



**isec**  
**Engenharia**

MESTRADO EM ENGENHARIA  
ELETROTÉCNICA

**Sistemas de Automação na Indústria de  
Transformação do Papel – Estágio na  
Renova**

Autor

**Nuno Miguel Batista de Carvalho**

Orientador

**Frederico Miguel Santos**

Coimbra, março 2021

INSTITUTO POLITÉCNICO  
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR  
DE ENGENHARIA  
DE COIMBRA



# isec

## Engenharia

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA  
ELETROTÉCNICA

### **Sistemas de Automação na Indústria de Transformação do Papel – Estágio na Renova**

Relatório de Estágio/Projeto apresentado para a obtenção do grau  
de Mestre em Engenharia Eletrotécnica

Especialização em Automação e Comunicações em Sistemas  
Industriais

Autor

**Nuno Miguel Batista de Carvalho**

Orientador

**Frederico Miguel Santos**

Supervisor na empresa          Renova, SA

**Engenheiro Filipe Carracinha**

Coimbra, março 2021

## **AGRADECIMENTOS**

---

O apoio dado pelos meus familiares, Rui, Carla e João Carvalho foi o que tornou tudo possível, sempre presentes e fornecendo motivação desde o primeiro dia.

Às pessoas do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, desde funcionários, a colegas de curso e docentes, que foram sempre prestáveis, fazendo com que estes últimos cinco anos fossem passados em casa. Ao Engenheiro Frederico Santos por toda a dedicação e ajuda na elaboração deste relatório de estágio.

Agradeço ao Engenheiro Filipe Carracinha que me acompanhou diariamente dentro da Renova, aos Engenheiros Henrique Santos, David Peneireiro, Paulo Feliciano e Pedro Epifânio por todo o conhecimento partilhado e ajuda na realização de projetos, assim como aos restantes Engenheiros no “Open Space” da elétrica pela paciência para responder a todas as minhas perguntas semana após semana.

Ao Bruno, Valente, Jaime, Ricardo e Cláudio pela companhia todos os dias à hora de almoço, pelas piadas e conversas que ajudaram a descomprimir e a sentir-me integrado. Aos meus amigos João, Vítor, Leandro, Ventura, Afonso e Dinis, que tornam todos os momentos de lazer em bons momentos e boas memórias.

A toda a restante família, que acompanhou cada passo, os meus padrinhos Adelino e Françoise, que mesmo estando na França, fizeram sempre questão de fazer parte deste meu trajeto académico, o meu obrigado.

Sem vocês nada disto teria sido possível, o meu eterno obrigado!



## RESUMO

---

Afim da conclusão do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica na Área de Especialização em Automação e Comunicações Industriais, foi realizado um estágio curricular na empresa Renova, que teve a duração de oito meses, tendo este relatório como objetivo a apreciação das tarefas dentro da empresa durante esse período.

Com o aparecimento da automação, os trabalhos com necessidade de laboração humana por repetição caminham para a extinção, mas tal abre novas oportunidades de emprego, como supervisão das máquinas, manutenção e melhorias para que as empresas consigam crescer e acompanhar a constante evolução da tecnologia. É necessária ainda uma boa gestão das máquinas para que toda ou a maioria da manutenção seja preventiva e para que as máquinas tenham o melhor desempenho possível, tentando reduzir ao máximo a manutenção corretiva, sendo que esta leva a paragens mais demoradas e mais dispendiosas.

O Engenheiro Eletrotécnico faz a manutenção das máquinas e documenta as alterações efetuadas para melhorar a sua gestão e sempre que possível realizar melhorias na mesma, ou para aperfeiçoar o seu funcionamento, ou para facilitar o supervisionamento por parte dos operadores, de forma a que possam detetar eventuais falhas, e que as corrijam antes de serem definitivamente falhas.

O estágio curricular permitiu adquirir conhecimentos sobre o mercado de trabalho e integração no mesmo. Nesse período foi possível realizar a verificação de material durante paragens preventivas das máquinas e o desenvolvimento de um projeto para a automatização de parte de uma máquina. Foram também realizados trabalhos de atualização de esquemas elétricos e acompanhamento às respetivas alterações efetuadas. Foi ainda programado e instalado um PLC (controlador lógico programável), comandado por HMI (Interface Homem-Máquina) para a gestão da iluminação do edifício da cantina e balneários da empresa. Durante o estágio foram adquiridos conhecimentos de instalações elétricas, manutenção, programação e protocolos de comunicação (Profinet e Profibus).

**Palavras-chave:** Mestrado em Engenharia Eletrotécnica; Renova; Manutenção; Automação.



## ABSTRACT

---

In order to complete the Master's degree in Electrotechnical Engineering, in the specialization area of Automation and Communications in Industrial Systems, a curricular internship was held at the company Renova, which lasted eight months, with the purpose of this report to evaluate the tasks within the company during this period.

With the emergence of automation, jobs requiring human labor by repetition are heading towards extinction, but this opens up new job opportunities, such as machine supervision, maintenance and improvements so that companies can grow and keep up with the constant evolution of technology. It is also necessary to have a good management of the machines so that all or most of the maintenance is preventive and so that the machines have the best possible performance, trying to reduce the corrective maintenance as much as possible, which leads to longer and more expensive stops.

The Electrical Engineer performs the maintenance of the machines and documents the changes made to enhance their management and, whenever possible, makes improvements to it, either to develop its operation, or to facilitate supervision by operators, so that they can detect possible failures, and correct them before they are definitely failures.

The curricular internship allowed to acquire knowledge about the labor market and integration in it. During this period, it was possible to carry out material verification during preventive machine stops and the development of a project for the automation of part of a machine. Work was also carried out to update electrical diagrams and monitor the respective changes made. A PLC (programmable logic controller) was also programmed and installed, controlled by HMI (Human-Machine Interface) to manage the lighting of the company canteen building and changing rooms. During the internship, knowledge of electrical installations, maintenance, programming and communication protocols (Profinet and Profibus) were acquired.

**Keywords:** Master in Electrical Engineering; Renova; Maintenance; Automation.



# ÍNDICE

---

1.	INTRODUÇÃO.....	1
1.1.	Enquadramento do Tema.....	1
1.2.	Objetivos.....	2
1.3.	Organização do Documento.....	2
2.	Empresa Renova.....	3
2.1.	Processo produtivo.....	3
2.1.1.	Divisão da reciclagem - DIRE.....	4
2.1.2.	Divisão da fabricação - DIFA.....	4
2.1.3.	Divisão da transformação - DITA.....	5
3.	Estado da Arte.....	7
3.1.	Automatismo.....	7
3.2.	Autómato.....	8
3.2.1.	Breve história.....	9
3.2.2.	Solução.....	10
3.3.	HMI.....	10
3.4.	Ladder.....	12
3.5.	Eplan.....	13
4.	<i>Upgrade</i> do Quadro Elétrico da Bobinadora da Linha R02.....	15
4.1.	Enquadramento.....	15
4.2.	Problema.....	18
4.3.	Material no quadro.....	19
4.3.1.	Relés.....	19
4.3.2.	Relés temporizados.....	21
4.4.	Solução.....	24
4.5.	Implementação.....	25
4.5.1.	Primeira Abordagem.....	25
4.6.	Segunda Abordagem.....	28
4.6.1.	Terceira abordagem.....	31
4.6.2.	Quarta abordagem.....	35
5.	Conversão do sistema de domótica na iluminação da cantina.....	47
5.1.	Problema.....	47
5.2.	Material no quadro.....	49
5.3.	Solução.....	50
5.4.	Implementação.....	53
5.4.1.	Automático.....	53
5.4.2.	Manual.....	54
6.	Realização de Esquemas.....	59

7. Conclusões.....	61
7.1. Sugestões de melhoria .....	61
7.1.1. <i>Upgrade</i> do Quadro Elétrico da Bobinadora da Linha R02 .....	61
7.1.2. Conversão do sistema de domótica na iluminação da cantina.....	64
Referências .....	65

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1 - Processo produtivo da Renova.....	4
Figura 2 - Lógica de implementação de um sistema automatizado.....	8
Figura 3 - Exemplo de quadro elétrico antes dos autómatos.....	10
Figura 4 - HMI siemens .....	11
Figura 5 - Diagrama elétrico de uma partida direta.....	12
Figura 6 - Conversão do diagrama elétrico em Ladder .....	12
Figura 7 - Exemplo de ligação para acionamento um contator .....	13
Figura 8 - Exemplo de um diagrama elétrico desenvolvido.....	14
Figura 9 - Planta da linha onde foi realizado o upgrade.....	15
Figura 10 - Bobinagem da linha R02.....	16
Figura 11 - Fase final da bobinagem .....	17
Figura 12 - Secção do quadro elétrico a remodelar .....	18
Figura 13 - Fluxograma do funcionamento da máquina.....	19
Figura 14 - Relés Finder e Schrack, 1 estado de funcionamento .....	20
Figura 15 - Relé Omron de 2 estados .....	20
Figura 16 - Modo de funcionamento de um temporizador com atraso à operação .....	21
Figura 17 - Modo de funcionamento de um temporizador com atraso à desoperação.....	21
Figura 18 - Relés temporizados MTCV, Omron H3BA e Carlo Gavazzi PAA01 .....	22
Figura 19 - Modos de funcionamento dos temporizadores com atraso à operação .....	22
Figura 20 - Modos de funcionamento dos temporizadores iguais, mas com trigger .....	23
Figura 21 - Temporizador Carlo Gavazzi PBB01DM24.....	23
Figura 22 - Modo de funcionamento do temporizador com atraso à desoperação .....	23
Figura 23 - Levantamento dos fios ligados a cada um dos pinos de cada relé.....	24
Figura 24 - Primeiras filas removidas.....	25
Figura 25 - Transição do PLC para o local definitivo .....	26
Figura 26 - Como integrar o PLC no esquema elétrico.....	27
Figura 27 - Conversão dos contatos físicos para software .....	27
Figura 28 - Relé Phoenix Contact.....	28
Figura 29 - Terceira e quarta linha de relés a remover.....	29
Figura 30 - Transição dos relés de interface para o seu local definitivo .....	29
Figura 31 - Fase com 4 linhas de relés removidas.....	30
Figura 32 - Solução para o problema da corrente proveniente dos sensores indutivos.....	31
Figura 33 - Sensores indutivos .....	32
Figura 34 - Lista de sensores indutivos presentes na máquina.....	33
Figura 35 - Focélulas .....	33
Figura 36 - Lista de focélulas presentes na máquina.....	34
Figura 37 - Ligação das focélulas às entradas do PLC.....	34

Figura 38 - Planta da máquina em AutoCAD com a localização das fotocélulas, sensores indutivos e motores.....	35
Figura 39 - Interior da porta do quadro elétrico .....	37
Figura 40 - Exterior da porta do quadro elétrico .....	37
Figura 41 - Contador do picotado.....	40
Figura 42 - Tempo de enrolamento .....	41
Figura 43 - Interior do quadro finalizado .....	41
Figura 44 - Interior da porta do quadro elétrico depois do upgrade .....	42
Figura 45 - Exterior da porta do quadro elétrico depois do upgrade.....	42
Figura 46 - Barra de notificações de alarmes na HMI.....	43
Figura 47 - Descrição do bloco de alarmes .....	43
Figura 48 - Exemplo de um alarme .....	44
Figura 49 - Exemplo de ajuda suplementar na resolução do problema.....	44
Figura 50 - Botão para sair do programa da HMI .....	45
Figura 51 - Consola de controlo do sistema de domótica.....	47
Figura 52 - Refeitório .....	47
Figura 53 - Quadro geral do edifício .....	48
Figura 54 - Planta em AutoCAD do edifício.....	48
Figura 55 - Esquema de ligações do módulo LM-4RUKS .....	49
Figura 56 - Esquema de ligações do módulo LM-3DSIS .....	49
Figura 57 - PLC colocado no quadro geral.....	50
Figura 58 - HMI para controlo da iluminação .....	50
Figura 59 - Relés de interface das entradas do PLC.....	51
Figura 60 - Diagrama de funcionamento do sistema de iluminação .....	52
Figura 61 - Exemplo do controlo de uma zona de luminárias no modo automático.....	53
Figura 62 - Exemplo do controlo de um grupo de luminárias no modo manual.....	54
Figura 63 - Página inicial da HMI.....	55
Figura 64 - Página de controlo da zona de saladas e refeitório .....	56
Figura 65 - Página de controlo sala VIP.....	56
Figura 66 - Funcionamento atual do sistema de segurança para andar em impulso .....	62
Figura 67 - Acionamento do motor principal da máquina.....	63
Figura 68 - Espaços a integrar no sistema atual assinalados na planta em AutoCAD .....	64

## ÍNDICE DE TABELAS

---

Tabela 1 - Resumo das características do relé 60.13.8.230.0040 .....	20
Tabela 2 - Resumo das características do relé MK2KP .....	21



## ABREVIATURAS E SIGLAS

---

AC	<i>Corrente alterna</i>
BRC	<i>British Retail Consortium</i>
DC	<i>Corrente contínua</i>
DIFA	<i>Divisão de Fabricação</i>
DIRE	<i>Divisão de Reciclagem</i>
DISA	<i>Divisão de Produtos Sanitários</i>
DITA	<i>Divisão de Transformação</i>
HMI	<i>Human-Machine Interface</i>
I/O	<i>Entradas e saídas</i>
IoP	<i>Institute of Packaging</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
PID	Proportional Integral Derivative
PLC	Programmable Logic Controller
SCADA	<i>Supervisory Control And Data Acquisition</i>
SQL	<i>Structured Query Language</i>



## 1. INTRODUÇÃO

A evolução a nível da indústria é constante, a necessidade de produzir o máximo, com a minimização de desperdícios e custos para as empresas. Para tal é do interesse acabar com os trabalhos repetitivos e pesados.

Surge assim a necessidade nos profissionais das empresas de se inteirarem das novas tecnologias que vão aparecendo, de um olhar mais atento e criativo para as aplicar da melhor forma. São muito importantes as opiniões de operadores que estão em constante contacto com as máquinas.

O desenvolvimento da empresa a este nível permite a redução de pessoas por máquina. Mas os lucros da empresa sobem o que permite o crescimento e a compra de novas máquinas que acarretam a contratação de novas pessoas e quanto mais tecnologia, mais pessoal qualificado para manutenção da mesma. Além de que a competitividade é grande e as empresas têm de ser eficientes para vingarem.

Neste seguimento, é importante a automação industrial, que facilita a implementação de novas ideias. Além de que tem uma fiabilidade superior, dimensões reduzidas, montagem mais simples e para modificações não se muda a cablagem. Assim é possível manter o controlo por parte do utilizador através de botões por exemplo ou remover essa opção ficando o sistema responsável pelas decisões o que é ótimo na indústria em situações repetitivas em que o operador pode ser falível. Para colocar todas essas capacidades em funcionamento é necessário pessoal qualificado.

### 1.1. Enquadramento do Tema

A Renova foi fundada em 1939, é uma empresa de produtos de grande consumo com presença europeia em mais de 60 países. Conhecida pela inovação no papel *tissue*, é uma marca com forte dedicação à sua relação com o consumidor. Fabrica e comercializa papel higiénico, guardanapos, rolos de cozinha, lenços de papel, entre outros.

Empresa exporta para vários países e além das duas fábricas em Portugal, tem ainda uma outra de transformação de papel situada em França, empregando no seu agregado mais de 700 pessoas.

A Renova presa pelas suas máquinas, se houver algo que melhore o desempenho das mesmas ou que ajude no trabalho dos operadores, a Renova faz com que aconteça. Este bem-estar leva a que todos observem o funcionamento das máquinas e pensem em melhorias, o que é também gratificante para os engenheiros que as realizam.

Uma empresa com esta dimensão oferece a possibilidade de uma carreira próspera, com diversos desafios e conhecimentos para adquirir.

## 1.2. Objetivos

A finalidade deste estágio é proporcionar um primeiro contacto com o ambiente de trabalho, para possibilitar fácil integração no mesmo, através do conhecimento das dinâmicas dentro de uma empresa, da participação nas suas atividades e para não só aplicar os conhecimentos adquiridos durante o curso, mas para os poder desenvolver.

