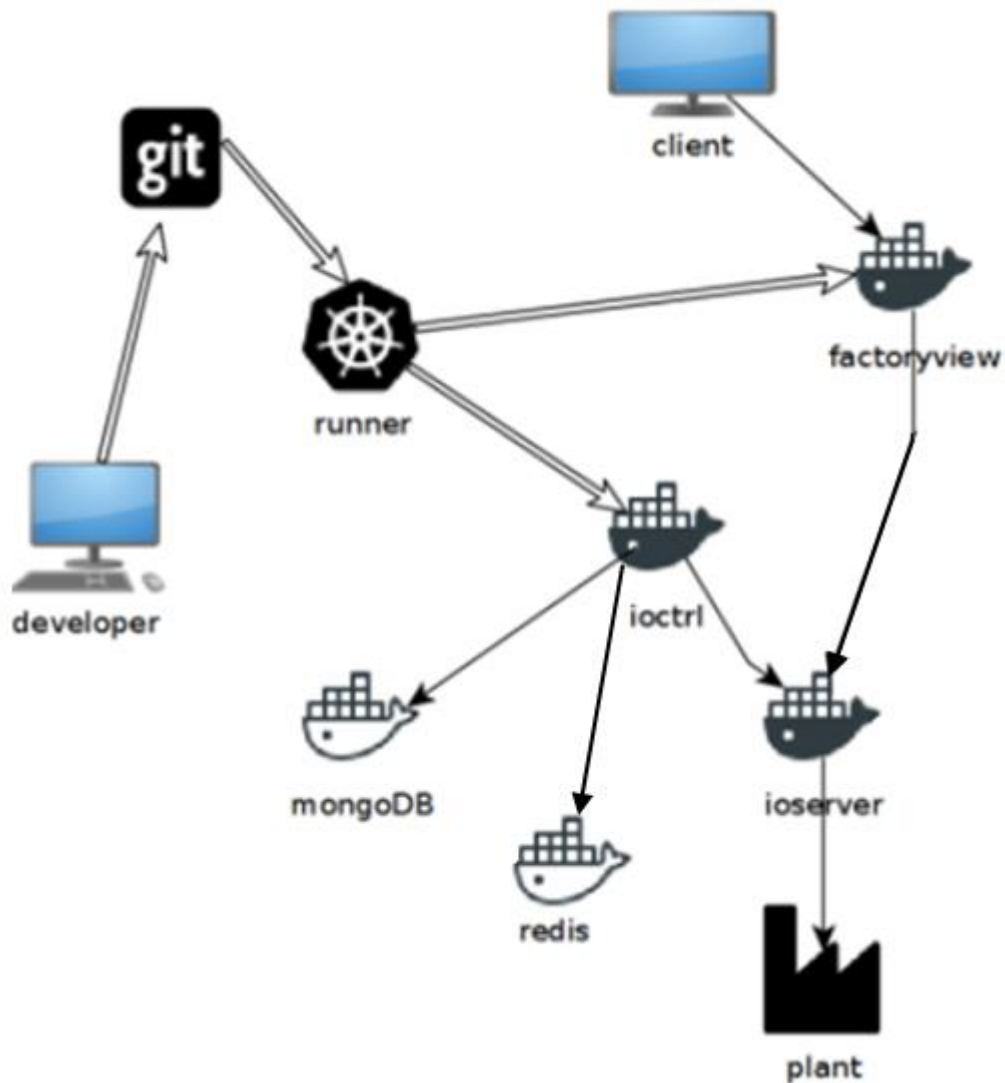


Figura 84 – Arquitetura do projeto MG4.0

O projeto Mendes Gonçalves 4.0, baseia-se em três pequenos projetos ligados entre si. Estes, em conjunto, complementam-se num grande projeto final. Estes projetos são:

- ioctrl;
- ioserver;
- factoryview.

O ioserver é um OPC que lê os dados dos autómatos na fábrica (representado na “plant” da figura anterior). O factoryview é o projeto da interface gráfica do utilizador final e o ioctrl é a interface intermédia do projeto, onde estão armazenados os dados históricos dos autómatos, no mongoDB. Este é uma das bases de dados NoSQL mais populares no mercado atualmente. Os são armazenados como documentos separados dentro de uma coleção, ao contrário do que acontece nas bases de dados tradicionais onde os dados são armazenados nas colunas e linhas. Ao ioctrl está também ligado o redis (surge de Remote Dictionary Server) que funciona como uma espécie de dicionário.

Passando a explicar o lado esquerdo da figura anterior. Os *developers* são os desenvolvedores do projeto, neste caso, eu e o César Freire. Para desenvolver o projeto, recorreu-se ao git. Este é um sistema de controlo de versões do projeto que permite rastrear alterações nos ficheiros. É uma ferramenta grátis e *open-source*. Geralmente é usado para fazer a gestão do código de um determinado software. Esta ferramenta permite que haja uma gestão de versões do projeto de um modo muito mais simplificado. Por exemplo, imagine-se que não tínhamos recorrido ao git. O meu parceiro de projeto, César Freire, não teria conhecimento das alterações que eu fizesse. Teria, por exemplo, de lhe enviar o projeto por e-mail e alertá-lo das alterações. Com o Git, isso não é necessário. As alterações são armazenadas num servidor, o que significa que, assim que eu fizer qualquer alteração, o projeto ficará armazenado e o meu parceiro de projeto será alertado das alterações que eu fiz.



Figura 85 – Como funciona o GIT (Perveez, 2021)

O runner escolhido para este projeto, foi o GitLab runner. De um modo resumido, este faz a ligação entre os desenvolvedores e o projeto. Ou seja, executa as tarefas de integração contínua necessárias para integrar o projeto no servidor.

Por fim, o factoryview, é a interface gráfica desenhada para o utilizador final, tal como foi dito anteriormente. Os *dashboards* e históricos (Fig.80 e Fig.81 respetivamente) mostrados nas figuras anteriores, são alguns exemplos das páginas disponibilizadas ao utilizador.

Em suma, estes são alguns dos detalhes do projeto.

Funcionalidades de hardware - Servidor MG 4.0

- Base de dados com capacidade de armazenamento de dados até 5 anos.
- Dois servidores distintos por razões de redundância e de balanceamento de utilizadores.

Funcionalidades de software - Factoryview

- Funciona em WEB - Sem necessidade de instalação de qualquer software.
- Funciona em Windows, Linux, Mac OS, Android e iOS.
- Visualização em tempo real dos valores dos sensores e atuadores.
- Alarmística de situações urgentes.
- Visualização em 3D.
- Adaptação a vários tamanhos de ecrã.

- Modo quiosque para visualização em televisões.
- Comunicação com sistema de arquivos de dados da MGSI.
- Permite ao utilizador a personalização do dashboard.

Monitorização em tempo real

- Widgets de valores em tempo real com indicadores de direção (se houve subida ou descida relativamente ao valor anterior)
- Estados de alarmes (*Power*, Falha de comunicação, etc...)
- Integração com sistema informático para visualização do *batch* em produção.
- Visualização e animação 3D e em tempo real.
- Gráficos dos principais monitores durante as últimas horas.
- Histórico de trocas de estado.
- Histórico de Ordens de produção.

Histórico de operações

- Consulta por dia e/ou em tempo real.
- Gráficos diários de todos os dados disponíveis.
- Valores médios diários.
- Acesso a alarmes e eventos dos equipamentos.
- Acesso aos registos das ordens de produção.

Assim, de um modo resumido, este projeto era composto por vários passos até o utilizador final poder ver as alterações que foram feitas, sendo eles:

1. Analisar em conjunto com a equipa de higienização, produção e embalagem quais os dados mais importantes para serem recolhidos
2. Recolha dos dados dos autómatos;

3. Inserir os dados na base de dados;
4. Disponibilização desses dados numa página web (ioctrl);
 - a. Geração de relatórios (Informática).
5. Programação do *dashboard* e histórico da máquina ou do sistema.
6. Desenhar o 3D da máquina ou do sistema;

A recolha de dados podia ser feita de três formas diferentes. Caso eu tivesse acesso ao software do PLC cujos dados se pretendiam recolher, eu agrupava toda a informação em somente dois data blocks. Um para as variáveis do tipo *bool* e outro para os restantes tipos de variáveis. Na tabela seguinte (Tabela 12) pode-se ver um exemplo de um *data block* com algumas variáveis que foram agrupadas.