Numa primeira parte, foi decidido que seria conveniente acompanhar os engenheiros e eletricitas da Renova, para conhecer a fábrica, os seus processos e as suas dinâmicas, assim com as suas regras. Posteriormente foi proposto o desenvolvimento de um projeto de automatização de uma máquina, substituir o seu quadro com lógica de relés por um autómato. Numa segunda fase a resolução de um problema relativamente à iluminação da cantina que contém módulos de domótica instalados por uma empresa que faliu e que está em constante mau funcionamento. Por último a elaboração de esquemas para as diversas máquinas, algo necessário de forma recorrente, visto que existe uma equipa responsável por realizar constantes melhorias e de existirem diversos esquemas com atualizações realizadas à mão.

Resumidamente, os principais objetivos são:

A conceção, desenvolvimento e implementação de projetos de automação;

- Acompanhar os engenheiros e eletricitas para conhecer a fábrica;
- Automatizar uma máquina, substituir um quadro de relés por um autómato;
- Substituir a domótica da iluminação da cantina por um autómato;
- Atualizar os esquemas de algumas máquinas.

## 1.3. Organização do Documento

Este documento está dividido em sete capítulos:

- No capítulo 1 encontra-se a introdução, a motivação e contexto e os objetivos;
- No capítulo 2 é retratado o estado da arte, que aborda as tecnologias que foram usadas nos capítulos seguintes;
- No capítulo 3, breve descrição da empresa onde foi realizado estágio, a sua história e organização;
- No capítulo 4 é abordado o primeiro projeto realizado, breve descrição inicial, seguida de uma abordagem do problema, a solução e finalmente implementação;
- No Capítulo 5 é relatado o segundo projeto desenvolvido e segue a mesma linha de apresentação, descrição inicial, problema, solução e por fim a implementação;
- No Capítulo 6 é feita uma abordagem ao que foi feito paralelamente aos projetos, mais especificamente, os esquemas que foram realizados para as diversas máquinas;
- No Capítulo 7 pode encontrar-se a conclusão, com algumas sugestões para melhorias futuras.

## 2. Empresa Renova

No presente capítulo, é apresentada a entidade onde foi realizado o estágio, são expostos aspetos relativos à sua história e organização interna.

Fábrica de Papel do Almonda, S.A., é uma empresa especializada na fabricação de papel *tissue* e na sua transformação. É uma empresa portuguesa de capital privado, constituída em 1939, com sede em Renova, concelho de Torres Novas. Possui duas unidades industriais, uma situada junto à nascente do Rio Almonda (Fábrica 1) e a outra a dois quilómetros de distância deste local (Fábrica 2), ambas pertencentes à freguesia da Zibreira. Atualmente emprega mais de 600 trabalhadores, distribuídos pelas duas fábricas.

A Renova é uma empresa/marca, onde o ambiente, a segurança, a qualidade e a inovação estão nas suas preocupações.

No que respeita à política ambiental, a Renova está bem posicionada em relação às suas congéneres a nível europeu. Em 1999, a Renova foi a primeira empresa do seu sector de atividade a obter a certificação Ambiental, de acordo com o referencial ISO14001, e em 2004, a certificação EMAS (Sistema de Eco gestão e Auditoria da União Europeia).

A segurança das operações e o “bem-estar” dos trabalhadores nos locais de trabalho, levou a Renova em 2004, a obter uma certificação de Segurança e Saúde no trabalho, segundo a norma OHSAS 18001. Também em 2004, a Renova recebe o certificado de Gestão da Qualidade, ISO 9001:2000, ISO 17025.

Em 2007, surgem para a Renova novos desafios que a levaram a obter mais duas certificações: uma para Segurança Alimentar, de acordo com o referencial BRC/IoP, e outra em Sistema de Investigação, Desenvolvimento e Inovação, de acordo com a NP 4457 (2007, relativo à Gestão da Investigação, Desenvolvimento e Inovação).

No contexto económico e social, a Renova é atualmente em Portugal líder de mercado em todos os produtos de papel *tissue*. Em Espanha é líder no segmento dos guardanapos e também está presente na França, Bélgica e Luxemburgo. A sua factoração em 2008 foi de 130 milhões de euros.

### 2.1. Processo produtivo

O processo produtivo na RENOVA encontra-se repartido por quatro divisões:

- Divisão de Reciclagem (DIRE), onde o papel velho é transformado em fibra nas condições de utilização;
- Divisão de Fabricação (DIFA), onde se processa a fabricação da folha de papel;
- Divisão de Transformação (DITA), onde o papel é transformado num conjunto diversificado de produtos de utilização doméstica, sanitária e industrial;
- Divisão de Produtos Sanitários (DISA), sector especializado na produção de proteções sanitárias femininas.

A Fábrica 1 possui uma parte da Divisão de Fabricação (uma máquina de papel *tissue* e duas de papel de impressão e escrita 100% reciclado, de papel *craft*). Nesta unidade encontra-se também a DISA. A Fábrica 2 integra a Divisão de Reciclagem, parte da Divisão de Fabricação (duas máquinas de produção de *tissue*) e a Divisão de Transformação. A figura 1 ilustra o processo produtivo da Renova.

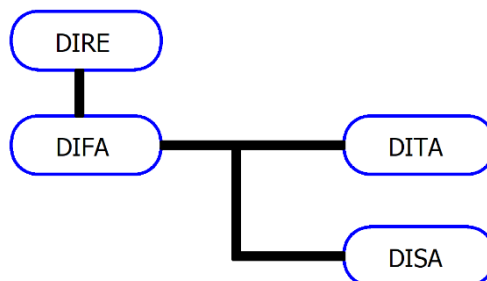


Figura 1 - Processo produtivo da Renova

### 2.1.1. Divisão da reciclagem - DIRE

O objetivo da DIRE é obter fibras recicladas de elevada qualidade, partindo de “papéis velhos” selecionados. A reciclagem consiste em retirar do “papel velho” toda a matéria não fibrosa – aditivos, cargas, tintas e outras contaminantes resultantes da utilização do papel. Esta matéria é eliminada por rejeição sequencial utilizando conjuntamente quatro processos distintos: hidrociclonagem, crivagem, lavagem e flutuação. Os referidos processos baseiam-se nas propriedades físico-químicas que diferenciam os contaminantes das fibras, como sejam a forma e tamanho, a densidade e a afinidade electroestática. São também realizadas duas etapas de branqueamento (oxidativo e redutor) que permitem aumentar e uniformizar a brancura da pasta reciclada.

### 2.1.2. Divisão da fabricação - DIFA

A Divisão de Fabricação da Fábrica 2 dispõe de duas máquinas de produção de papel *tissue*. O papel *tissue* é um papel de toque muito suave, flexível, de alto grau de maciez e absorção, propriedades conseguidas através de um processo de formação específico, que assenta basicamente na escolha criteriosa de componentes e na formação de micro ondulações paralelas e em direção transversal à linha de produção (crepe). As ondulações são formadas por ação de uma lâmina colocada estrategicamente de modo a retirar o papel do cilindro secador com o efeito desejado.

Este tipo de papel tem usos diversos, e embora predomine o uso doméstico e sanitário (lenços, guardanapos, toalhas e papel higiénico), podem também ser usados para embalagem e em filtros, dada a sua maciez e permeabilidade. A sua fabricação pode acontecer em qualquer das duas máquinas, podendo dividir-se em quatro etapas: preparação da pasta, formação da folha, secagem e formação do crepe.

Por preparação da pasta designa-se todo o conjunto de operações que antecedem a folha e que começam na desintegração da pasta seca e acabam na entrada da máquina. A etapa de formação da folha tem início na caixa de chegada da máquina, que deposita numa teia esgotante um jato de suspensão contínuo e de secção retangular, que ao longo do seu percurso vai

eliminando a água através de força centrífuga, vácuo, prensagem e secagem. A fabricação termina com a bobinagem simples, ou de várias folhas para bobinas de tamanho normalizado.

### **2.1.3. Divisão da transformação - DITA**

A atividade da Divisão de Transformação está atualmente dividida em três vetores convergentes, aqui designados por áreas de transformação: Dobras, Rolos Multiuso e Rolos de Papel Higiénico.

Todas as linhas desta Divisão recebem o papel em bobinas normalizadas, de acordo com o tipo de produto e de linha, fornecidas diretamente pela Divisão de Fabricação e, parte proveniente do armazém automático de papel. As linhas de produção são muito flexíveis, podendo produzir-se mais do que um produto final em cada uma, com apenas algumas alterações mecânicas de fluxo e/ou matéria-prima.

Genericamente, todas as máquinas produtivas desta divisão são compostas por uma bobinadora ou dobradora e uma embaladora. Se o produto produzido numa determinada linha for ensacado, esta ainda terá uma ensacadora e um robô antropomórfico como paletizador. Se o produto for encaixotado, a linha terá ainda uma encartonadora (coloca o produto dentro de caixas de cartão), sendo as caixas posteriormente encaminhadas, através de tapetes rolantes, até uma paletização central (Carracinha, 2009).



### 3. Estado da Arte

No presente capítulo, é feita uma contextualização dos temas abordados, apresentando os diversos conceitos e tecnologias citados neste relatório.

#### 3.1. Automatismo

O automatismo está tão intrínseco no nosso quotidiano que é difícil imaginar um mundo onde não existisse. Está presente nas coisas mais simplistas, de tal forma que por vezes nem nos damos conta, como o controlo da luz da escada, nas máquinas domésticas (lavar roupa, louça, etc.), sistema de rega, portão da garagem, entre outros.

Um sistema que possa ser considerado autónomo, capaz de realizar as suas tarefas automaticamente sem a intervenção humana, é um automatismo. A intervenção do operador é reduzida ao mínimo, na maioria dos sistemas, apenas são precisas configurações iniciais.

Um automatismo bem concebido é capaz de:

- Simplificar consideravelmente o trabalho do operador;
- Eliminar tarefas complexas, perigosas, pesadas, repetitivas ou indesejadas pelo operador;
- Eliminar a preocupação com tarefas que tenham de ser realizadas em certos espaços temporais.

Quando aplicado a nível industrial, um automatismo produz ainda mais vantagens, como:

- Facilitar nas diversas alterações nos processos de fabrico;
- Melhorar a qualidade dos produtos fabricados, mantendo a consistência das características entre os mesmos;
- Aumentar consideravelmente a produção;
- Economizar matéria prima e energia;
- Aumentar a segurança no trabalho;
- Gerir e proteger os sistemas controlados.

É possível dividir um automatismo em três blocos, entradas, saídas e lógica.

As entradas são todos os dispositivos que recebem informação, que o sistema a controlar precisa para tomar decisões. São estes sensores, botoneiras, comutadores, fins de curso, etc..

As saídas são todos os dispositivos atuadores e sinalizadores. Podem ser lâmpadas, sirenes, motores, válvulas, até um sinal que poderá ir dar início a um outro sistema autónomo.

Por último existe a lógica, é a interface que permite atuar as saídas em função dos dados recebidos nas entradas. É aqui que são definidos todos os parâmetros de funcionamento. Pode ser constituído por relés, temporizadores, contadores, lógica pneumática, módulos eletrónicos, eletrónica programada, entre outros (ver figura 2) (Sousa, 2005).

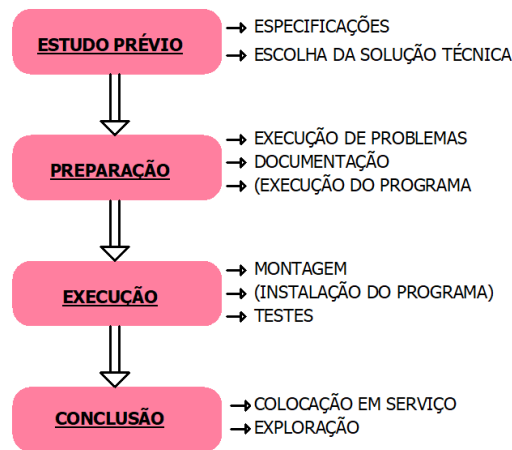


Figura 2 - Lógica de implementação de um sistema automatizado

### 3.2. Autômato

Um controlador lógico programável ou PLC é um tipo especial de computador, extremamente fiável e capaz de suportar ambientes que o ser humano não conseguiria. É um controlador que de uso geral utiliza dados extraídos das suas entradas ou de outro que a ele esteja conectado na rede, processa-os através da lógica nele programada previamente e envia uma ou mais saídas físicas com base nos resultados da lógica.

São amplamente usados em uma variedade de indústrias porque são rápidos, fáceis de operar e são considerados fáceis de programar. Podem ser programados de várias maneiras, desde a lógica ladder, que é baseada em relés eletromecânicos, até linguagens de programação especialmente adaptadas de BASIC e C, para citar alguns.

Por último existe a lógica, é a interface que permite atuar as saídas em função dos dados recebidos nas entradas. É aqui que são definidos todos os parâmetros de funcionamento. Pode ser constituído por relés, temporizadores, contadores, lógica pneumática, módulos eletrônicos, eletrônica programada, entre outros.

A maioria dos PLC usa uma das 5 linguagens de programação:

- Diagrama Ladder;
- Texto Estruturado;
- Diagrama de Bloco de Função;
- Lista de Instruções;
- Gráficos de Função Sequenciais.

Os PLC agem como interfaces físicas entre os dispositivos na fábrica e um sistema SCADA ou HMI. Comunicam, monitoram e controlam processos automatizados como linhas de montagem, funções de máquinas ou dispositivos robóticos. Os sistemas SCADA e HMI permitem que os usuários visualizem os dados e fornecem uma interface para que os usuários possam controlar ou apenas monitorizar o sistema.

As funções de um PLC são divididas em três categorias principais: entradas, saídas e CPU. Capturam dados monitorando as entradas às quais as máquinas e dispositivos estão conectados, os dados de entrada são então processados pela CPU, que aplica lógica aos dados, com base no estado de entrada. A CPU então executa a lógica do programa criado pelo usuário e envia dados ou comandos para as máquinas e dispositivos aos quais está conectada. Existem dois tipos principais de entradas, dados de dispositivos e máquinas e de dados fornecidos por humanos.

As entradas fornecidas por humanos incluem botões, interruptores, sensores de dispositivos como teclados, telas sensíveis ao toque, controles remotos ou leitores de cartão. As saídas são as ações físicas ou resultados visuais que se baseiam em uma lógica em resposta a essas entradas. As saídas físicas incluem dar partida a motores, acender uma luz, aumentar o aquecimento ou desligar uma bomba. As saídas visuais são enviadas para dispositivos como impressoras, projetores, GPS ou monitores.

Os PLC operam em ciclos. Primeiro, o detecta o estado de todos os dispositivos de entrada que estão conectados a ele. Aplica a lógica criada pelo usuário e, em seguida, executa-a com base nos estados de entrada. Depois envia comandos para qualquer dispositivo de saída a ele conectado, seja ligando-os ou desligando-os. Após concluir todas essas etapas, o PLC faz uma verificação de segurança, com os diagnósticos internos e os terminais de programação, para garantir que tudo esteja dentro das condições normais de operação. O PLC retoma ao ciclo cada vez que o processo é concluído (Automation, 2020).

A nível de comunicação entre dispositivos em rede, existem diversos protocolos, alguns dos mais comuns usados na área industrial são:

- Modbus RTU;
- EtherNet/IP;
- Ethernet TCP/IP;
- Modbus TCP/IP;
- Profinet.

Resumidamente podem automatizar máquinas, processos ou linhas de produção de fábricas inteiras. Executa o papel de mestre num sistema de controlo, lê as entradas, executa o seu programa e com base nele coloca sinais nas suas saídas que estão ligados a equipamentos localizados no campo, que pode ir desde luzes a um interruptor para acionar ou parar um motor.

### **3.2.1. Breve história**

Antes da invenção do microprocessador as máquinas eram controladas por relés físicos, interruptores, botões de pressão, entre outros, e os engenheiros desenhavam diagramas de ligações mostrando como os componentes seriam conectados. Devido à natureza desse método de controlo derivaram muitos problemas, a cablagem dos relés tornava-se cada vez mais complexa e cada alteração na máquina levava a uma reestruturação do quadro, o que levou a que a solução de problemas se tornasse extremamente difícil. Se existissem vários motores que precisassem ser controlados, eram usados relés para os ligar ou desligar, mais para decidir se

ele poderia ser ligado ou desligado e o número iria crescendo até encher armários inteiros de relés.

Devido à complexidade dos esquemas ou diagramas de ligações, geralmente não eram atualizados. Os quadros podem conter centenas de fios diferentes, têm de estar numa ordem específica para que tudo funcione, se um relé ficar fora de sítio, todo o sistema poderá falhar. Assim, se algo na lógica for alterado, as ligações precisam ser refeitas e o esquema poderá ficar incompatível com a realidade. A dificuldade da solução de problemas e o risco de uma única falha num determinado relé eram muitos, havia a necessidade de criar um método melhor (ver figura 3).



Figura 3 - Exemplo de quadro elétrico antes dos autómatos

### 3.2.2. Solução

Em 1968 surgiu a solução, o microprocessador acabava de ser inventado e estava a ser usado nos primeiros PLC. Apenas as entradas e saídas precisavam ser conectadas com este novo sistema, o processador ficava responsável pela lógica, pelo que novas alterações seriam feitas a nível da programação, não existindo normalmente necessidade de alterara cablagem.

Assim a solução de problemas ficou extremamente mais fácil, e à medida que os PLC foram evoluindo tornaram-se cada vez mais pequenos e mais aptos a lidar com operações mais complexas. O que resultou na substituição de relés, temporizadores e contadores, e até com operações mais complexas com recursos analógicos e funcionalidades PID (Control Systems & Automation, 2019).

### 3.3. HMI

A indústria está em constante crescimento, pelo que os sistemas de controlo das máquinas estão também em constante evolução e as tarefas de um operador variam com estas

mudanças. Uma excelente forma de contornar essa complexidade, está na utilização de HMI (ver figura 4) (COPADATA, 2020).



Figura 4 - HMI siemens <sup>1</sup>

Estes painéis têm a capacidade de comunicação com as máquinas, enviam e recebem informação, sendo possível mostrar na sua tela as informações da mesma. Para programar um HMI requer pessoal qualificado, mas é algo que pode ser feito vezes sem conta, mesmo que a máquina em que ele esteja inserido seja desmontada, o HMI pode ser totalmente reprogramado para outra aplicação.

Em ambientes industriais, um HMI pode ser usado para:

- Exibir dados visualmente;
- Monitorizar o tempo de produção, tendências e variáveis;
- Monitorizar as entradas e saídas da máquina;
- Controlar a máquina.

Podem ter várias formas, desde ecrãs integradas em máquinas a monitores de computador e tablets, mas independentemente do formato ou do termo usado, o seu objetivo é fornecer uma visão sobre o desempenho e o progresso mecânico.

As HMI comunicam com os PLC e sensores de entrada ou saída para obter e exibir informações para os usuários verem. Podem ser usadas para uma única função, como monitorização e controlo, ou para realizar operações mais sofisticadas, como desligar máquinas ou aumentar a velocidade de produção, dependendo de como são implementadas.

São também usadas para otimizar um processo industrial digitalizando e centralizando todos os dados num único local para um visualizador. Aproveitando isso, os operadores podem ver informações importantes exibidas em gráficos, tabelas ou painéis digitais, visualizar e gerir alarmes.

Antigamente, os operadores precisavam andar constantemente a observar e rever todo o progresso mecânico e registá-lo em num papel ou quadro branco. Ao permitir que os PLC comuniquem entre si, e enviem informações em tempo real diretamente para um display,

<sup>1</sup> <https://www.dmeletrico.com.br/nova-linha-simatic-hmi/>

eliminou-se a necessidade dessa prática desatualizada e, portanto, reduz muitos problemas dispendiosos causados por falta de informação ou erro humano.

Semelhante à forma como se interage com o sistema de ar condicionado para verificar e controlar a temperatura em casa, um operador da fábrica pode usar um HMI para verificar e controlar a temperatura de um tanque de água industrial, ou para ver se uma determinada bomba na instalação está em execução.

### 3.4. Ladder

Ladder foi a primeira linguagem de programação a aparecer para os PLC. O seu objetivo era o de imitar os diagramas elétricos, afim de agilizar a aceitação do produto no mercado.

O diagrama de contatos (Ladder) resume-se a um desenho com duas linhas horizontais que representam a alimentação do circuito, os polos positivos e negativo. Entre as linhas estão os ramais que possuem chaves, podem ser normalmente abertos ou fechados, e representam as entradas do PLC. Com este esquema é simples transformar em linguagem Ladder (ver figuras 5 e 6).

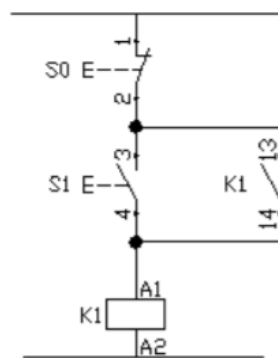


Figura 5 - Diagrama elétrico de uma partida direta



Figura 6 - Conversão do diagrama elétrico em Ladder

Na prática, S0 e S1 seriam botões e K1 o dispositivo a ser ligado, admitindo que seria um motor, a utilização de por exemplo um relé seria necessário, ou de um contator (ver figura 7) (Silva, 2007).

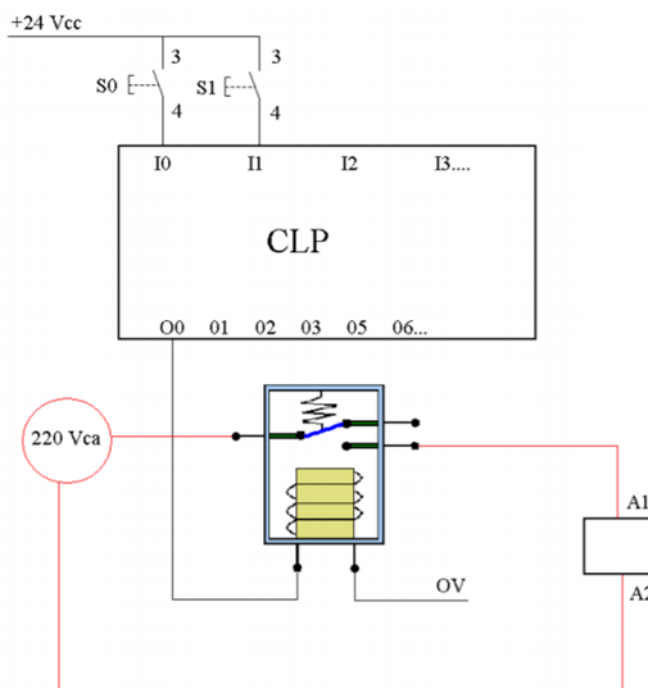


Figura 7 - Exemplo de ligação para acionamento um contator

### 3.5. Eplan

EPLAN *Electric* P8 é um programa utilizado em planeamento, documentação e gestão de projetos na indústria na área de automação. Com ele é possível produzir relatórios detalhados com base em diagramas elétricos, que servem para diversas fases do projeto como produção, montagem e serviço (ver figura 8).

Nele são criados esquemas de forma simplista e rápida, ao utilizar circuitos parciais (macros), que podem conter diversas variantes gráficas e diversos valores pré-definidos. As principais vantagens são:

- Planeamento gráfico e orientado ao dispositivo;
- Alocação automática e individual da *tag* do dispositivo e conexão de numeração;
- Criação automática de referências cruzadas entre pontos de interrupção, contatos, símbolos e componentes PLC. Conexão automática e conexão inteligente;
- Macros, conjunto de valores e a opção da tecnologia em todo o processo;
- Processamento automatizado com o uso de *scripts*;
- Navegação rápida e fácil com o “ir para” e função de pesquisa;
- Edição em massa de dados de projeto no Excel;
- Função desfazer e refazer;
- Procedimentos de verificação para sinalizar erros lógicos de planeamento;
- Informações rápidas e ajuda ao contextual;

- Gestão adaptável de *layers* para a exibição seletiva de dados no projeto;
- Navegadores para uma rápida localização de dados no projeto e um processamento direto;
- Endereçamento automático de componentes PLC (I/Os);
- Gestão de peças integradas com a configuração da sua estrutura e acesso SQL;
- Projeto, versão e gestão de direitos (EPLAN, 2020).

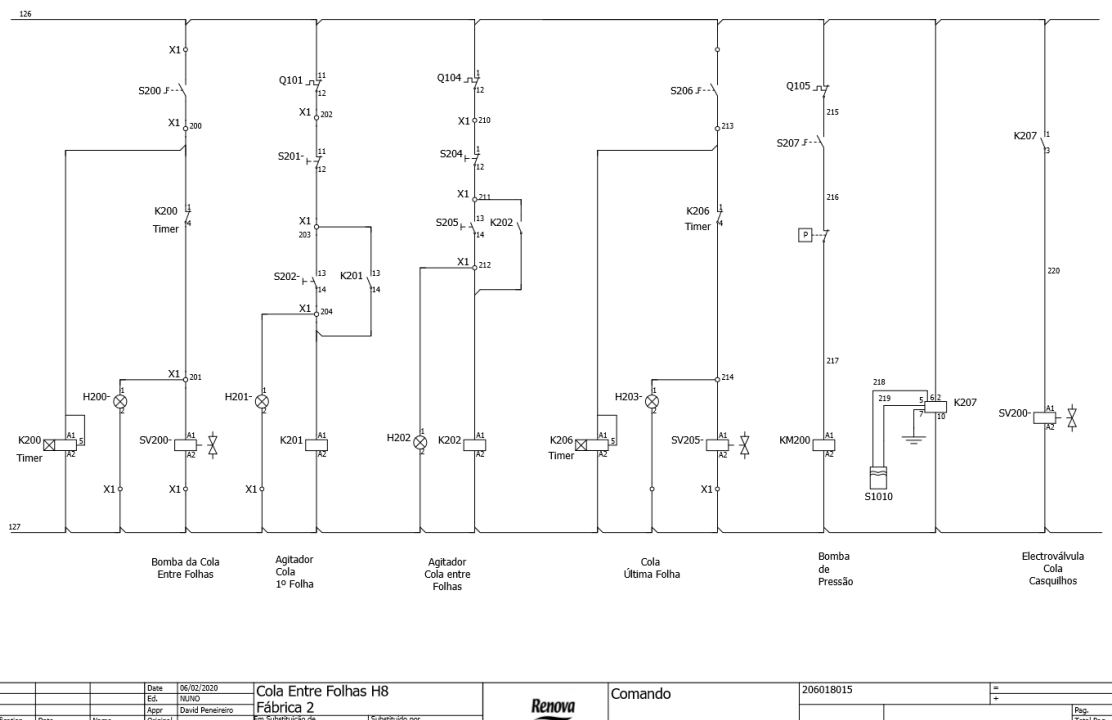


Figura 8 - Exemplo de um diagrama elétrico desenvolvido

## 4. Upgrade do Quadro Elétrico da Bobinadora da Linha R02

No presente capítulo é apresentado o primeiro projeto desenvolvido na fábrica da Renova. É primeiramente apresentado o projeto, vindo nos subcapítulos seguintes os detalhes técnicos, funcionamento do sistema e soluções.

### 4.1. Enquadramento

A fábrica da Renova está em constante melhoria, porém existem linhas antigas (uma linha é constituída por várias máquinas), uma particularmente mais que as outras, com mais de 30 anos, o seu contador assinala mais de 300 mil horas de atividade, mas mesmo assim continua a apresentar bons níveis de produção, pelo que é do interesse da empresa mantê-la em funcionamento. Esta linha produz rolos industriais que são comumente utilizados em hotéis, cafés, restaurantes, entre outros.

É, portanto, necessário identificar o funcionamento do quadro da primeira máquina desta linha que utiliza ainda lógica de relés, removê-los e colocar um autómato.

A bobinadora, máquina assinalada a azul na figura 9, local onde se coloca as bobines de papel a desenrolar para casquilhos que serão posteriormente cortados, consoante o produto que se queira produzir, é onde será realizada esta alteração (ver figura 9).

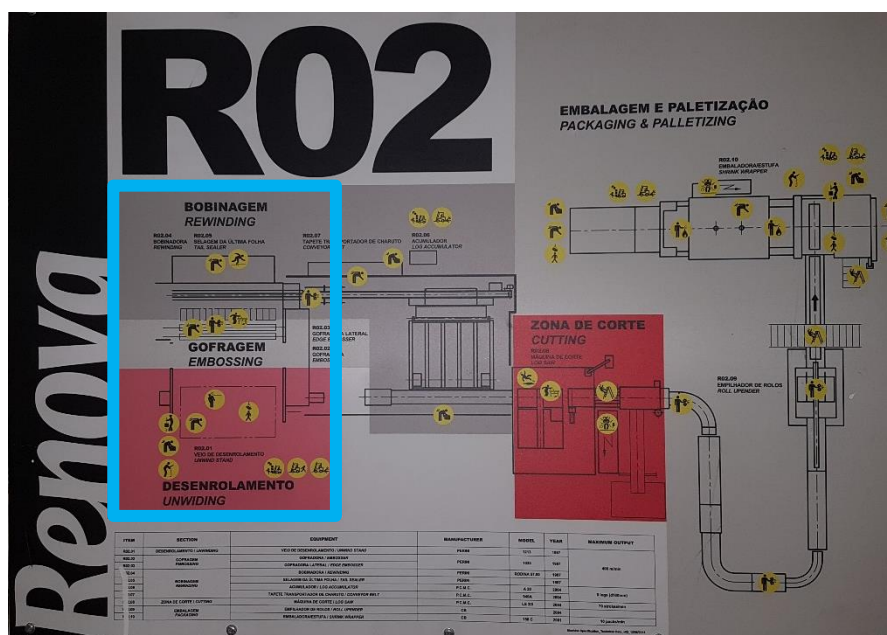


Figura 9 - Planta da linha onde foi realizado o *upgrade* [doc. interna]

A máquina pode ser dividida em três partes, desenrolamento gofragem e bobinagem. No desenrolamento é onde são colocadas com pontes elevatórias as bobines de papel, que podem ir de três a quatro toneladas e tal como o nome indica, é onde são desenroladas para o resto da máquina.

A gofragem é constituída por uma série de rolos, uns que esticam o papel e outros com lâminas e vácuo que fazem o picotado sempre com o mesmo espaçamento para criar as folhas como as conhecemos.

A bobinagem é a última fase da máquina onde o papel é enrolado nos casquilhos.

As primeiras duas partes envolvem apenas ajustes mecânicos, existe apenas um motor principal que faz desenrolar a bobine e rodar os rolos na gofragem, que têm de estar corretamente posicionados e ajustados para que o papel não se parta e o picotado estar correto, pelo que não requer muita atenção ao detalhe na parte elétrica, são apenas enviados sinais de que o papel está presente (se partir a máquina para, ou não arranca).

Por outro lado, na bobinagem é necessário conhecer o processo pois já existe uma série de passos que têm de ser executados de forma sequencial (ver figura 10).