Tabela 12 – Exemplo de DB com as variáveis pretendidas

	A	B	C	D	E
1	TAG	ADDR	TYPE	VALUE	COMMENT
2	a00Zero	DB90.DBW2	Integer		0 Zero
3	a21RemTime	DB90.DBW4	Integer	0 s	Homogenizer remaining runtime
4	a21Speed	DB90.DBW6	Integer	0 rpm	Homogenizer speed
5	a21SpeedMs	DB90.DBW56	Integer	0 ms	Homogenizer speed in m/s
6	a23RemTime	DB90.DBW8	Integer	0 s	Scraper remaining runtime
7	a27Pres	DB90.DBW10	Integer	1016 mbar	Pressure
8	a29Temp	DB90.DBW12	Integer	22.6 °C	Temperature
9	a32RemTime	DB90.DBW14	Integer	0 s	Discharge remaining runtime
10	a32Speed	DB90.DBW16	Integer	0 rpm	Discharge speed
11	a36Current	DB90.DBW18	Integer	0 A	Discharge current
12	a37RemTime	DB90.DBW20	Integer	0 s	Product drain remaining runtime
13	a38RemTime	DB90.DBW22	Integer	0 s	Vacuum trap drain remaining runtime
14	a45Counter	DB90.DBW24	Integer		0 Dosing counter
15	a45Quantity	DB90.DBW26	Integer	93.3 kg	Dosing quantity

Caso não tivesse acesso ao software, teria de pedir essa informação ao fornecedor da máquina. Caso nenhuma dessas duas opções estivesse disponível, teria de ser feito um mapeamento dos blocos usando o método tentativa/erro até se encontrar as variáveis

```
<!-- CIP2 -->
<UAVariable BrowseName="0:L4_CondutividadeRetorno" DataType="Double" NodeId="i=40907" ParentNodeId="i=30009">
  <DisplayName>L4_CondutividadeRetorno</DisplayName>
  <Description>DB396.DBW40</Description>
  <References>
    <Reference IsForward="false" ReferenceType="HasComponent">i=30009</Reference>
    <Reference ReferenceType="HasTypeDefinition">i=63</Reference>
  </References>
  <Value>
```

Figura 86 – Excerto de código do projeto ioserver

pretendidas. Tendo a informação de onde estão armazenadas as variáveis, estas eram inseridas num ficheiro xml, no ioserver, da seguinte forma (Fig.86).

Na figura anterior (Fig.86) pôde-se ver o exemplo de uma variável do CIP que foi inserida na base de dados. É possível observar, por exemplo, o nome da variável “L4_CondutividadeRetorno”, o tipo “Double” e o *data block* do PLC onde estava armazenada a variável (DB396). Este era o procedimento que tinha de ser feito para cada uma das variáveis que se pretendia mapear. Estas alterações eram feitas no projeto “ioserver” e posteriormente disponibilizadas na página web do projeto “ioctrl”. Na figura 87, pode-se ver alguns exemplos de algumas variáveis do CIP que foram disponibilizadas na página web.

```
L1_Fim: "2021-09-22 14:15:37",  
L1_Finalizado: false,  
L1_ID: 27918,  
L1_Inicio: "2021-09-22 14:54:06",  
L1_Pause_Amarelo: false,  
L1_Pressao: 0.09,  
L1_PressaoFiltro: 0.24,  
L1_Running_Verde: true,  
L1_Stopped_Vermelho: false,  
L1_TemperaturaPressao: 62.12,  
L1_TemperaturaRetorno: 60.11,
```

Figura 87 – Variáveis na página web (ioctrl)

Note-se que, cada máquina cujas variáveis eram mapeadas, tinham o seu próprio link de acesso aos dados na página web, como é possível ver, no seguinte exemplo da figura 88.

PM06

Realtime data by tag: </realtime/PM06>

History by tag and date: </history/PM06?tag=a29Temp&date=2021-09-23&limit=10>

PM07

Realtime data by tag: </realtime/PM07>

History by tag and date: /history/PM07?tag=PM07_SistemaArrefecimento_TemperaturaAtual&date=2021-09-23&limit=10



LM03

Realtime data by tag: </realtime/LM03>

History by tag and date: /history/LM03?tag=LM03_EntradaProduto_TemperaturaAtual&date=2021-09-23&limit=10







Figura 88 – Exemplo de algumas máquinas cujas variáveis foram disponibilizadas na página web




Nestes links tinha-se acesso aos dados em tempo real e ao seu respetivo histórico. Posteriormente, essa informação era passada à informática de modo a que podessem ser criados os relatórios pretendidos, como se pode ver no exemplo seguinte do reator da PM06 (Fig.89).

Data De  Data Ate 

SSCC NULO Lote NULO

Cód Reator



 de 2 ?
 






Dados reatores

Dados Reatores

Maquina	Data Hora	Velocidade	Pressao	Temperatura	SSCC
PM06	15/06/2021 17:02:44	1200	979	43,5	356015172100638619
PM06	15/06/2021 17:03:05	0	981	43,3	356015172100638619
PM06	15/06/2021 17:03:27	0	981	43,2	356015172100638619
PM06	15/06/2021 17:03:47	0	984	43,2	356015172100638619
PM06	15/06/2021 17:04:08	0	984	43,1	356015172100638619
PM06	15/06/2021 17:04:29	1200	981	42,1	356015172100638619

Figura 89 – Relatório criado usando as variáveis disponibilizadas no projeto MG4.0

De seguida, era necessário desenhar o 3D da máquina em questão. Para tal, usou-se o *software* Blender. Este é um programa para computador, *open-source*. Foi desenvolvido pela empresa *Blender Foundation* e tem como finalidade a modelagem, animação, renderização, entre outras funcionalidades. Pretendia-se desenvolver um modelo 3D do equipamento que não requisitasse muita memória ao carregar a página, de modo a ser um processo mais rápido.

Portanto, desenvolveu-se sempre esquemas de um modo mais simplista e perceptível quanto possível, como podemos ver no exemplo da Linha 8 na figura 90 e já foi mostrado em exemplos de *dashboards* em figuras anteriores.

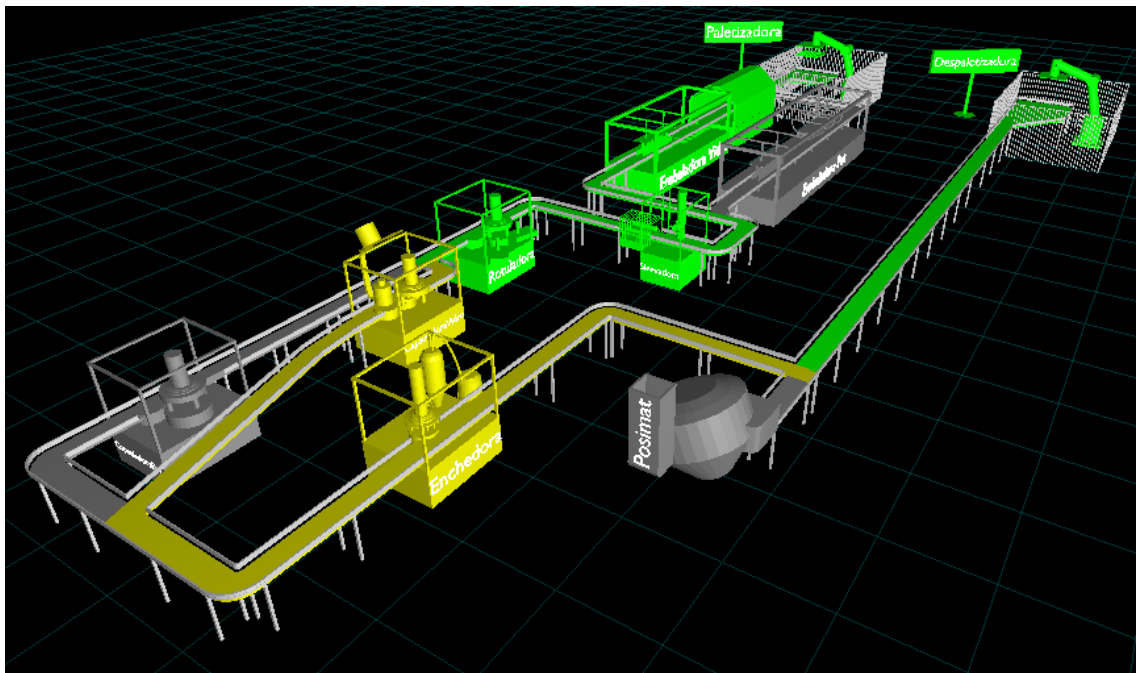


Figura 90 – 3D da linha LM08

Para concluir, passando para o projeto do factoryview, tal como foi dito, este projeto baseia-se no desenvolvimento de uma UI para o utilizador final. Este projeto foi desenvolvido recorrendo à linguagem Javascript. Para além disso recorreu-se à biblioteca React que auxilia no desenvolvimento de interfaces gráficas.