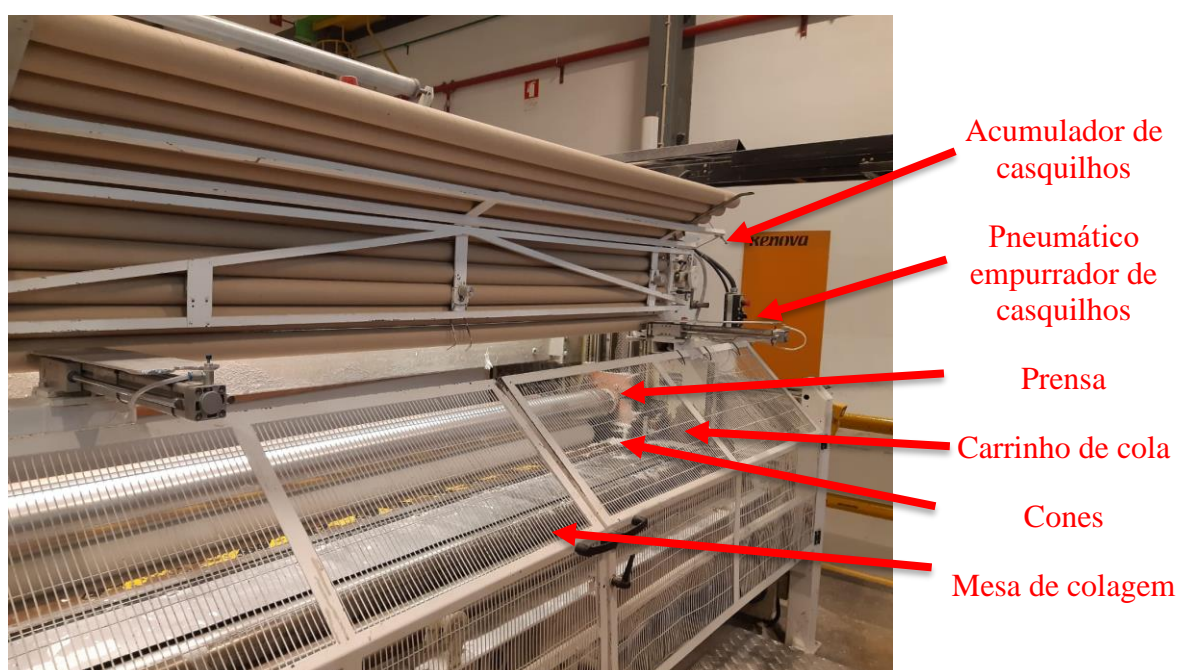


Figura 10 - Bobinagem da linha R02

Para estar pronta e ser colocada em automático são indispensáveis as seguintes condições:

- Todos os resguardos têm de estar fechados;
- As fotocélulas de presença de papel estejam todas ativas;
- A fotocélula que deteta casquilho em baixo tem de estar ativa;
- Os cones que seguram o casquilho de lado estejam em baixo;
- A prensa que assenta em cima do casquilho e faz enrolar o papel esteja em baixo;
- O carrinho que corta o papel e transporta a cola encontre-se do lado direito;
- O acumulador onde são posicionados casquilhos pelo operador não pode estar vazio.

As operações até este ponto são feitas em modo manual, podendo então ser colocada em automático e está pronta a produzir. Para de ser posta em andamento, segue-se os seguintes passos:

1. Pressionar o botão de arranque da máquina durante três segundos (irá soar uma buzina a avisar os operadores de que irá entrar em funcionamento).
2. Enrola o casquilho em baixo até ao número de folhas definido e o motor principal para;
3. A prensa sobe e os cones abrem e sobem também;
4. A pequena bobine de papel é empurrada para a mesa de colagem;
5. É colocado um novo casquilho nos cones, que fecham e descem com ele até assentar no papel;
6. O carrinho é acionado e corta o papel colocando cola nos dois lados, num para colar ao novo casquilho e no outro para fechar a bobine na mesa de colagem;
7. A mesa de colagem finaliza a pequena bobine ao enrolar o restante de papel com a última folha que trás a cola (isto é feito por dois rolos que rodam durante um ou dois segundos);
8. A prensa desce e assenta no novo casquilho.
9. A que está na mesa de colagem é então empurrada para fora da bobinagem para a serra onde serão feitos os rolos de produto final;
10. Começa a ser enrolada uma nova bobine pequena e o empurrador volta ao lugar, iniciando um novo ciclo.

Na figura 11 é possível ver a fase em que a pequena bobine já foi empurrada para a mesa de colagem e o novo casquilho já está assente no papel.



Figura 11 - Fase final da bobinagem

## 4.2. Problema

A lógica de relés é constituída por um sistema de incontáveis fios condutores, que interligam seletores, botões, temporizadores, relés, contadores e motores. Antigamente era muito utilizada esta lógica para automatizar processos, mas a quantidade e complexidade de fios nos quadros para realizar as tarefas mais simples, levou a que fossem procuradas alternativas.

Alguns dos problemas com este sistema:

- O enorme espaço ocupado;
- Instalação muito trabalhosa;
- Muito complicado encontrar problemas;
- As modificações no funcionamento são complexas e demoradas.

Tantos anos de atividade levam a que existam paragens mais frequentes por anomalias no sistema, desde fios danificados, maus contatos, material danificado, entre outros. A somar a isto, os técnicos de manutenção têm alguma dificuldade a encontrar os problemas neste quadro, uma vez que o esquema é bastante antigo, houve alterações na máquina que levaram à colocação de novos relés, outras passaram pela remoção de motores e contadores e apesar de terem sido feitos esquemas, foram feitos à mão e enxertados no da máquina, e o que removeram simplesmente rasouram. Além disso, existe ainda alguns casos de falta de identificação da cablagem (ver figura 12).



Figura 12 - Secção do quadro elétrico a remodelar

Existem botões e seletores para o operador manobrar a máquina, além de fotocélulas, micros de segurança, tudo ligado a relés e temporizadores que por sua vez acionam os contadores que alimentam os motores (ver figura 13).

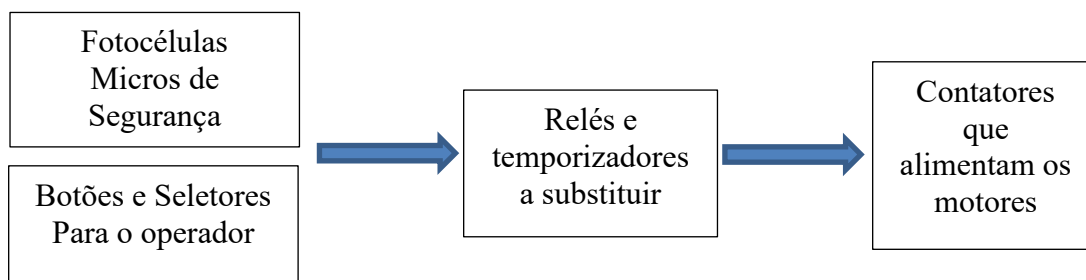


Figura 13 - Fluxograma do funcionamento da máquina

A Linha R02 foi instalada com material que no presente se encontra com algum desgaste, e tem vindo a criar bastantes perdas de horas no ciclo produtivo da linha. Têm existido inúmeras paragens derivadas de maus contactos e maus funcionamento de relés. Adjacente a este problema, soma-se o facto de o “*troubleshooting*” de avarias ser moroso, uma vez que numa situação em que se tenha uma malha de contactos complexa, não é de todo expedito a identificação do contacto onde existe a anomalia. Por outro lado, caso seja necessário fazer uma alteração na máquina, é necessário proceder a intervenções físicas de contexto elétrico, obrigando a paragens de máquina.

No contexto deste projeto, denominado “*Upgrade Elétrico do Quadro da Bobinadora da Linha R02*”, foram instalados diversos equipamentos elétricos, que permitiram resolver os problemas descritos nos Estado da Arte, e prolongar a utilização e rentabilidade da Linha R02 durante os anos vindouros.

### 4.3. Material no quadro

#### 4.3.1. Relés

Existem diferentes marcas de relés, mas apenas uma diferença entre elas é realmente importante, se são de apenas um estado ou de dois. Os de um estado alteram de posição quando é alimentada a bobine e retorna à posição inicial depois de cortada a energia. Os de dois estados ou como são designados “*Set-Reset*”, mantêm a posição mesmo depois de retirada a alimentação, se aplicada tensão nos contactos 2 e 10, ele fica num estado, se aplicada nos contatos 1 e 11, ele comuta para o outro. São comumente utilizados em circuitos que necessitam de memória ou sinalização.

Na figura 14 estão dois dos relés que podiam ser encontrados na máquina e na tabela 1 as respetivas especificações técnicas.



Figura 14 - Relés Finder e Schrack, 1 estado de funcionamento

Tabela 1 - Resumo das características do relé 60.13.8.230.0040 <sup>2</sup>

Especificações do relé 60.13.8.230.0040	
<b>Tipo</b>	Eletromagnético
<b>Tensão nominal da bobina</b>	230V AC
<b>Capacidade dos contatos AC</b>	10A/250 AC
<b>Capacidade de carga dos contatos DC</b>	10A/30C DC
<b>Corrente máxima dos contatos</b>	10A
<b>Versão do relé</b>	Industrial
<b>Montagem</b>	Base
<b>Número de Pinos</b>	11
<b>Corrente da bobina</b>	10.5mA

Na figura 15 está disposto um dos relés de dois estados supramencionados e na tabela 2 algumas das suas especificações técnicas.



Figura 15 - Relé Omron de 2 estados

<sup>2</sup> <https://www.tme.eu/pt/details/60.13.8.230.004/relés-eletromagnético-industrial/finder/60-13-8-230-0040/>  
<https://pt.farnell.com/schrack-te-connectivity/mt326230/relay-3pdt-230vac-10a/dp/1175031>

Tabela 2 - Resumo das características do relé MK2KP<sup>3</sup>

Especificações do relé MK2KP	
<b>Tipo</b>	Eletromagnético
<b>Tensão nominal da bobina</b>	6 a 220V AC
<b>Capacidade dos contatos AC</b>	5A/220 AC
<b>Corrente máxima dos contatos</b>	5A
<b>Versão do relé</b>	Industrial
<b>Montagem</b>	Base
<b>Número de Pinos</b>	11
<b>Número de operações mecânicas</b>	500.000

### 4.3.2. Relés temporizados

Existem apenas dois modos utilizados nos temporizadores, com atraso à operação e com atraso à desoperação. O primeiro mantém a saída aberta até haver um sinal de entrada que cumpra o tempo estabelecido, se forem 10 segundos, por exemplo, sinais de entrada inferiores a esse tempo serão ignorados. A saída permanecerá feita até deixar de existir um sinal de entrada (ver figura 16).

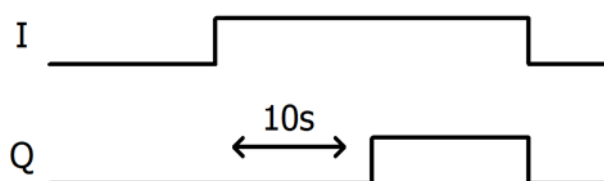


Figura 16 - Modo de funcionamento de um temporizador com atraso à operação

O segundo modo utilizado é o contrário do anterior. Ao aplicar um sinal de entrada, o relé muda de estado, quando esse sinal desaparece, é inicializado o temporizador durante o tempo estipulado. Ao terminar esse tempo o relé volta ao seu estado inicial, de notar que se for aplicada a entrada antes do relé abrir, o temporizador é reinicializado (ver figura 17).

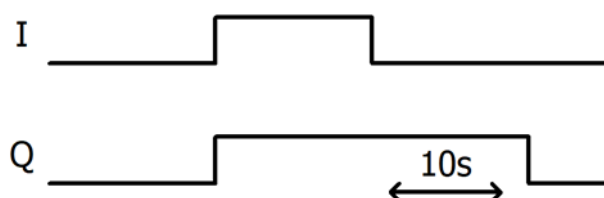


Figura 17 - Modo de funcionamento de um temporizador com atraso à desoperação

<sup>3</sup> [http://www.farnell.com/datasheets/2158298.pdf?\\_ga=2.68524497.1534871601.1589975390-700469386.1588690705&\\_gac=1.61200734.1588690705.Cj0KCCQjwncT1BRDhARIsAOQF9LnuCd6ilI9rwQ\\_fRI9fjDEFB\\_DkCZDYGGbnnLI8IwZPTa3nknjh7AaAtuxEALw\\_wcB](http://www.farnell.com/datasheets/2158298.pdf?_ga=2.68524497.1534871601.1589975390-700469386.1588690705&_gac=1.61200734.1588690705.Cj0KCCQjwncT1BRDhARIsAOQF9LnuCd6ilI9rwQ_fRI9fjDEFB_DkCZDYGGbnnLI8IwZPTa3nknjh7AaAtuxEALw_wcB)

A amplitude de tempo de funcionamento foi muito importante, uma vez que todos eles usam um regulador de 0 a 10 para dividir esse tempo. Ou seja, se o temporizador estiver definido de 0 a 60 s, o regulador anda de 6 em 6 s, mas se tiver de 0 a 60 min, vai andar 1 h.

#### 4.3.2.1. Relé com atraso à operação

A figura 18 permite ver os relés que estavam instalados no quadro com este modo de funcionamento.



Figura 18 - Relés temporizados MTCV, Omron H3BA e Carlo Gavazzi PAA01 <sup>4</sup>

Tensão de funcionamento comum a todos eles, 24 a 240V DC/AC.

O tempo de comutação é ajustável de forma diferente entre eles, e têm tempos que variam de:

- 0.6 seg. – 60 min;
- Tempo 0.1 seg. – 100 h;
- Tempo 0.05 seg. – 300 h.

Na figura 19 é possível observar como é feita a comutação dos relés da Carlo Gavazzi.

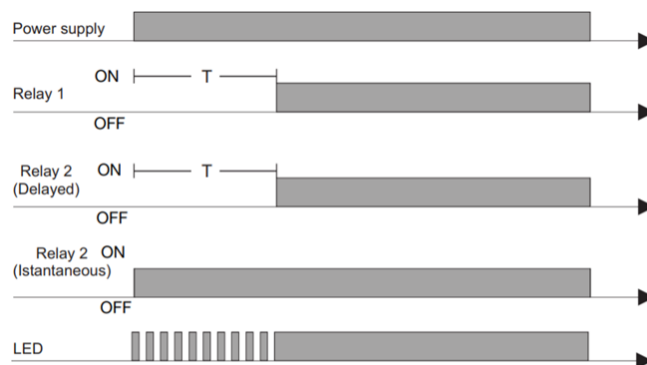


Figura 19 - Modos de funcionamento dos temporizadores com atraso à operação <sup>5</sup>

<sup>4</sup> <https://rexel-cdn.com/Products/8038851F-7105-4264-9ED2-C8C66F8A16CE/8038851F-7105-4264-9ED2-C8C66F8A16CE.pdf>

<sup>5</sup> <https://docs.rs-online.com/79a1/0900766b813e17c0.pdf>

Outra diferença era o facto de alguns terem “*trigger*”, a malha que ia ligar a estes pontos 2 e 6, passou a ser uma variável que liga o temporizador no PLC (ver figura 20).

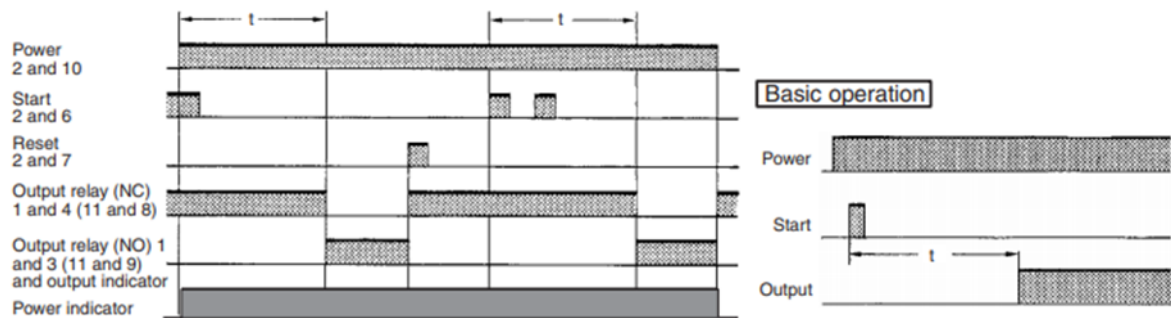


Figura 20 - Modos de funcionamento dos temporizadores iguais, mas com trigger<sup>6</sup>

#### 4.3.2.2. Relé com atraso à desoperação

Na figura 21 é apresentado um relé com atraso à desoperação.



Figura 21 - Temporizador Carlo Gavazzi PBB01DM24

Tensão de funcionamento de 24 a 240V DC/AC.

Tempo de comutação de 0,1 segundos a 10 horas (ver figura 22).

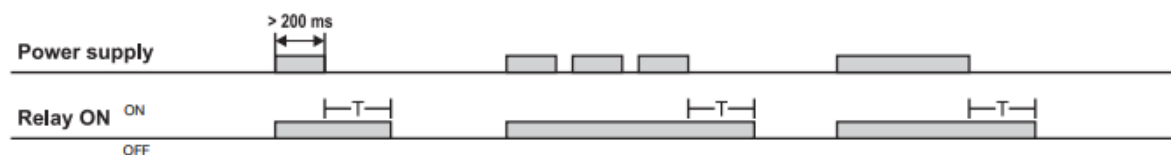


Figura 22 - Modo de funcionamento do temporizador com atraso à desoperação<sup>7</sup>

<sup>6</sup> <https://pt.mouser.com/datasheet/2/307/H3BA-N-220043.pdf>

<sup>7</sup> <https://www.onlinecomponents.com/datasheet/pbb01cm24-11057186/>

#### 4.4. Solução

A ideia passou por substituir os relés por um autômato, eliminando hardware que é muito mais suscetível a problemas que software. Para tal foi preciso uma análise cuidada ao esquema, fazer uma verificação da sua consistência e criar um novo com o programa EPLAN, algo que mesmo não avançando com a troca do quadro será bastante útil para os electricistas em avarias futuras.

A máquina é difícil de parar por uma questão de gestão da empresa e para uma mudança destas seria necessário parar cerca de duas semanas, no mínimo, pelo que também este projeto necessitou ser feito de forma faseada, ou seja, foram trocadas duas linhas de relés sempre que foi possível parar a máquina por alguns dias.

Para averiguar a consistência do esquema foi feito um levantamento de todos relés e temporizadores no quadro e assentes os números de todos os fios a eles conectados, a título de comparação com o esquema e confirmar que os contatos normalmente abertos ou fechados batiam certo e até como segurança de que todos estavam assinalados para não correr o risco de ao desmantelar o quadro e ficarem fios sem destino (ver figura 23).

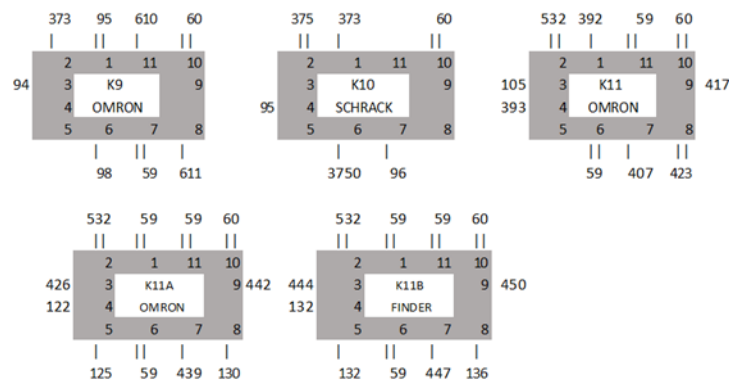


Figura 23 - Levantamento dos fios ligados a cada um dos pinos de cada relé

Infelizmente será necessário continuar a haver relés de interface, uma vez que praticamente todas as componentes elétricas existentes que ligam ao autômato ou que recebem uma saída deste, funcionam a 230V. Após a colocação do autômato pode ser feita uma troca gradual destes componentes.

Além disso, após alguma deliberação, foi decidido colocar também um painel HMI, afim de automatizar o quadro por completo.

Por fim, foi removida a fonte de 24V e de 2A por uma de 5A, uma vez que a que estava colocada não seria suficiente para alimentar todo o sistema. Desde o PLC, HMI, bobines de relés e contadores que permaneceram e todos os sensores e fotocélulas.

## 4.5. Implementação

### 4.5.1. Primeira Abordagem

Após paragem da máquina foi realizada a primeira alteração, com tudo previamente planeado, com todo o material que iria ser necessário, desde fio, ponteiras, relés de interface, calhas, PLC, esquema atual e futuro, etc.

Passou pela remoção dos relés e contator na imagem que se segue. Por forma a descongestionar o local, foram de imediato removidos todos os fios que fossem diretamente ao transformador de 230V, tanto a fase como o neutro. Este passo foi muito importante visto que alguns destes fios não tinham numeração, mas como estavam interligados foram de fácil remoção. Caso tivessem sido deixados para o final, poderiam soltar-se e não saberíamos se teriam alguma importância ou não (ver figura 24).

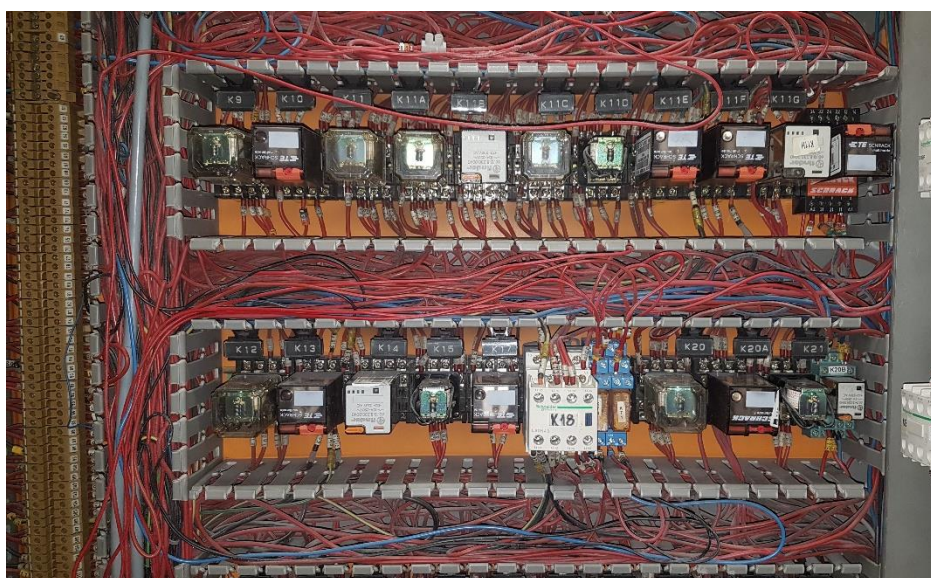


Figura 24 - Primeiras filas removidas

O estudo prévio das numerações de todos os fios, possibilitou a que não houvesse contradições de o que estava no terreno com o que estava no papel, pelo que o principal cuidado foi o de assegurar que as ligações entre o material que ficou e o que foi removido, não interrompia nenhuma malha. Por exemplo, se tiver uma malha com quatro contatos e os dois do meio são removidos, o primeiro é necessário conectar ao último, que por sua vez será uma entrada no PLC.

O primeiro passo foi colocar suportes para o PLC e para os relés de interface para que seguindo o esquema, os fios que fossem às entradas ou saídas do PLC, fossem ligados de imediato (ver figura 25).

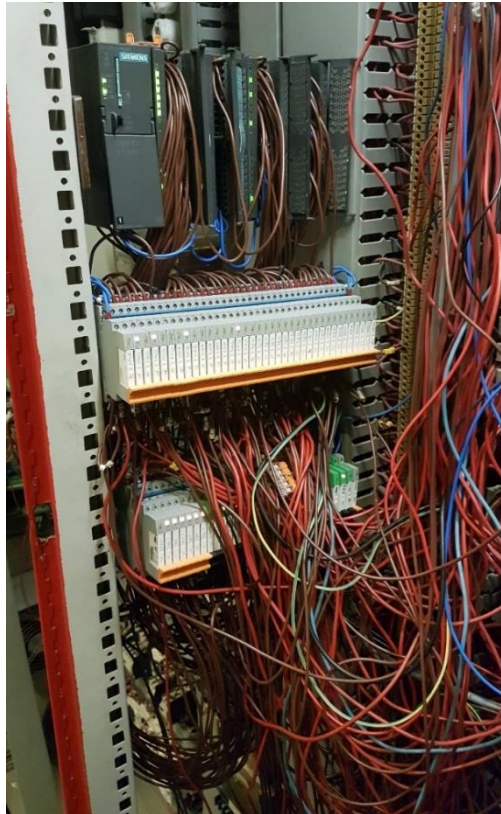


Figura 25 - Transição do PLC para o local definitivo

Depois de ligados e colocada a identificação na cablagem, foram verificadas todas as entradas e saídas no PLC para garantir que estava tudo de acordo com o programa, e que não havia ligações entre fontes diferentes, os fios provenientes do acionamento são de 24V, existe uma componente a 12V e o restante quadro está a 230V.

Por último foi colocada uma fonte de 24V e 5A, para alimentar o novo sistema.

#### 4.5.1.1. Exemplo

O esquema é constituído por 26 páginas, sem contar com as de descrição de componentes, e todas as malhas devem ser analisadas.

Tal como referido foi feito um segundo esquema com o local onde se iriam colocar as alterações e como deveriam estar interligadas. Na figura abaixo estão excertos da mesma malha, no lado esquerdo a original, no lado direito o que deve ser efetuado.

Os relés a serem removidos nesta primeira fase e que estão do lado esquerdo da figura são os “K21”, “K11F” e “K17”, se o primeiro estiver feito no PLC, a saída “Q11.2” é feita, por conseguinte, se a entrada “I2.2” for alimentada e as agora variáveis do PLC “K11F” e “K17” também estiverem, a saída “Q9.0” é energizada. É assim que se consegue a interligação temporária entre o autómato e os relés que vão permanecendo no quadro (ver figura 26).

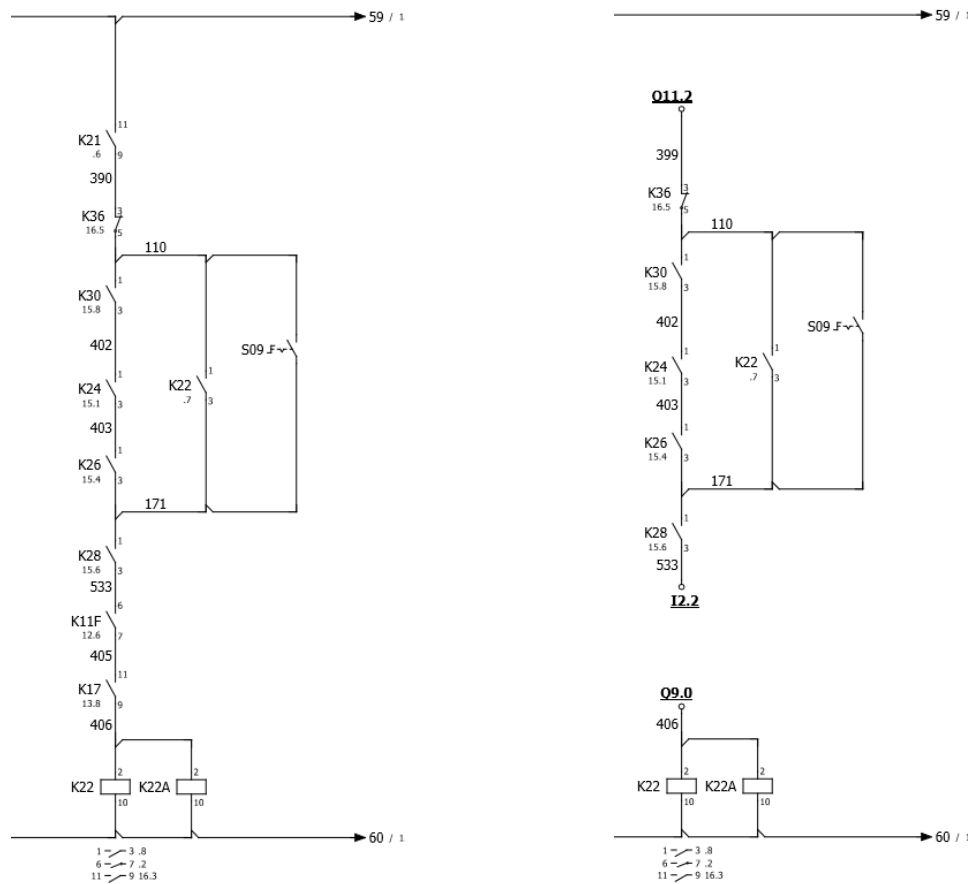


Figura 26 - Como integrar o PLC no esquema elétrico

A nível de programação neste caso específico é até bastante simples. As saídas “Q11.2” e Q9.0”, são identificadas com o fio que deverão energizar, os relés removidos que passam a memórias mantém a mesma identificação (Lewis, 1998) (ver figura 27).

**Network 23:**

PAG 14



**Network 24:**

PAG 14

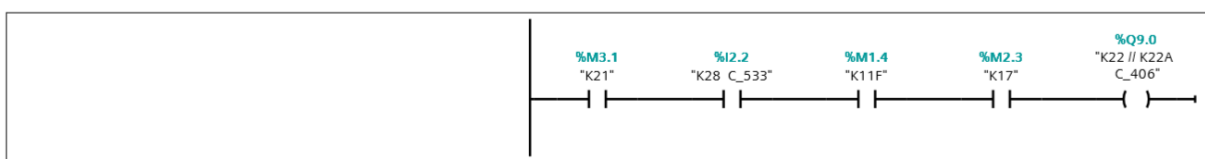


Figura 27 - Conversão dos contatos físicos para software

### Ligações

Todos os relés de interface usam a mesma base, sejam de 24V ou de 230V. Se forem utilizados para entradas no PLC, a bobine é de 230V e é alimentada pela malha que é interrompida no quadro no pino A1 e no A2 é ligado o neutro da mesma fonte. As entradas do automático são ligadas aos contatos 11 e 14 (normalmente aberto), quando a bobine atraca, este contato fecha e a entrada fica feita.

Para as saídas são usados os de 24V, sendo que nestes é o PLC que alimenta a bobine, enquanto que no contato 11 estará a alimentação a 230V do quadro e no 14 a continuação da malha (Petruzella, 2013).

Assim sendo, é possível colocar uma barra de “shunt” nos pinos A1 entre todos os de 24V, outra para os de 230V no A2, e de igual forma nos pinos 11, ou seja, quatro barras (ver figura 28).

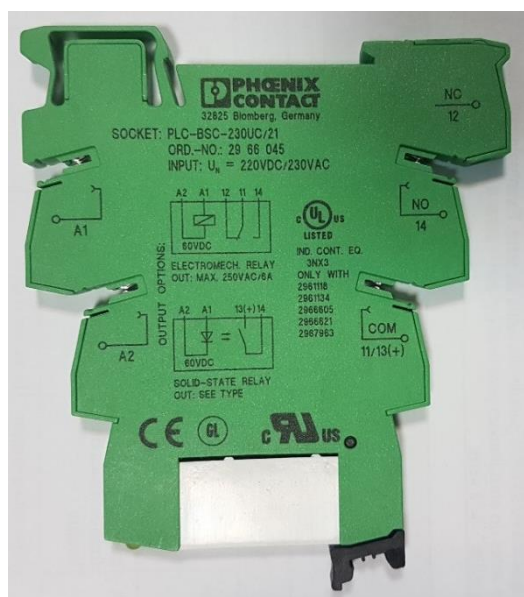


Figura 28 - Relé Phoenix Contact

## 4.6. Segunda Abordagem

O primeiro passo foi programar para sabermos quantas entradas e saídas iríamos precisar. Depois tal como dito anteriormente, os passos são semelhantes a cada alteração, e assim sendo, foi realizado um novo esquema contemplando estas novas alterações.

Na figura seguinte é possível observar as duas próximas linhas a serem removidas e substituídas pelo PLC (ver figura 29).

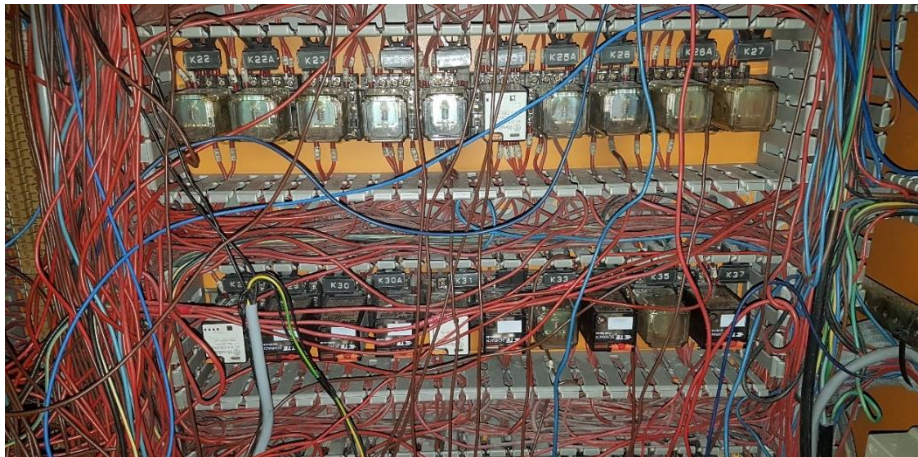


Figura 29 - Terceira e quarta linha de relés a remover

A permanência do PLC na lateral do quadro deixou de ser viável, não só pelo facto de que o número de relés de interface era superior ao que as atuais estruturas suportavam, mas porque depois de retirados mais de 40 relés, era possível fixar toda a estrutura na parte frontal do quadro (ver figura 30).