Na imagem seguinte (Fig.91) pode-se ver um excerto de código do projeto “factoryview”.

```
export default function DashLM08() {
  var layouts = {
    lg: [
      {i: 'dashboard', x: 0, y: 0.0, w: 6, h: 0.8, minW: 6, minH: 0.8, static: true},
      {i: 'info', x: 0, y: 0.8, w: 1, h: 4.0, minW: 1, minH: 3, static: true},
      {i: 'ThreeD', x: 1, y: 0.8, w: 3, h: 4.0, minW: 3, minH: 4.0, static: true},
      {i: 'trends', x: 4, y: 0.8, w: 2, h: 1.0, minW: 2, minH: 1.0, static: true},
      {i: 'events', x: 0, y: 4.8, w: 4, h: 0.8, minW: 4, minH: 0.8, static: true},
      {i: 'history', x: 4, y: 4.8, w: 2, h: 0.8, minW: 2, minH: 0.8, static: true},
    ]
  };

  const lm08Widgets = [
    {text: "Despaletiz", tag: "LM08_Despaletizadora_VProducao", disable: "LM08_Despaletizadora_EMaquina", unit:"un/min", digits: 0},
    {text: "Posimat", tag: "LM08_Posimat_VProducao", disable: "LM08_Posimat_EMaquina", unit:"un/min", digits: 0},
    {text: "Enchedora", tag: "LM08_Enchedora_VProducao", disable: "LM08_Enchedora_EMaquina", unit:"un/min", digits: 0},
    {text: "Capsul Pet", tag: "LM08_CapsuladoraPet_VProducao", disable: "LM08_CapsuladoraPet_EMaquina", unit:"un/min", digits: 0},
    {text: "Capsul Vidro", tag: "LM08_CapsuladoraVidro_VProducao", disable: "LM08_CapsuladoraVidro_EMaquina", unit:"un/min", digits: 0},
    {text: "Rotuladora", tag: "LM08_Rotuladora_VProducao", disable: "LM08_Rotuladora_EMaquina", unit:"un/min", digits: 0},
    {text: "Slevadora", tag: "LM08_Slevadora_VProducao", disable: "LM08_Slevadora_EMaquina", unit:"un/min", digits: 0},
    {text: "Embal Pet", tag: "LM08_EmbaladoraPet_VProducao", disable: "LM08_EmbaladoraPet_EMaquina", unit:"un/min", digits: 0},
    {text: "Embal Vidro", tag: "LM08_EmbaladoraVidro_VProducao", disable: "LM08_EmbaladoraVidro_EMaquina", unit:"un/min", digits: 0},
    {text: "Paletizadora", tag: "LM08_Paletizadora_VProducao", disable: "LM08_Paletizadora_EMaquina", unit:"un/min", digits: 0},
  ]
}
```

Figura 91 – Excerto de código do projeto “factoryview”

No primeiro excerto “DashLM08” é o sítio onde eram feitas as configurações do posicionamento de cada objeto na página. Na parte de baixo, em “lm08widgets”, pode-se ver as configurações dos *Widgets*. Estes são os pequenos quadrados na parte superior do *dashboard*, como se pode ver na figura 92.



Figura 92 – Widgets do factoryview

Na figura 91 pode-se ver ainda como foi configurado o texto a apresentar, a *tag* do PLC à qual a variável está associada, as unidades a apresentar e o número de dígitos decimais (sendo este último, 0 em todos os casos deste *dashaboard*). Por último foi associada uma *tag* de *disable* que desativa o *widget* caso a máquina não esteja a funcionar. Neste caso, da figura 92, as máquinas desativadas eram a posimat, capsuladora PET e embaladora PET. Na figura seguinte (Fig.93), pode-se ver um exemplo de uma página de um dos reatores da produção.

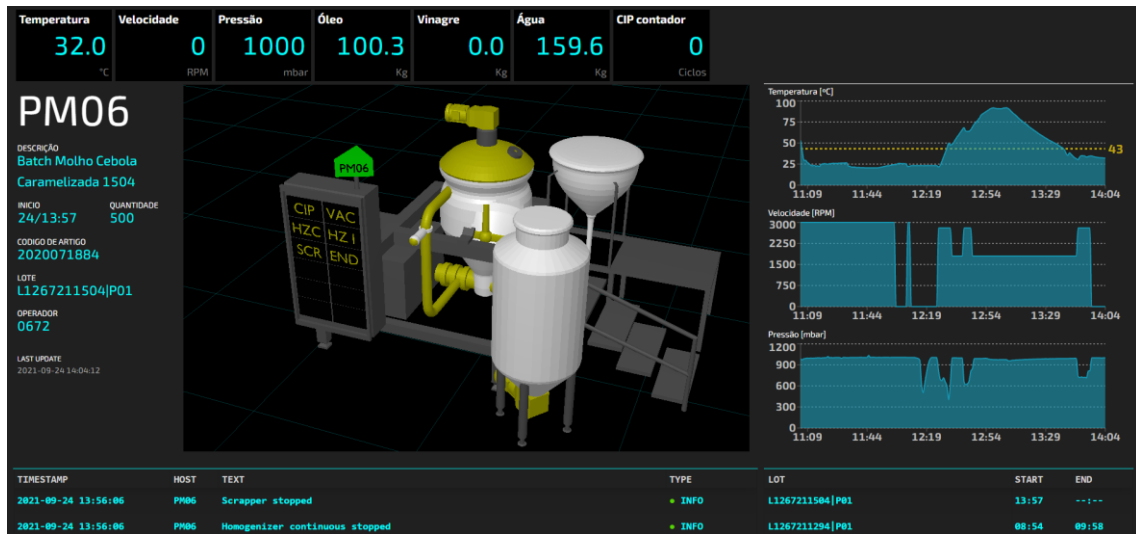


Figura 93 – Dashboard do reator PM06

Para concluir, considero que este foi o projeto de mais difícil integração e onde estive mais dependente de outra pessoa, uma vez que trabalhei com linguagens de programação com que nunca tinha trabalhado. Para além disso era um projeto extenso, que tinha muitas fases até se chegar ao resultado final. Mas, por outro lado, foi o projeto onde mais gostei de trabalhar.

4.2 Manutenção

Neste capítulo irei falar um pouco sobre algumas das atividades de manutenção em que participei durante o estágio. Estive envolvido várias vezes em atividades de manutenção corretiva, preventiva e alguns pequenos projetos de melhorias de alguns sistemas.

Durante grande parte do estágio, através da programação foi muitas vezes possível identificar problemas em sensores ou atuadores. Sem recorrer a este tipo de análise, a manutenção poderia levar muito mais tempo a encontrar a solução para o problema ou poderia nem encontrar devido à vastidão de equipamentos presentes na área fabril, levando a *downtimes* bastante elevados. Apesar de, por norma, serem atividades simples, havia por vezes, alguns problemas bastante complexos de retificar em termos de programação devido à vastidão de máquinas e trocas de sinais entre os diversos sistemas. Isto significava que, uma alteração descuidada num parâmetro de uma máquina, poderia levar à desconfiguração de outra. Por esta razão, por vezes, este processo simples de identificação de problemas, recorrendo à programação, poderia tornar-se bastante complexo.

4.2.1 Manutenção Corretiva

Algumas das atividades de manutenção corretiva em que participei, durante o estágio foram as seguintes:

- Substituição de autómatos;
- Identificação de erros e alarmes (na programação) num sistema com protocolo AS-i.

Substituição de autómatos

Durante o decorrer do estágio, houve a necessidade de substituir vários autómatos por diversas razões. Nesta atividade, ajudei a identificar os problemas até se perceber que, de facto, havia um problema com o PLC. Num dos casos a identificação foi fácil uma vez que o SCADA do CIP que era controlado por um PLC deixou de funcionar completamente, levando-me logo até ao quadro elétrico desse sistema, onde foi possível observar de imediato que o PLC não dava qualquer tipo de sinal, sendo necessária a sua substituição. Das outras vezes que houve problemas onde foi necessário substituir um PLC a identificação do

problema não foi assim tão fácil, uma vez que, fisicamente, o sistema parecia todo operacional. Neste caso, foi necessária ajuda de alguns técnicos de manutenção, para se efetuar alguns testes no *hardware*. Posteriormente, também houve a necessidade de entrar em contacto com o fornecedor da máquina em causa para conjuntamente se efetuar alguns testes de *software*. Após todos os testes, chegou-se à conclusão que o PLC, neste caso da *mitsubishi* estaria a funcionar mal, sendo necessária a sua substituição. Estes foram somente dois exemplos específicos de vários que ocorreram durante o estágio.