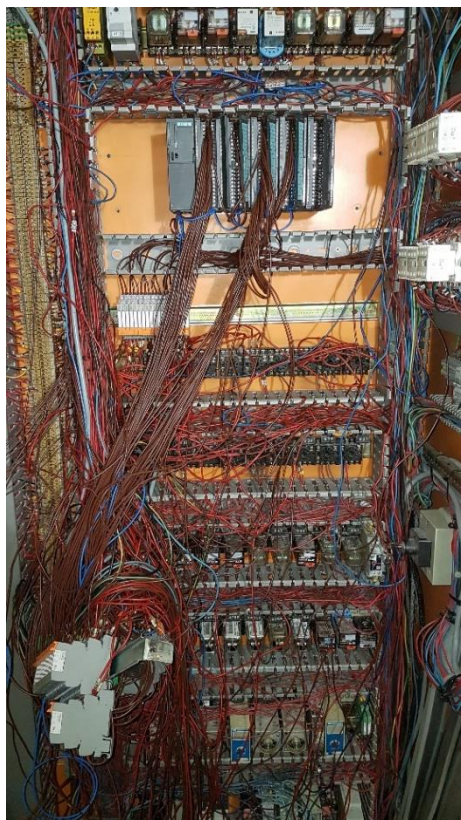


Figura 30 - Transição dos relés de interface para o seu local definitivo

As ligações foram feitas de forma sequencial com o esquema, existem fios provenientes da porta, outros dos contadores do lado esquerdo do quadro, etc., pelo que a única forma possível de arrumar tudo foi voltar a ligar fio a fio, desenrolar e colocar a no local de destino.

A pressão colocada em alguns fios, como se pode observar na imagem 30, levou a que algumas ligações fossem interrompidas, felizmente o trabalho anterior de numeração facilitou na resolução desses problemas (ver figura 31).



Figura 31 - Fase com 4 linhas de relés removidas

Depois de concluída a alteração, inicializámos os testes e surgiram alguns erros. O operador era capaz de manualmente colocar toda a máquina em funcionamento, mas quando a colocava em automático, todos os processos pareciam algo baralhados, desde coisas que deveriam andar e não andavam, a outras que deveriam estar paradas e não o estavam.

Com alguma ponderação acerca do porque desta situação, apercebemo-nos que o problema apenas poderia estar nos sensores indutivos, que indicam a cada momento a presença das diferentes partes da máquina, isto porque são a única componente que diverge entre o modo automático e manual, assim, se eles não estivessem a passar a informação correta, nada funcionaria.

Ao avançar com esta teoria percebemos que o problema estava nos relés de interface, como os sensores são indutivos, quando o contacto abre, continua a existir alguma corrente gerada pela bobine, o que mantém o relé atracado, esta situação levava a que mesmo quando os sensores indutivos não estivessem a detetar nada, a entrada no PLC permanecia feita.

A corrente nos sensores é de cerca de 10 mA e são alimentados a 230 V, assim sendo podemos tentar calcular a resistência que é precisa para dissipar essa corrente.

$$R = \frac{U}{I} = \frac{230}{0,01} = 23000 \Omega = 23 \text{ k}\Omega$$

$$P = U * I = 230 * 0.01 = 2,3W$$

A solução encontrada para resolver de forma temporária este problema foi a de colocar resistências de 22k $\Omega$  e 5W, entre os pinos A1 e A2. Possuem maior potência do que a calculada o que é uma garantia que dissipam bem o calor sem se danificar uma vez que estão todas juntas. É uma solução temporária uma vez que depois de concluído o projeto, tudo estará a ir diretamente ao PLC (ver figura 32).

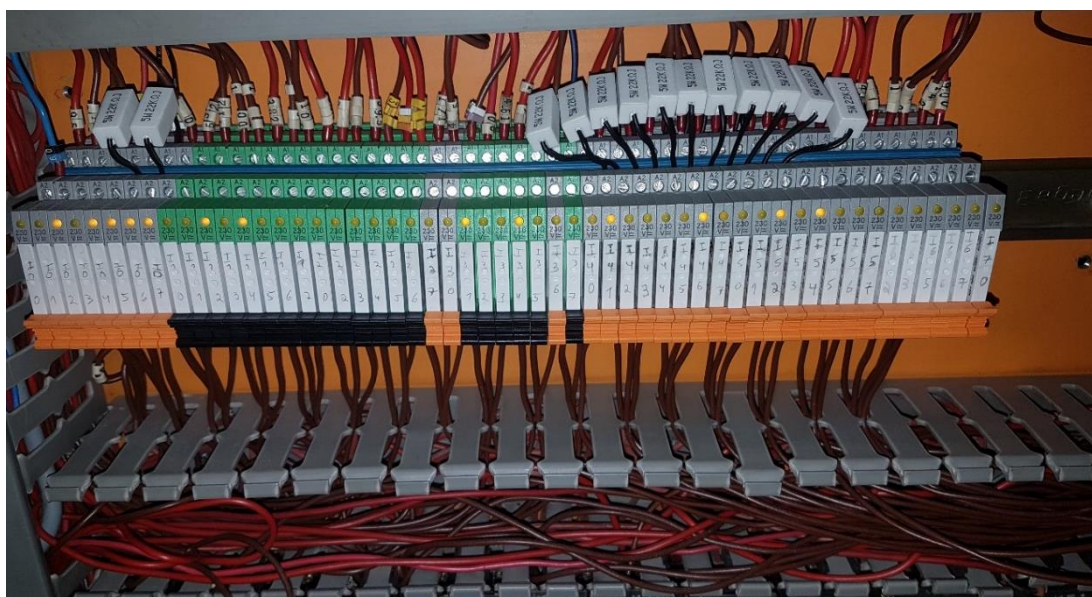


Figura 32 - Solução para o problema da corrente proveniente dos sensores indutivos

Depois de colocadas as resistências, tudo funcionou como era suposto.

#### 4.6.1. Terceira abordagem

Esta fase implicou menos alterações no quadro, mais no terreno. De modo a eliminar alguns relés de interface, especialmente os que estão alimentados pelos sensores indutivos, foi substituída a alimentação de todos os sensores e fotocélulas de 230V para uma tensão de 24V, que pode assim ir diretamente ao PLC.

Tal como anteriormente citado, existem diversos sensores indutivos na máquina, e todos estão ligados à bobine de um relé no quadro (com resistências em paralelo, para dissipar a corrente).

O primeiro passo foi o levantamento das referências de todas estas componentes afim de verificar se poderiam ser alimentadas a 24V ou se seria necessária também a sua substituição.

#### 4.6.1.1. Sensores indutivos



Figura 33 - Sensores indutivos <sup>8 9 10</sup>

Existem diversos sensores indutivos na máquina, como os que se podem ver na figura 33.

Características em comum a todos os sensores:

- Ampla faixa de tensão operacional.
- Funcionam como um simples contato, se detetar aço, latão, alumínio ou cobre, fecha esse contato.
- Possuem unicamente um contato normalmente aberto, e têm um alcance de 5 a 8 mm.
- Tecnologia de dois fios.

O problema esteve na tensão de funcionamento, alguns apenas suportavam AC e tiveram de ser substituídos.

Foi necessário criar uma lista para diferenciar os que suportam saídas AC/DC ou apenas AC ou DC unicamente. Assinalados a azul claro estão os sensores que já estão a 24V e não foram alterados, a branco os que suportam as duas tensões e foi apenas necessário substituir a alimentação, e por fim estão a vermelho os que necessitaram mesmo de ser substituídos (ver figura 34).

---

<sup>8</sup> <https://www.ifm.com/pt/pt/product/IG0006>

<sup>9</sup> <https://www.infinity-electronic.hk/datasheet/3d-E2E-X1R5E1.pdf>

<sup>10</sup> <https://www.se.com/ww/en/product/XS4P18MA230/inductive-sensor-xs4-m18---l62mm---pps---sn8mm---24..240vac-dc---cable-2m/>

	REFERÊNCIA	VOLTS	LINK
B01	IG-2008-ABOA	DC 2-wire, 10...300 VDC	<a href="https://www.ifm.com/pt/p">https://www.ifm.com/pt/p</a>
B02	IG-2008-ABOA	DC 2-wire, 10...300 VDC	<a href="https://www.ifm.com/pt/p">https://www.ifm.com/pt/p</a>
B03	BI5-S18-AZ3X	DC 2-wire, 10...300 VDC	<a href="http://pdb2.turck.de/za/Df">http://pdb2.turck.de/za/Df</a>
B04	BI5-S18-AZ3X/S97	DC 2-wire, 10...300 VDC	<a href="http://pdb2.turck.de/en/Df">http://pdb2.turck.de/en/Df</a>
B05	E2E-X5Y1-G	24-240VAC	<a href="https://www.infinity-elect">https://www.infinity-elect</a>
B06	E2E-X5Y1-G	24-240VAC	<a href="https://www.infinity-elect">https://www.infinity-elect</a>
B07	XS4P18MA230	24...240 V AC/DC	<a href="https://www.se.com/ww/e">https://www.se.com/ww/e</a>
B08	XS4P18MA230	24...240 V AC/DC	<a href="https://www.se.com/ww/e">https://www.se.com/ww/e</a>
B09	IG-2008-ABOA	DC 2-wire, 10...300 VDC	<a href="https://www.ifm.com/pt/p">https://www.ifm.com/pt/p</a>
B10	IG-2008-ABOA	DC 2-wire, 10...300 VDC	<a href="https://www.ifm.com/pt/p">https://www.ifm.com/pt/p</a>
B11	E2E-X5Y1-G	24-240VAC	<a href="https://www.infinity-elect">https://www.infinity-elect</a>
B12	MANTER	12V	
B13	MANTER	12V	
B17	D-Z73	24V	<a href="https://www.smc.eu/smc/">https://www.smc.eu/smc/</a>
B18	D-Z73	24V	<a href="https://www.smc.eu/smc/">https://www.smc.eu/smc/</a>
B19	D-Z73	24V	<a href="https://www.smc.eu/smc/">https://www.smc.eu/smc/</a>
B20	D-Z73	24V	<a href="https://www.smc.eu/smc/">https://www.smc.eu/smc/</a>

Figura 34 - Lista de sensores indutivos presentes na máquina

#### 4.6.1.2. Fotocélulas

Na figura 35 são apresentadas algumas das fotocélulas.



Figura 35 - Fotocélulas <sup>11 12 13</sup>

Aspetos em comum a todas as fotocélulas:

- Um contato normalmente aberto e um fechado;
- Ampla tensão de funcionamento;
- Dois Temporizadores.

Foi necessário substituir as fotocélulas que apenas suportam 120 a 240V AC, uma destas era de espelho e foi necessário encontrar uma com um alcance mínimo de 4 metros. Afim de identificar isso, foi continuada a lista anterior, seguindo as mesmas regras de legenda (ver figura 36).

<sup>11</sup> <https://docs.rs-online.com/9e52/0900766b8002c9f8.pdf>

<sup>12</sup> <https://www.sick.com/ag/en/w260/wt260-r270/p/p241550>

<sup>13</sup> <https://www.onlinecomponents.com/omron-electronics/e3br5kg-12046188.html>

B21	XUJ-M06031	24...48V	<a href="https://docs.rs-online.com">https://docs.rs-online.com</a>
B22	WT260-R270	12 V DC ... 240 V DC	<a href="https://www.sick.com/ag/">https://www.sick.com/ag/</a>
B23	WT260-R270	12 V DC ... 240 V DC	<a href="https://www.sick.com/ag/">https://www.sick.com/ag/</a>
B2	E3B-R5K-G	110-120/220-240VAC	<a href="https://www.onlinecompo">https://www.onlinecompo</a>
B4	E3B-D1K-G-AC110-24	110 to 240 VAC	<a href="https://www.e-sonic.com/">https://www.e-sonic.com/</a>
B5	XUK0ARCTL2	24...240 VDC	<a href="https://www.se.com/pt/pt">https://www.se.com/pt/pt</a>

Figura 36 - Lista de fotocélulas presentes na máquina

#### 4.6.1.3. Modificação

Durante o levantamento do material listado no tópico 4.6.1.1, verificou-se que existiam 4 sensores indutivos a 24V na máquina, ou seja, já existe um fio com alimentação a 24V DC nas caixas de derivação. Este conhecimento permitiu que ao encontrar estas caixas, fosse mais fácil levar um fio com a alimentação desde esse ponto, do que estar a passar de novo a partir o quadro.

Ao trocar os sensores e fotocélulas por outras compatíveis com 24V DC (de referência igual aos que já existem na máquina), permitiu que fosse passado um fio da fonte do autômato e que eles sejam conectados diretamente às entradas do PLC, sem passar pelos relés de interface (ver figura 37).



Figura 37 - Ligação das fotocélulas às entradas do PLC

São um total de onze sensores indutivos, três que necessitavam ser substituídos por outros que fossem capazes de suportar 24V DC, e seis fotocélulas, onde também duas precisavam ser substituídas. Por forma a tornar mais simples na altura da implementação, foi realizado um mapa da máquina onde foi colocada a posição de todos os sensores e fotocélulas (Lamb, 2015).

Na imagem 36 é possível ver a planta na máquina, com os motores (“M”), sensores indutivos e fotocélulas assinalados (“B”). Os “FT” são fotocélulas com emissor e recetor, são parte da segurança, se alguém atravessar aquela zona, interceta a o sinal entre o emissor e o recetor e a máquina para (ver figura 38).

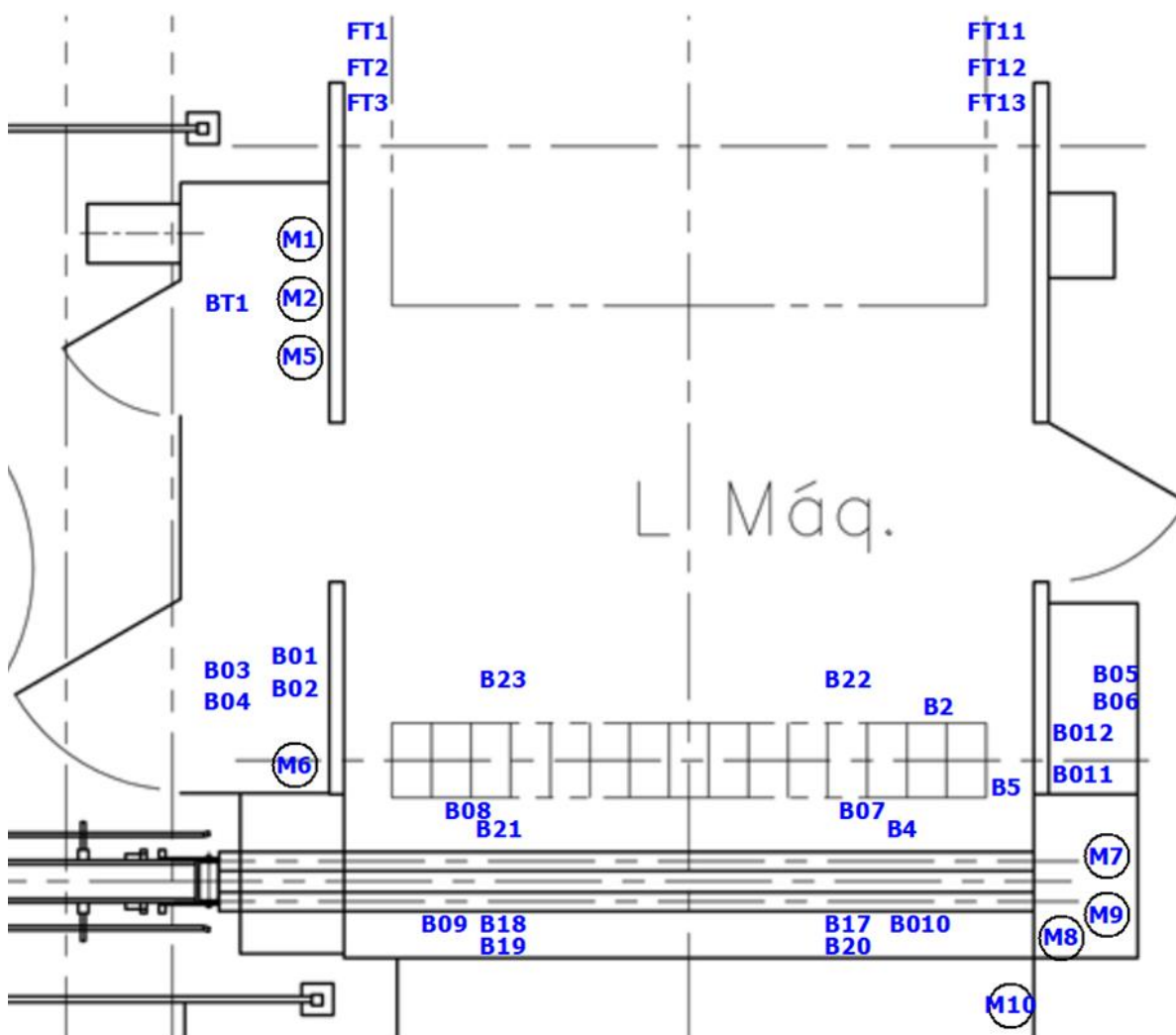


Figura 38 - Planta da máquina em AutoCAD com a localização das fotocélulas, sensores indutivos e motores [doc. interna]

## 4.6.2. Quarta abordagem

### 4.6.2.1. HMI

A operação da máquina é efetuada através de um conjunto numeroso de botões e seletores, sem que exista qualquer indicação informativa relativa ao estado de funcionamento da máquina. De igual forma, quando existe algum problema (fotocélula ou sensor desalinhado,

entre outros), que comprometa o estado de “Máquina Pronta”, não existe qualquer informação acessível ao operador, para o auxiliar na busca de problemas.

A colocação de um painel HMI, permite retirar praticamente todos os seletores, botões, lâmpadas, e temporizadores da porta do quadro, e substituir por programação.

Com esta modificação são removidos dezenas de fios, em troca de uma única ligação de cabo de rede entre o PLC e o HMI. Seria ainda bastante vantajoso do ponto de vista em que poderiam ser criados alarmes que indicariam anomalias, com a informação toda disponível, seria possível identificar se um térmico fosse disparado ou se uma segurança não estivesse a ser cumprida (uma porta aberta ou um botoneira pressionada).

Podia ainda ser gerada uma planta da máquina onde apareceriam todas as fotocélulas, sensores indutivos e motores, onde o operador poderia observar em tempo real tudo o que se estava a passar.

Algo a ter em atenção, é deixar alguns botões físicos, como o de rearme da máquina e outros mais utilizados, para tentar garantir o maior tempo de vida do HMI.

Durante a projeção desta última fase, foi elaborado um relatório detalhado com a descrição do que cada temporizador, botão ou seletor fazia, e onde passaria a estar no painel (ou se permaneceria físico). Foi colocado também o que poderiam encontrar de novidade, como alarmes, luzes de indicação de funcionamento da máquina e um mapa com a localização de todos sensores, fotocélulas e motores. Na eventualidade de faltar papel, por exemplo, aparece essa indicação na página dos alarmes e em mais informações, fornece o nome do, ou dos materiais a precisarem de reparação. Esse relatório é também muito útil na formação de novos operadores, que podem assim consulta-lo por forma a aprenderem a manobrar a máquina.

O que já não se encontrava em funcionamento, por alterações feitas ao longo dos anos, foi removido, escreveu-se no relatório, mas passou para código. Sendo que não têm seletores que os ativem, essa parte do código estará sempre inativa, mas caso seja necessário, basta colocar esse botão ou seletor no painel e estará tudo a funcionar.

A imagem abaixo permite observar as dezenas de fios que estavam na porta. De notar que estes fios estavam dentro de uma manga, pelo que foram ficando fios soltos durante as atualizações realizadas ao longo dos anos anteriores (ver figura 39).

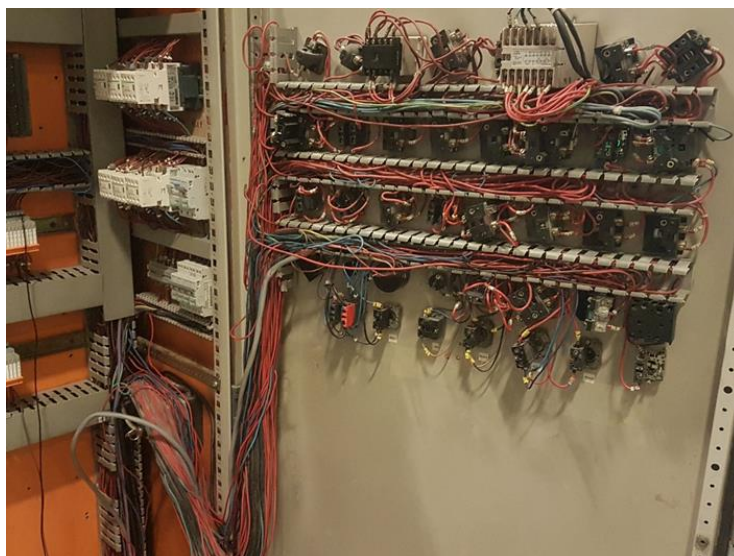


Figura 39 - Interior da porta do quadro elétrico

Considere-se a imagem 40, e a sua respetiva legenda, que descreve as operações do Painel de Comandos antigo.

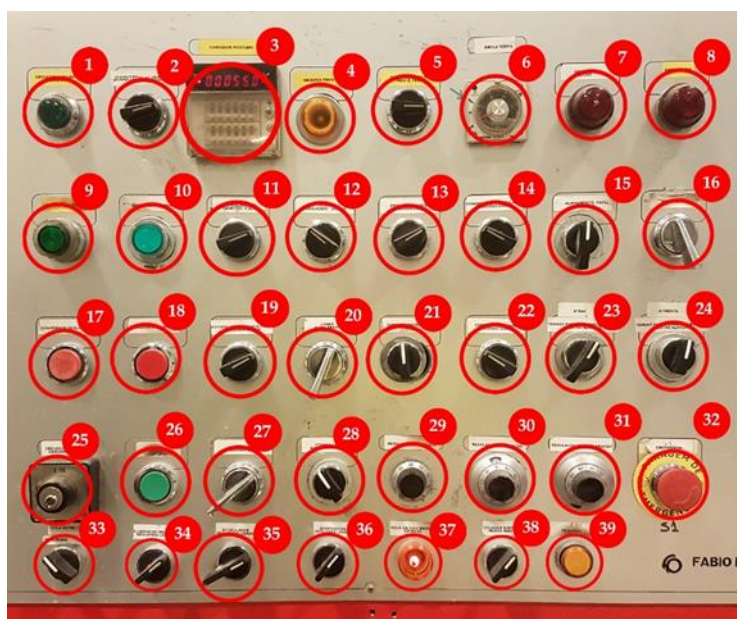


Figura 40 - Exterior da porta do quadro elétrico

1. Circuitos Auxiliares Ligados – Se estiver ligado significa que a tensão auxiliar está ligada.
2. Controlo da máquina (Manual ou Automático) - Permite escolher se a máquina anda em impulso ou em modo automático
3. Contador de picotado - Permite definir dois pontos: O primeiro indica o número de serviços enrolados a partir do qual a máquina inicia a sua desaceleração; o segundo indica o número de serviços total do charuto, ou seja: é o número de serviços para o qual a máquina está programada para parar.

4. Máquina Pronta - Se esta luz estiver acesa significa que a máquina está no modo automático e pronta para iniciar a marcha
5. Ejetor do Rolo (Frente/Trás) – É o seletor que permite ejetar o charuto, depois de a bobina estar terminada. Só funciona em modo manual
6. Tempo de enrolamento – Define o tempo que os rolos de saída da bobinadora fazem rodar o charuto, antes de este ser expulso pelo empurrador. Através deste movimento consegue-se definir a posição da linha de selagem antes de o charuto entrar no acumulador. Por defeito, este valor encontra-se a 2, e só pode ser programado em segundos.
7. Disparo de disjuntor - Se estiver desligado, não existe nenhum disjuntor disparado.
8. Emergência – Significa que os relés de segurança não estão ativos. Na prática, significa que está uma pronta aberta ou uma emergência premida, e a máquina só poderá ficar ativa após se efetuar o rearme.
9. Conversor ligado – É um botão que permite ativar o acionamento. Vai continuar como botão físico.
10. Arranque de Máquina – É um botão físico que dá a ordem de marcha à máquina. Vai continuar como botão físico.
11. Enrolamento (Diâmetro ou Folhas) – Permite escolher se o enrolamento é efetuado mediante a contagem de serviços, ou se é guiado através do diâmetro do charuto. Na prática nunca se utiliza, por isso vai ficar fora de serviço.
12. Cones (Desligado ou Ligado) – Permite abrir ou fechar os cones quando a máquina está em manual.
13. Mesa de Colagem (Desligado ou Ligado) – Permite efetuar a ativação da válvula da cola. Se estiver desligado, o carro da cola anda, mas nunca aplica cola, porque electroválvula nunca é ativada.
14. Desenrolamento colagem (Ligado ou Desligado) – Só funciona em modo manual, e permite fazer o enrolamento do charuto depois de se aplicar a linha de selagem.
15. Alinhamento de papel (esquerda ou direita) – Permite fazer o alinhamento de papel para a esquerda ou para a direita.
16. *Reset*/Ligar – É um seletor com duas funções: se for rodado para o lado do *Reset*, reinicia as variáveis do autómato; se for voltado para o *Ligar*, injeta ar no casquilho
17. Conversor desligado – É um botão que desativa os acionamentos.
18. Máquina desligada – É o botão de paragem da máquina
19. Fotocélula de presença de papel (Desligado/Ligado) – Permite ativar ou desativar as fotocélulas de presença de papel (B22, B23, B2)

20. Cones (Cima/Baixo) – Permite efetuar o movimento, em manual, de subida ou descida dos cones.
21. Corte transversal (esquerda/direita) – Permite fazer o movimento, em manual, do carro de corte.
22. Corte Longitudinal – Permite ativar ou desativar o encosto das lâminas de corte longitudinal.
23. Tensão papel desenrolamento atrás (apertar/largar) – permite regular as tiragens de papel do lado de trás
24. Tensão papel desenrolamento frente (apertar/alargar) – permite regular as tiragens de papel do lado da frente
25. Circuitos auxiliares (ligado/desligado) – Corta a energia à entrada do transformador.
26. Impulso (ligado/desligado) – Botão de pressão que permite colocar a máquina em impulso.
27. Picotado (desligado/ligado) – Permite ligar ou desligar o picotado.
28. Prensa (acima/baixo) – Permite subir ou descer a prensa, em modo manual. Vai ficar como botão físico.
29. Relação de velocidade – Permite variar a velocidade da máquina.
30. Regulação de aceleração – Permite regular a aceleração no acionamento, mas está desativado.
31. Regulação da desaceleração – Permite regular a desaceleração do acionamento; está desativado.
32. Botoneira de emergência – Botoneira de emergência.
33. Cola entre-folhas (ligado/desligado) – Este botão refere-se a uma tentativa de aplicar cola entre-folhas com pistolas de cola. Vai ficar desativado.
34. Iluminação da máquina – Liga ou desliga a luminária da máquina.
35. Acumulador (desligado/ligado) – Permite ligar ou desligar o acumulador, dependendo se se estar a fazer produto cortado na bobinadora ou não.
36. Gofradora (desligado/ligado) – Permite fechar ou abrir a gofradora.
37. Rolo da gofradora em baixo – É uma lâmpada que acende quando a electroválvula do cilindro da gofradora está ativa. Sinaliza que a gofradora está ligada.
38. Colagem de sopro (-/+ ) – Permite aumentar o tempo de sopro, após corte longitudinal. Vai ficar desativado e o sopro irá ficar prolongado.
39. Rearme – Permite efetuar o rearme à máquina.

Apesar de se ter feito um seguimento do que está na listagem, com a localização de todas as componentes elétricas, em alguns casos foi necessário ir mais longe. Explicar o funcionamento no painel de módulos que suscitavam maiores dúvidas.

Um exemplo disso é o contador de folhas, que é feito através de uma came com 5 dentes e um sensor indutivo. O espaçamento entre cada dente corresponde a 20 centímetros, uma volta do eixo corresponde a 1,20 metros e é assim que é medido o comprimento de cada rolo. Os operadores precisam inserir a primeira contagem que abranda a máquina, e uma segunda que a para quando o rolo está pronto. Caso por algum motivo ela não cumpra o ciclo, têm o “Reset Counter” para colocar o valor atual a zero, uma vez que se este for superior ao segundo contador, a máquina não irá andar.

No módulo antigo, os operadores não sabiam se a máquina estava a colocar mais comprimento em cada rolo, o que era preocupante. Eles tinham tabelas com valores a colocar no primeiro e segundo contador, afim de parar a máquina no tempo certo para ela colocar o comprimento correto em cada produto. Mas ao aumentarem ou baixarem a velocidade, esses valores nunca iriam bater certo, mas como sempre foi assim, o laboratório da fábrica tinha uma margem de erro para esta máquina.

A fábrica funciona 24h por dia, 7 dias por semana e o laboratório apenas funciona durante a semana, pelo que ocorreram situações em que se produziu durante todo o fim de semana milhares de produto com muitos metros a mais, sendo tudo contabilizado como desperdício.

Atualmente os operadores sabem exatamente quantas folhas foram colocadas, pelo que podem continuar a seguir a tabela que tinham, mas ao mexer na velocidade, têm de ter em atenção o valor atual e ajustar o segundo contador (ver figura 41).

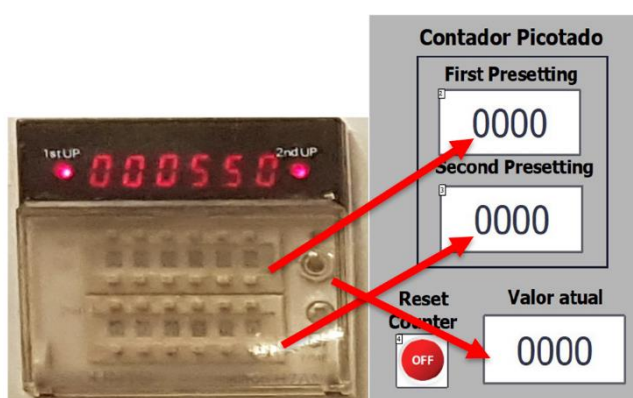


Figura 41 - Contador do picotado

O Tempo de Enrolamento era também controlado na porta, onde havia um temporizador com uma roda giratória. Inicialmente foi colocado no painel este bloco onde o valor inserido seria em segundos, mas passado muito pouco tempo de produção, foi pedido para alterar para uma unidade mais pequena. Este tempo é utilizado para regular a posição em que os rolos saem da máquina, pelo que teve se colocar o valor nos milissegundos, algo onde é necessária alguma precaução, para 1 segundo é preciso colocar agora 1000 no bloco.

Por tentativa e erro, alguém que tente perceber o que este parâmetro faz, dificilmente irá perceber, uma vez que valores até 1000 serão praticamente impercetíveis (ver figura 42).



Figura 42 - Tempo de enrolamento

É perceptível que em termos de complexidade houve um progresso muito significativo, atualmente, se houver uma avaria, facilmente se segue a malha e se chega à origem do problema.

A primeira linha de relés e os contadores que se podem ver do lado direito da figura 43 são todos responsáveis pela segurança, sendo que não podem ser substituídos por programação no PLC, precisava ser um módulo específico como o que se pode ver no canto superior esquerdo, um Pilz, mas com mais entradas, para contemplar todas as portas e botoneiras de segurança.