Antes de se substituir um PLC há vários fatores que tive de ter em conta, sendo eles:

- O PLC ainda está disponível no mercado?
 - Se sim, deve ser substituído por um PLC igual ou semelhante, da mesma marca.
 - Se não, terá de ser feito um novo programa e poderão ser necessárias alterações mais profundas no *hardware* do sistema.
- Há algum *backup* guardado do programa antigo?
 - Se sim, basta fazer o *download* posteriormente para o novo PLC, após adicionar o novo autómato (caso seja diferente) ao *software*.
 - Se não, caso seja possível, o programa deve ser extraído do PLC antigo para depois descarregar o mesmo para o novo PLC. Caso não seja possível extrair o programa, deve ser feito um novo.
- Após se substituir o PLC, devem ser verificadas que todas as saídas e entradas estão devidamente conectadas ao novo PLC. Caso contrário, poderá ser necessário reendereçar os I/O no Programa do novo PLC.

Identificação de erros, na programação

Este problema era o mais simples e rápido de se resolver e identificar, através de uma análise à programação. Porém, foi também o pedido mais recorrente durante o estágio uma vez que acontecia praticamente diariamente. Muitas vezes algumas máquinas/sistemas deixavam de funcionar sem se saber exatamente porquê, uma vez que, por vezes, nem era gerado qualquer alarme no HMI. De um modo muito resumido, nestas situações, o que eu fazia era abrir o programa TIA Portal e analisava a programação do autómato em questão. Muitas das vezes,

neste caso, trabalhava conjuntamente com algum técnico de manutenção. Isto porque, após a análise da programação, se eu dissesse que o problema era, por exemplo, um sensor ou atuador em falha, este teria de ser substituído. No caso de ser somente um problema de programação, após eu identificar o problema, fazia a retificação e descarregava a nova versão do programa para o autómato em causa.

Numa segunda fase, caso o problema tivesse originado um texto de alarme no SCADA, após a substituição do equipamento em falha, o caso era dado como encerrado. No entanto, os problemas mais complexos surgiam quando não era gerado qualquer texto de alarme no SCADA, o que fazia com que os operadores ficassem confusos e sem saber a causa do problema. Neste caso, para além de se corrigir o problema, seja em *hardware* ou em *software*, também adicionava um novo texto de alarme nos HMI.

4.2.2 Manutenção Preventiva

Algumas das atividades de manutenção preventiva em que participei, durante o estágio foram as seguintes:

- Instalação do fluxostato na alimentação de água num reator;
- Modo de suspensão do CIP;
- Manutenção aos computadores da fábrica;

Instalação do fluxostato na alimentação de água num reator

Um dos equipamentos que faz parte de um reator é o homogeneizador da marca alemã, YTRON. A função deste equipamento é misturar líquidos e substâncias viscosas. Para este processo ser bem feito, garantido a qualidade do produto misturado e garantido que o equipamento é usado corretamente, sem risco de se danificar, é necessário garantir que, sempre que está a ser utilizado, não há qualquer falha de alimentação de água no homogeneizador, uma vez que esta é fundamental para o sistema de arrefecimento funcionar corretamente. Anteriormente, tal problema já havia sucedido. Ou seja, houve falta de água no equipamento, e, conseqüentemente, para além de o produto não ter sido bem produzido,

houve danos irreparáveis no homogeneizador devido à falha no sistema de refrigeração do mesmo. Tudo isto, originou um grande prejuízo monetário.

Para que tal não voltasse a acontecer, foi-me pedido, por parte do responsável da manutenção, que se desenvolvesse um sistema que prevenisse tais danos, no futuro. Começou-se por se fazer esta manutenção preventiva foi feita no reator número 1. Passando alguns meses, tendo este projeto sido implementado com sucesso, foi-me pedido que fizesse o mesmo para dois homogeneizadores no reator número 2. Para tal, foi decidido que se ia usar um fluxostato para garantir que há sempre água quando o homogeneizador está em funcionamento. De uma forma muito resumida, um fluxostato é um dispositivo com uma ou mais saídas digitais e que usa esses sinais para sinalizar o PLC, caso haja alguma anomalia no fluxo de água, neste caso.

Na figura 94, pode-se ver o fluxostato instalado à entrada do homogeneizador do reator.

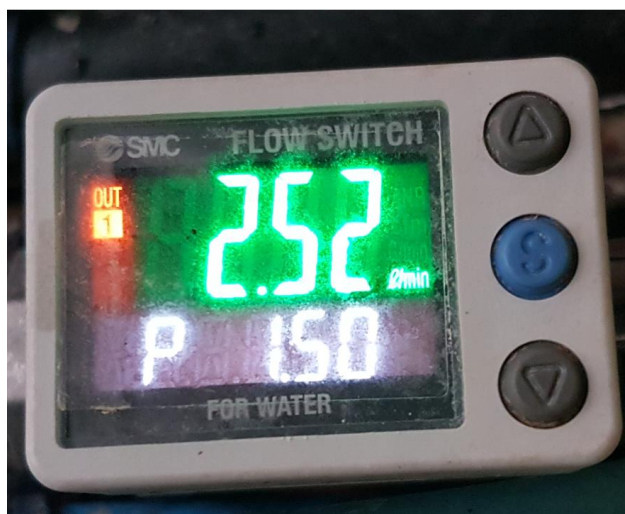


Figura 94 – Fluxostato instalado no reator

Como se pode ver na parte superior do fluxostato, a verde, na altura em que foi tirada a foto, estavam a passar 2,52 l/s. Logo por baixo, está um *setpoint*, para o qual será ativada uma das saídas para o PLC caso o fluxo de água baixe desse valor. Esse *setpoint* pode ser definido manualmente usando as teclas do lado direito do fluxostato.

Na figura 95, pode-se ver os blocos de programação, necessários para concluir esta melhoria do sistema.

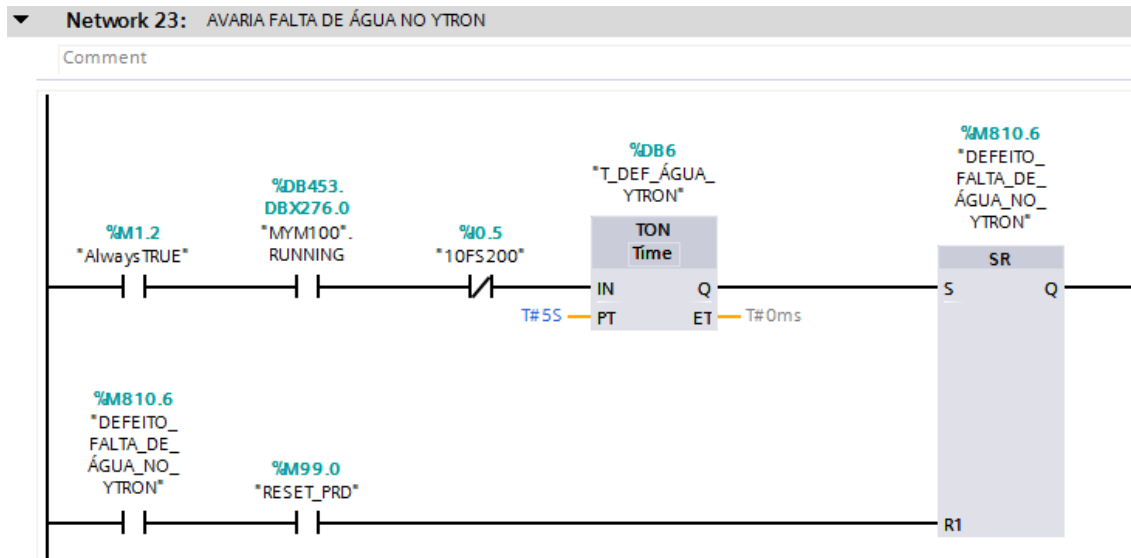


Figura 95 - Código de geração de alarme de falta de água no YTRON

Segundo a figura anterior, caso o homogeneizador esteja a trabalhar e não seja detetado fluxo suficiente no fluxostato, as condições “MYM100.RUNNING” e “10FS200” ficam ativas. Deste modo será iniciado um temporizador. Caso estas condições se mantenham durante 5 segundos, ou mais, será ativada a condição de defeito de falta de água no homogeneizador, gerando um alarme e parando o processo. Para voltar a produzir, esta condição de defeito tem de levar um *reset*. Tal só será possível com as duas condições de baixo, na *network 23* da figura 91. Ou seja, não pode haver um défice de fluxo fluxostato ou o YTRON tem de estar parado e tem de ser feito um *acknowledgement* por parte do operador da máquina, no HMI.

Como se pode ver, este alarme está associado à tag “M810.6”. Essa tag só será ativa caso se verifiquem as condições mencionadas anteriormente que se pode ver na figura 95, gerando este alarme na consola associada a este reator. Após esta última fase, deu-se como concluída esta manutenção preventiva, nunca havendo novamente qualquer tipo de problema relacionado com o homogeneizador.

Para concluir, considero que este foi um projeto de fácil e rápida implementação mas que provavelmente salvou a empresa de um novo investimento considerável nestes equipamentos.

Modo de suspensão do CIP

Em determinada altura durante o estágio, houve a necessidade de recorrer a uma empresa especializada em calibração de sensores para calibrar os condutivímetros do CIP. Assim, a linha foi metida em manutenção e os trabalhos foram iniciados. No entanto, houve um problema de programação inesperado durante o trabalho. Quando se desligou os condutivímetros, que estão a medir a condutividade dentro dos tanques do ácido e do detergente, o PLC indicava um valor de concentração de 0 mS/cm³ uma vez que os sensores foram desligados. Consequentemente, foram ligadas as bombas que enviam o detergente e o ácido para os tanques. Isto não só causou um enorme desperdício como também causou danos nos equipamentos do sistema devido à elevada condutividade. Com isto, foi-me sugerido que desenvolvesse um modo de suspensão do CIP que pare o sistema por completo, com um intuito de se realizar este tipo de trabalhos sem problemas no futuro. Assim, inseri um botão nas consolas para suspender o CIP, como se pode ver no canto inferior esquerdo da figura 96.

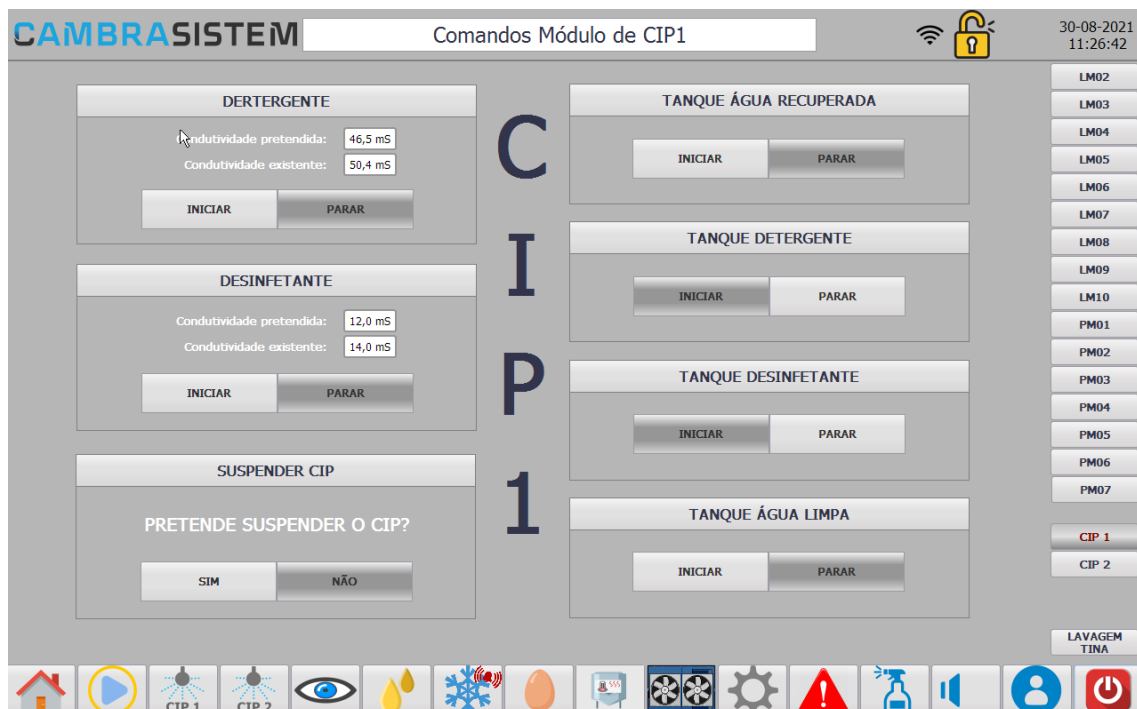


Figura 96 - Página de comandos do código do CIP1

Caso o modo de suspensão seja iniciado, essa indicação estará a azul no painel de comandos dos módulos CIP, como se pode ver na figura 97.

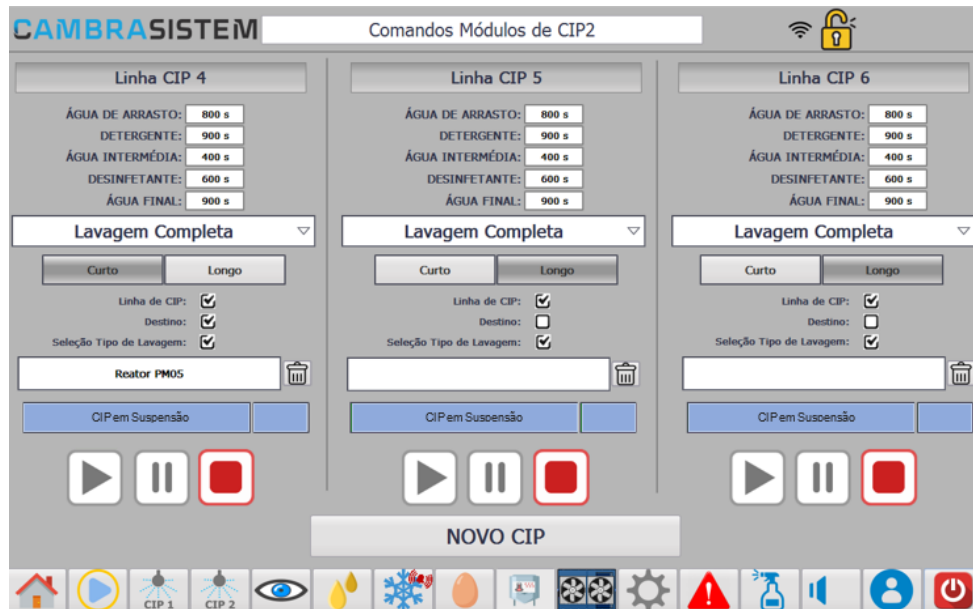


Figura 97 - Página dos comandos gerais do CIP

Obviamente este botão só pode ser premido pelas pessoas responsáveis pelo CIP. Por esta razão, este botão só está ativo, caso a pessoa que tenha o *login* efetuado esteja no grupo de administradores, configurado por mim, como é possível verificar na figura 98.

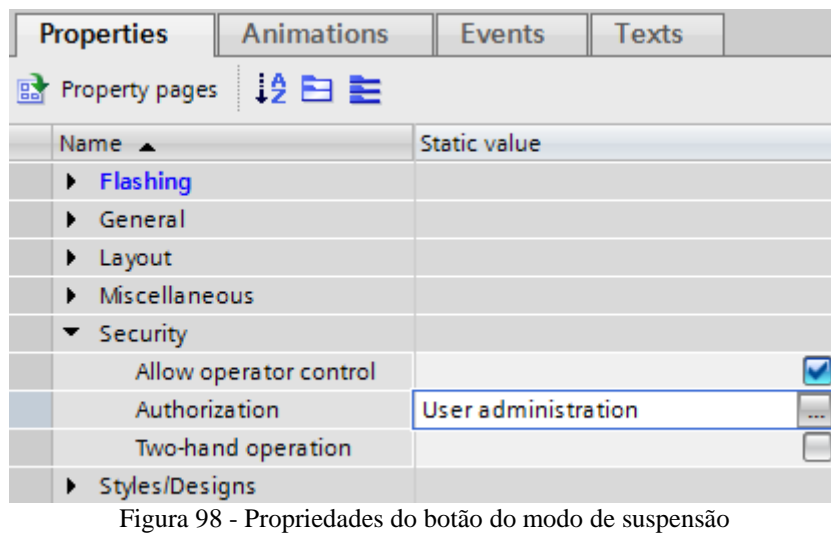


Figura 98 - Propriedades do botão do modo de suspensão

Na figura 99 pode-se verificar o código de cores usado para definir a cor apresentada no menu dos comandos do módulo do CIP.

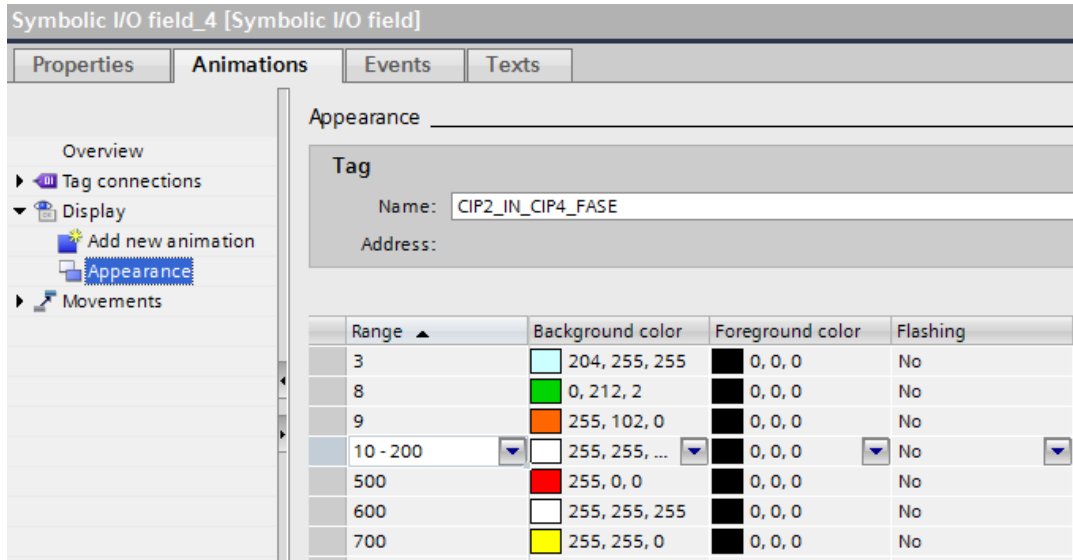


Figura 99 – Código de cores usado no módulo CIP

Neste caso, o que interessa é a cor azul, que indica que o CIP está em suspensão. Para tal, a tag no PLC tem de assumir o valor 3.

Passando para a programação no PLC, para que a tag tenha o valor 3, são necessárias as condições que se podem ver na figura 100.

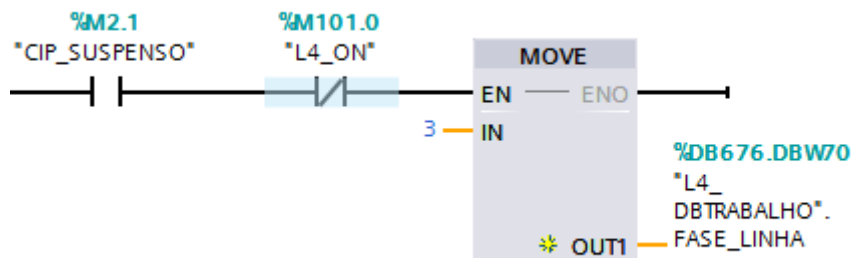


Figura 100 - Código com as condições necessárias para suspender o CIP

O primeiro contacto indica que o botão de suspensão está seleccionado e o segundo (negado) significa que não pode estar nenhuma lavagem a decorrer na linha em causa, neste exemplo, a linha 4.

- Verificar danos se há danos no exterior.
- Verificar todo o *hardware* no interior.
- Instalar os *software* necessários e remover os desnecessários.

Assim, no local de instalação do computador, verificava-se se este estava danificado, tanto no interior como no exterior. Um caso muito recorrente, durante esta manutenção, foi encontrar danos nos discos ou lentidão por parte do *software*. Por exemplo, na maior parte das vezes que era diagnosticado um desses problemas, o computador em causa tinha instalado um disco HDD. Nessa situação, era feita a sua substituição por um disco SSD. Devido ao facto de se substituir o disco, havia necessidade de se instalar, posteriormente, todos os programas necessários no PC em causa e o caso era dado encerrado. Outros exemplos de componentes que substituí foram placas gráficas, memórias RAM, fontes de alimentação, entre outros. Se fosse por exemplo, necessário substituir o ecrã, já era necessário recorrer a uma empresa especializada, até porque nunca tínhamos ecrãs em stock especificamente de cada marca. Caso não fosse notório nenhum problema físico com o computador, muitas das vezes optou-se pela formatação do mesmo. Por fim, com este projeto de manutenção, foi desenvolvida uma lista em excel, dos computadores da fábrica, tal como as suas marcas, versões de sistema operativo e onde foi feito o registo se foi necessário substituir algum componente.

4.2.3 Melhorias

Durante o estágio, houve diversas as atividades de melhoria em que participei, sendo as duas mais importantes as seguintes:

- Centralização de utilizadores do SCADA;
- Redefinição de programas de lavagens;

Centralização de utilizadores do SCADA

Esta melhoria surgiu com a necessidade de criar quase diariamente novos utilizadores das consolas, com permissões específicas. Descarregar *software* para uma consola é um processo

que pode levar vários minutos. Multiplicando esse tempo pelas várias consolas existentes na fábrica e pode ser um processo que leva quase 1 hora a concluir. Fazendo isso várias vezes por semana, acaba por se perder bastante tempo que poderia estar a ser usado noutra projeto. Assim, procurei a melhor solução possível para otimizar a criação de utilizadores. A melhor solução que encontrei foi a exportação e importação de utilizadores numa pasta partilhada na rede, num dos servidores da fábrica. Deste modo, basta descarregar o *software* para uma das consolas e a partilha da informação dos utilizadores será feita na rede. No seguinte esquema (Fig.102) pode-se ver como funcionava o sistema antes desta melhoria.

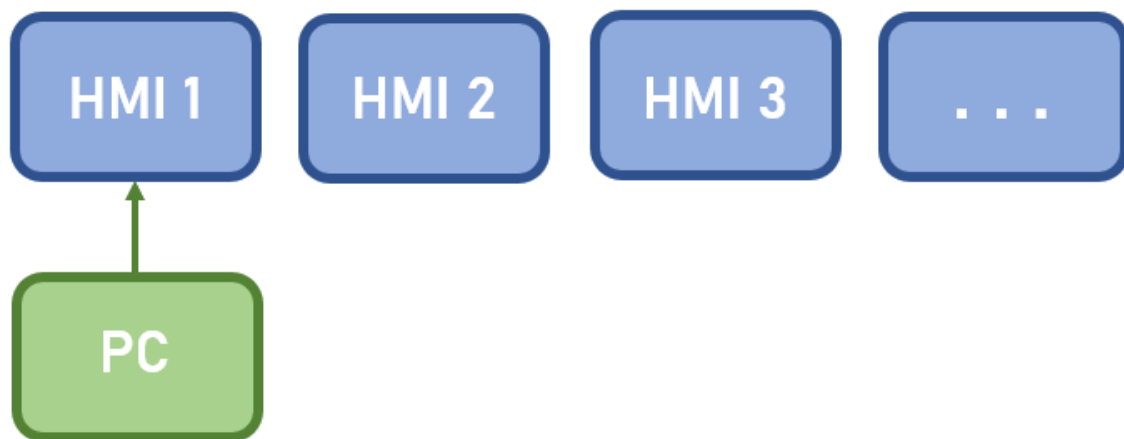


Figura 102 - Tipologia de atualização dos utilizadores das consolas da produção antes da melhoria

Apesar das consolas estarem todas ligadas à mesma rede da fábrica, para atualizar as informações dos utilizadores era necessário descarregar o programa atualizado para cada uma das consolas individualmente.

Assim, com a melhoria, o sistema passaria a funcionar da seguinte forma (Fig.103).

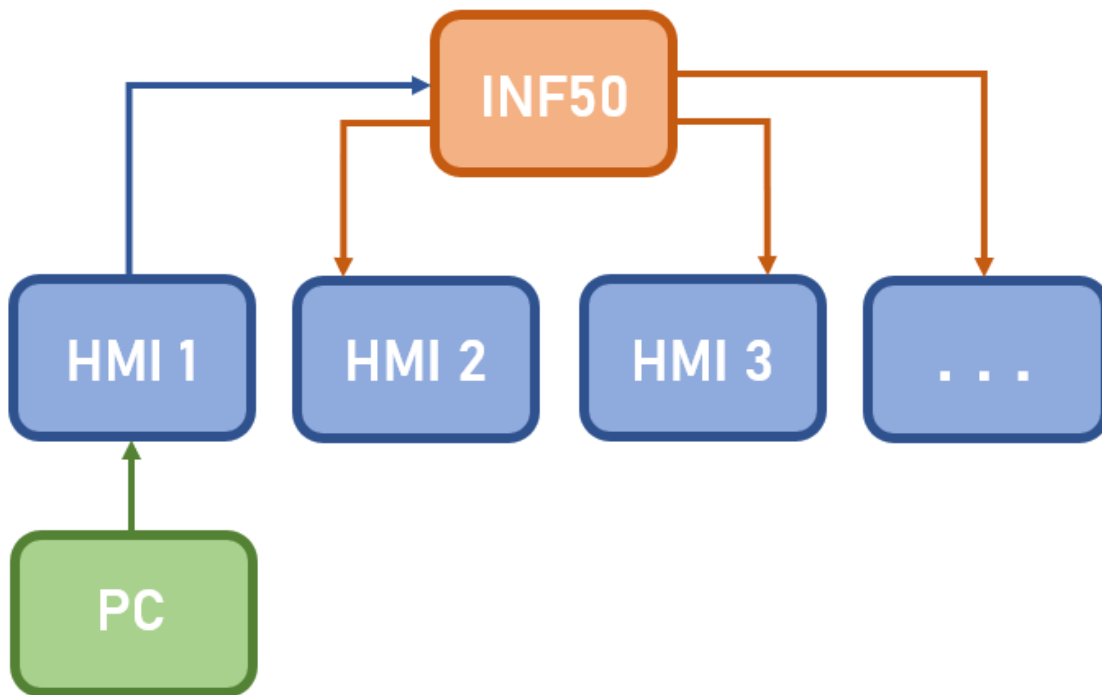


Figura 103 - Tipologia de atualização dos utilizadores das consolas da produção após a melhoria

Desta forma, a informação dos utilizadores é centralizada numa pasta, no nosso servidor de automação, o servidor INF50. Deste modo, para atualizar as informações em todas as consolas, era descarregado o programa atualizado somente para uma consola. Essa consola faz a exportação para a pasta partilhada no servidor e as restantes HMI vão importar esse ficheiro com os dados atualizados

Na figura 104 pode-se ver a pasta partilhada, no servidor INF50.

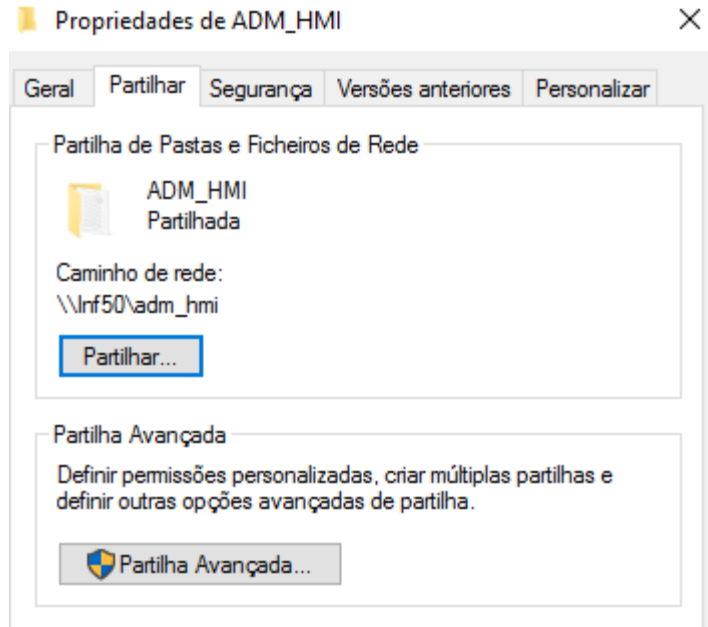


Figura 104 – Propriedades de partilha da pasta no servidor remoto INF50

Após a criação da pasta, foi seleccionada a opção “partilhar” para estar acessível aos restantes computadores da rede. Por questões de segurança, dentro dessa pasta está um bloco de notas encriptado que contém a informação dos utilizadores. Ou seja, não é possível recolher dados privados simplesmente abrindo o bloco de notas. Essa descriptação será feita posteriormente da consola que importa o ficheiro.

O próximo passo foi criar uma tarefa numa *PC Station*. Recorreu-se às *scheduled tasks* e procurou-se, na lista de funções disponíveis a função “ExportImportUserAdministration”, como se pode ver na imagem seguinte (Fig.105).

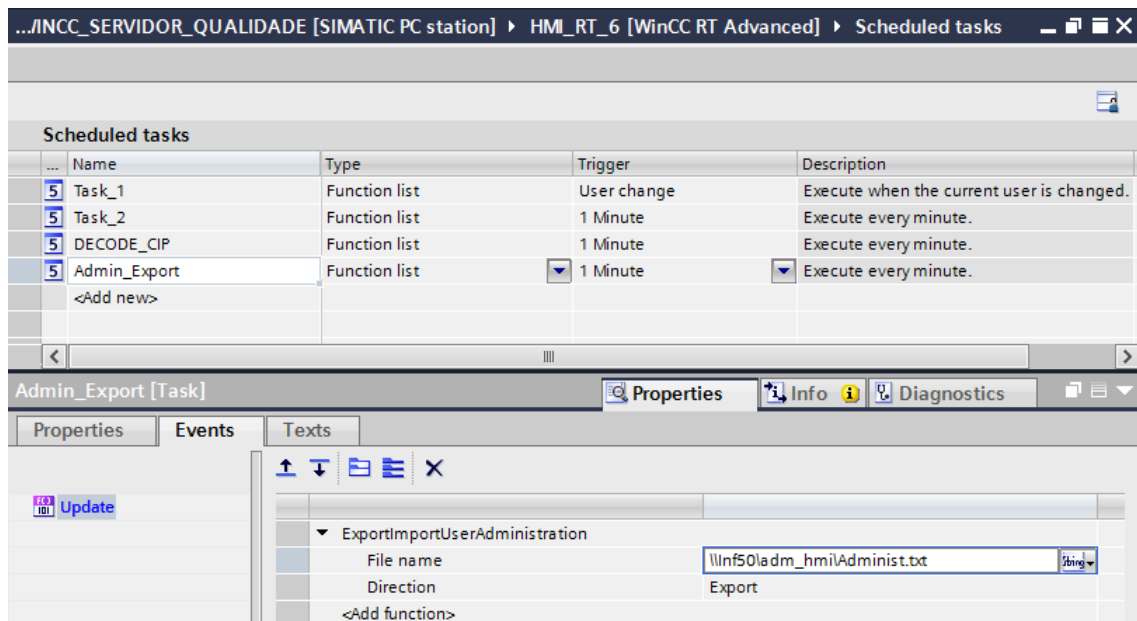


Figura 105 - Scheduled tasks (exportação)

Assim, os dados dos utilizadores desta consola serão exportados para o bloco de notas “Administ.txt”, presente dentro da pasta partilhada, mostrada anteriormente, no nosso servidor “inf50”. Este servidor é apenas um de dezenas de servidores na nossa rede. É neste onde se pode encontrar todos os programas de automação, portanto fez todo o sentido centralizar a informação no mesmo.

Nas restantes *PC Stations*, bastou fazer a importação desses mesmos dados partilhados anteriormente como se pode ver na figura 106.

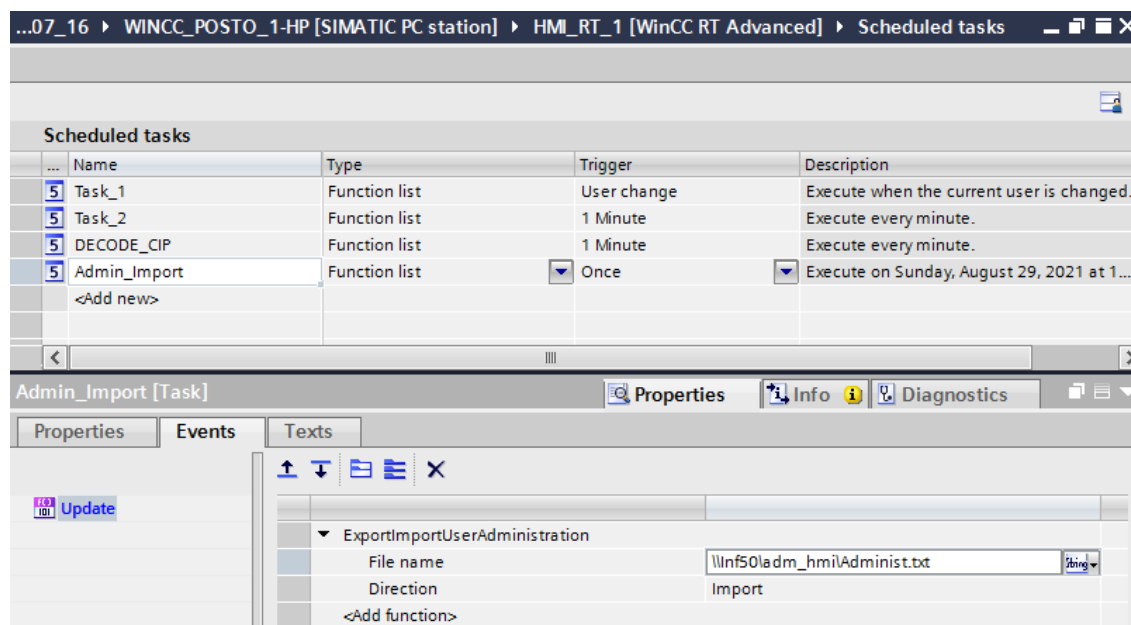


Figura 106 – Scheduled tasks (Importação)

Assim, criando novos utilizadores na consola que faz a exportação, os dados ficaram disponíveis para as restantes consolas após 1 minuto, no pior dos cenários. Deste modo, deu-se como concluído este projeto de melhoria, otimizando o tempo durante a semana.

Redefinição de programas de lavagens

Durante o decorrer do estágio houve a necessidade de fazer várias alterações no programa de lavagem de várias máquinas, tanto em termos de programação como na estrutura mecânica da máquina. Normalmente a necessidade de fazer estas alterações surgiam de pequenos erros de programação. Por norma, estes erros levavam a que houvesse acumulação de água no depósito da máquina mesmo após o término da lavagem. Felizmente, estes problemas, tinham na maior parte das vezes uma resolução simples. Recorrendo ao TIA Portal, fazia pequenas alterações nas condições de abertura das válvulas, normalmente durante o período de drenagem e o problema ficava resolvido.

No entanto, um dos casos mais complicados surgiu durante o pico da pandemia, em meados de janeiro de 2021. Tinha sido instalada uma nova linha, recentemente. Era necessário que

todas as máquinas estivessem a funcionar corretamente, de modo a seguir com os testes industriais, e posteriormente, a produção do produto final. Portanto, uma vez que as restrições relativamente à pandemia não permitiram a vinda do fornecedor, desde Itália, até à fábrica, foi-me passada a responsabilidade de fazer algumas alterações na programação das válvulas da nova enchedora. Foi um processo complexo por várias razões. Não conhecia a máquina, não estava completamente familiarizado com o *software* de programação utilizado para programar o PLC, uma vez que era um programa mais antigo, o SIMATIC STEP 7. Para além disso, os comentários da programação estavam em italiano. Portanto, foi necessário analisar o esquema pneumático da máquina e o seu esquema elétrico e a sua programação. Foram necessários cerca de dois dias para fazer alguns testes, após várias tentativas de reprogramação da máquina mas, felizmente, no fim, foi um trabalho complexo e bem sucedido.

Outras atividades em que participei durante o estágio:

- Participação em diversos webinars (Omron, COTEC, Oracle, OnRobot);
- Gestão de utilizadores dos servidores remotos e dos parceiros (VPN);

5. Conclusões

A empresa Mendes Gonçalves está presente numa vasta área da indústria alimentar. Sendo uma empresa de referência e inovadora a nível nacional mas implantada na minha região, considero que foi um orgulho enorme e deveras gratificante ter tido a oportunidade de realizar o estágio numa empresa como a Mendes Gonçalves. Foi sem dúvida um excelente primeiro contacto prático com o mundo laboral, especialmente por me permitir o enquadramento numa das minhas áreas profissionais, mais especificamente a automação industrial.

A ajuda de todos foi imprescindível e fundamental para a minha aprendizagem, abrindo-me várias portas para o futuro. Foi especialmente graças às equipas do departamento de informática e da manutenção que foi possível realizar um estágio bastante enriquecedor para o meu início de carreira. Por outro lado, julgo que também desempenhei um papel importante durante o decorrer do estágio, uma vez que, em muitas tarefas, era fazia de "intermediário" entre a informática e a manutenção, tal como foi explicado previamente ao longo do relatório.

Assim, com a realização do estágio, foi possível aprofundar todos os conhecimentos teóricos e práticos adquiridos ao longo do curso, neste caso, mais especificamente na área da automação industrial. Grande parte do estágio foi passado a fazer melhorias nos sistemas e a desenvolver novos projetos, estando estes projetos enquadrados na visão da empresa para o futuro, sendo o objetivo tornar a empresa numa fábrica que aposta numa visão da indústria 4.0. Por essa razão, foram feitos muitos projetos para a recolha de dados de muitas máquinas e sistemas da empresa, sendo a análise destes dados fundamentais para detetar os aspetos fortes e os aspetos que ainda têm de ser melhorados na empresa.

Todos os projetos em que participei foram de elevada importância, principalmente para garantir um bom futuro à Mendes Gonçalves. No início do estágio trabalhei quase sempre em conformidade com uma equipa mas, posteriormente, foram surgindo projetos em que me era passada muita responsabilidade e tinha de ser bastante autónomo.

Por fim, concluo que a diversidade das atividades que foram realizadas ao longo do estágio foram muito importantes para adquirir novos conhecimentos e competências para além dos temas já abordados durante a licenciatura e mestrado de engenharia eletrotécnica. Durante o estágio, o acompanhamento por parte dos colaboradores da empresa foi sempre feito com extremo profissionalismo. Em momento algum me senti solitário e sem ajuda. Em todos os departamentos da empresa nota-se claramente o grande espírito de equipa e entreajuda que permite à empresa crescer ano após ano, assumindo-se como uma das maiores empresas de marca nacional na região.

Todos os aspetos mencionados anteriormente conduziram a uma realização de um estágio com sucesso, onde os objetivos propostos foram sem dúvida atingidos. Por esta razão, é com enorme satisfação que considero que o balanço final é muito positivo.

6. Referências

- Gastreich, W. (17 de dezembro de 2018). *RealPars Modbus*. Obtido de realpars.com: <https://realpars.com/modbus-protocol/>
- Gates, S. (28 de novembro de 2017). *PLC Overview*. Obtido de automation.com: <https://www.automation.com/en-us/articles/2017/a-beginners-plc-overview-part-1-of-4-introduction>
- Gonçalves, M. (20 de outubro de 2010). *Certificação ISO*. Obtido de mendesgoncalves.pt: <https://www.mendesgoncalves.pt/en/iso-9001-certification>
- Gonçalves, Mendes. (2020/2021). *Diagrama de Processo Produtivo*. Golegã.
- International, P. (s.d.). *PROFIBUS VS PROFINET*. Obtido de profibus.com: profibus.com
- Krohne. (2012). *IFC050 Supplementary instructions*.
- Krohne. (2016). *IFC050 Handbook*.
- Lumel. (s.d.). *P18 datasheet*.
- myplctraining. (19 de maio de 2020). *PLC processors*. Obtido de myplctraining: <https://www.myplctraining.com/blog/beginners-free-plc-training-part-2/>
- myplctraining. (20 de maio de 2020). *PLC training*. Obtido de myplctraining.com: <https://www.myplctraining.com/blog/beginners-free-plc-training-part-3/>
- Nunes, N. (2020). *Instrumentação Industrial*.
- Perveez, S. H. (18 de setembro de 2021). *What is Git*. Obtido de simplilearn.com: <https://www.simplilearn.com/tutorials/git-tutorial/what-is-git>
- Siemens. (s.d.). *Industrial communications*. Obtido de siemens.com: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industrial-communication/profinet.html>

sistem, C. (2016). *Diagrama de Produção do molhos*. Vale de Cambra.

sistem, C. (2016). *Diagrama do CIP1*. Vale de Cambra.

sistem, C. (2016). *Diagrama do CIP2*. Vale de Cambra.

Wilson, J. (19 de novembro de 2018). *RealPars PROFIBUS vs PROFINET*. Obtido de realpars.com: <https://realpars.com/difference-between-profibus-and-profinet/>