Figura 43 - Interior do quadro finalizado

Tal como referido anteriormente, alguns dos botões mais utilizados permaneceram físicos, sendo a única razão, a preocupação pela durabilidade do painel. Foram deixados 3 furos com tampas, para caso seja necessário no futuro.

No caso de seletores de 2 posições que vão diretamente a entradas do PLC, é apenas colocado 1 dos contatos que ele tinha previamente, mesmo que ele tivesse 5 ou mais anteriormente. A razão pela qual isto acontece é simples, o PLC apenas precisa de saber o que está num dos lados, se não estiver nada, é porque está a passar pelo lado oposto. Se for um seletor de 3 posições, aí já são necessárias 2 entradas no PLC, pela mesma lógica, ou está para esquerda, ou para a direita, se nenhum estiver a receber, é porque está no meio (ver figura 44).



Figura 44 - Interior da porta do quadro elétrico depois do *upgrade*

Depois de tudo identificado, este foi o aspeto final da porta. A ordem dos botões foi também reorganizada para ajudar na perceção do operador. No início do ciclo da máquina e se todas as seguranças estiverem cumpridas, a sequência de funcionamento é da esquerda para a direita, pressionam os primeiros 3 botões e máquina irá andar (ver figura 45).



Figura 45 - Exterior da porta do quadro elétrico depois do *upgrade*

Existe uma zona superior do HMI, que relata os avisos e os alarmes relativos ao funcionamento da máquina. Esta zona está presente em todas as páginas do painel (ver figura 46).



Figura 46 - Barra de notificações de alarmes na HMI

Na página “Alarmes”, aparecem todos os Avisos e os Erros. Os Avisos são todo o tipo de informação que desaparece automaticamente, se for resolvido o problema. Os erros estão interligados a problemas mais graves; neste caso, mesmo que seja resolvido o problema, esta informação não desaparece, até que o operador carregue no botão 3.

Adicionalmente, esta página permite emitir sugestões para a resolução de cada problema despoletado, caso se pressione o botão 1 (ver figura 47).

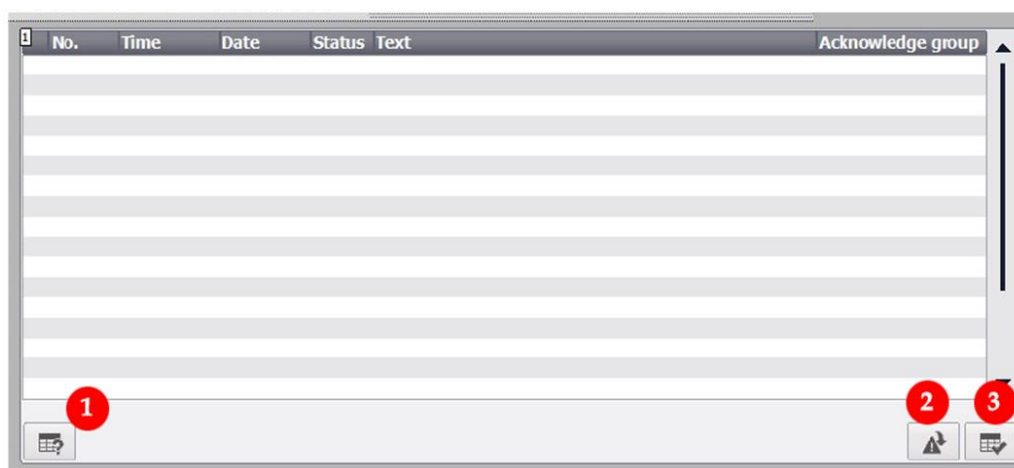


Figura 47 - Descrição do bloco de alarmes

Neste caso trata-se de uma fotocélula, como estão todas identificadas, ele pode ir ao local e verificar se é algo simples de resolver, através de limpeza ou direcionar no sentido correto. Se não, pode ligar para um electricista e indicar logo qual é o problema, poupando trabalho e tempo de paragem da máquina, uma vez que o responsável pela manutenção, poderá trazer logo o material de substituição (ver figura 48).

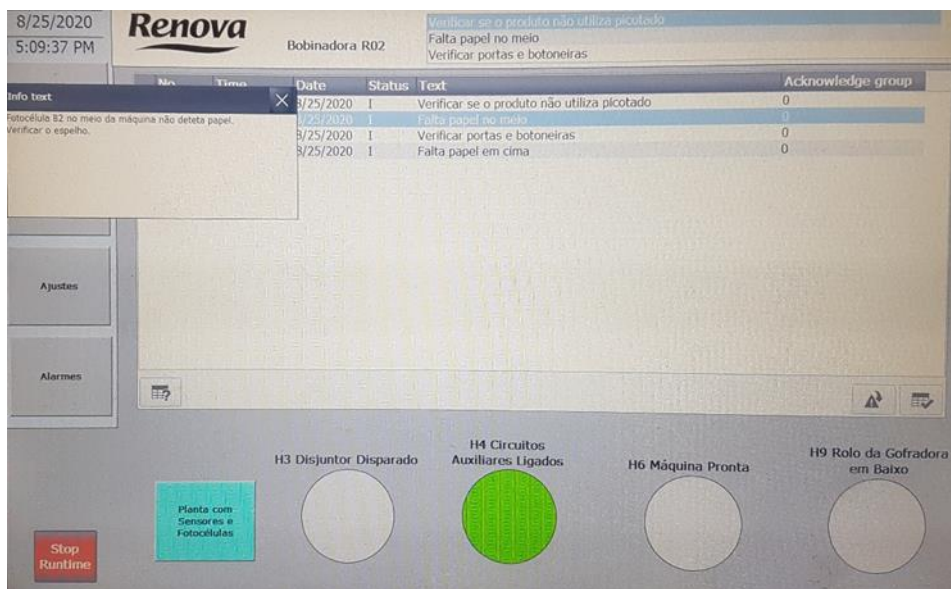


Figura 48 - Exemplo de um alarme

Se porventura não conhecerem a localização, basta clicar no “Planta com Sensores e Fotocélulas” que irá mostrar um mapa (ver figura 49).

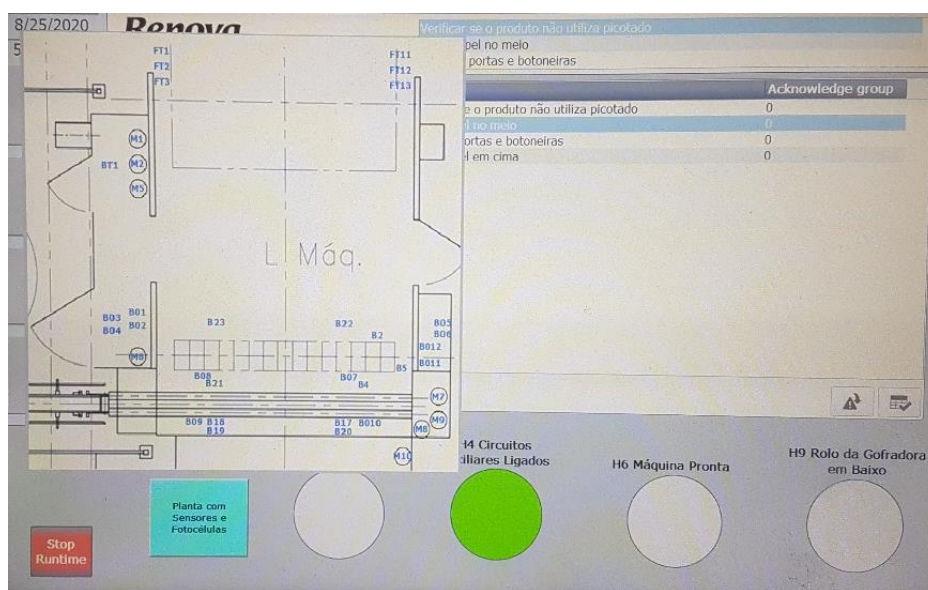


Figura 49 - Exemplo de ajuda suplementar na resolução do problema

O botão “*Stop Runtime*” da página “Alarmes” permite sair do programa, utilizando uma password, e aceder ao ambiente de trabalho do Painel. Não é suposto pressioná-lo, apenas pessoas qualificadas o podem fazer, pelo que a password não foi colocada no relatório por motivos de segurança.

Esta é a única funcionalidade que não está disponível para todos. Se por algum motivo se dê algum erro que não se percebe o que está feito, existe uma parte do código que é executada apenas uma vez, durante a inicialização. Bastando assim desligar e voltar a ligar o PLC para

que tudo seja repostado de origem. É bastante perceptível para o utilizador que algo foi restituído, uma vez que as luzes da máquina por norma estão sempre acesas, mas nesta inicialização são desligadas (ver figura 50).



Figura 50 - Botão para sair do programa da HMI



## 5. Conversão do sistema de domótica na iluminação da cantina

### 5.1. Problema

A iluminação do edifício da cantina era controlada por um sistema da marca Zumbotel, que apesar de funcionar, apresenta algumas falhas, como:

- A consola de controlo era pouco intuitiva, pelo que poucos conseguiam ligar ou desligar alguma coisa de forma manual, existiam ocasiões em que algumas luzes ficavam ligadas durante dias (ver figura 51);



Figura 51 - Consola de controlo do sistema de domótica

- Existem vários conjuntos de luzes, mas não havia uma descrição que os pudesse identificar, sendo necessário desligar disjuntores para os identificar (ver figura 52);



Figura 52 - Refeitório

- Todos os conjuntos são monofásicos, mas existiam disjuntores tripolares, pelo que foi necessário retirar fio a fio afim de encontrar o que realmente se encontra em utilização;
- Os esquemas mostravam os módulos utilizados, mas não continham informação relevante, uma vez que descreviam todas as saídas como iluminação,
- Não existia numeração na cablagem, cada ligação tinha de ser seguida até ao destino.

A empresa que efetuou a instalação e que estaria responsável pela sua manutenção encerrou atividade, pelo que deixou de existir suporte. Avarias e alterações que vão sendo necessárias são agora da responsabilidade dos engenheiros da Renova.

Existem dois quadros no edifício, o principal engloba os equipamentos da cozinha e a iluminação da mesma, assim como da sala VIP, do refeitório, das entradas, lavatórios, casas de banho e exterior, o segundo é apenas para a iluminação dos balneários (ver figuras 53 e 54).



Figura 53 - Quadro geral do edifício

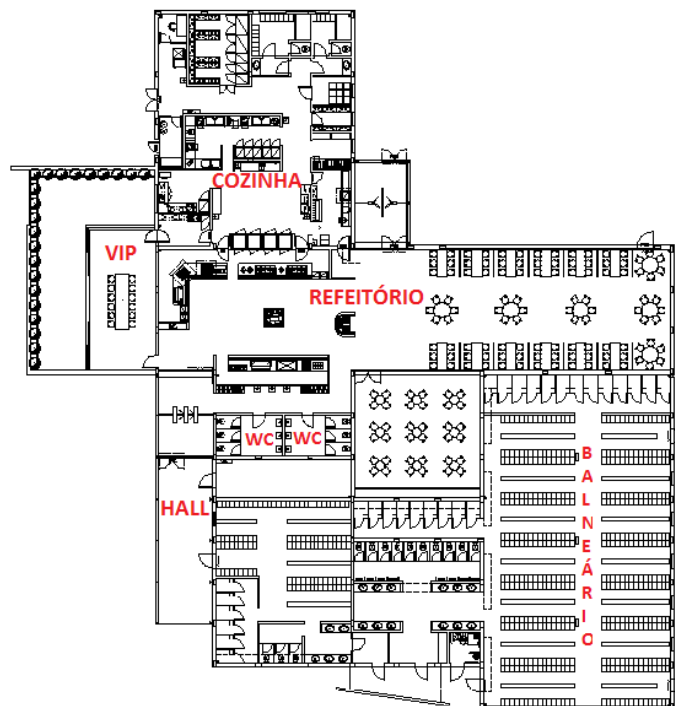


Figura 54 - Planta em AutoCAD do edifício

## 5.2. Material no quadro

No quadro existiam diferentes tipos de módulos da Zumtobel:

- Um LM-BV, fornece 15VDC ao sistema, tem alguma resistência a curto-circuitos e possibilita a conexão de módulos em cascata.
- Um LM-BK, realiza a conexão entre os diversos barramentos.
- Um LM-PCSIR, que faz a interface entre o processador e os relés.
- Sete LM-SWE, responsáveis pela monitorização dos sensores de movimento, têm quatro entradas e definem os tempos que cada sensor indicará a presença de pessoas;
- Quatro LM-4RUKS, permitem a ligação de quatro conjuntos de luminárias individualmente (ver figura 55);

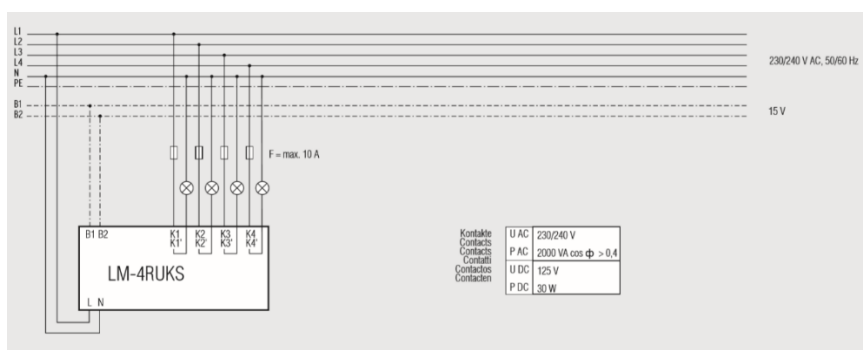


Figura 55 - Esquema de ligações do módulo LM-4RUKS <sup>14</sup>

- Dois LM-3DSIS, têm apenas três saídas, mas permite o controlo da intensidade luminosa, ao aplicar 220V nos terminais T. O valor de escurecimento é mantido ao reativar, o último valor de luz que foi definido antes de desligar, (ver figura 56).

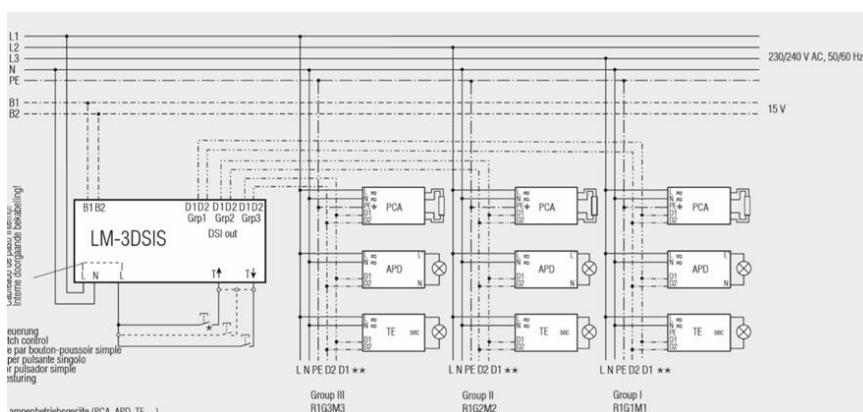


Figura 56 - Esquema de ligações do módulo LM-3DSIS <sup>15</sup>

<sup>14</sup> [https://www.zumtobel.com/PDB/Ressource/manual/LMC\\_IA\\_LM-4RUKS.pdf](https://www.zumtobel.com/PDB/Ressource/manual/LMC_IA_LM-4RUKS.pdf)

<sup>15</sup> [https://www.zumtobel.com/PDB/Ressource/manual/LMC\\_IA\\_LM-3DxIS.pdf](https://www.zumtobel.com/PDB/Ressource/manual/LMC_IA_LM-3DxIS.pdf)

### 5.3. Solução

Para resolver esta situação foi elaborado um projeto com intuito de colocar um autômato a fazer o controlo da toda a iluminação, sem alterar nenhuma da cablagem exterior aos quadros, ou seja, compreender o controlo efetuado pelos módulos da Zumbotel, para o convergir para um autômato, o que levou a um levantamento de tudo o que estava presente no quadro (ver figuras 57 e 58).

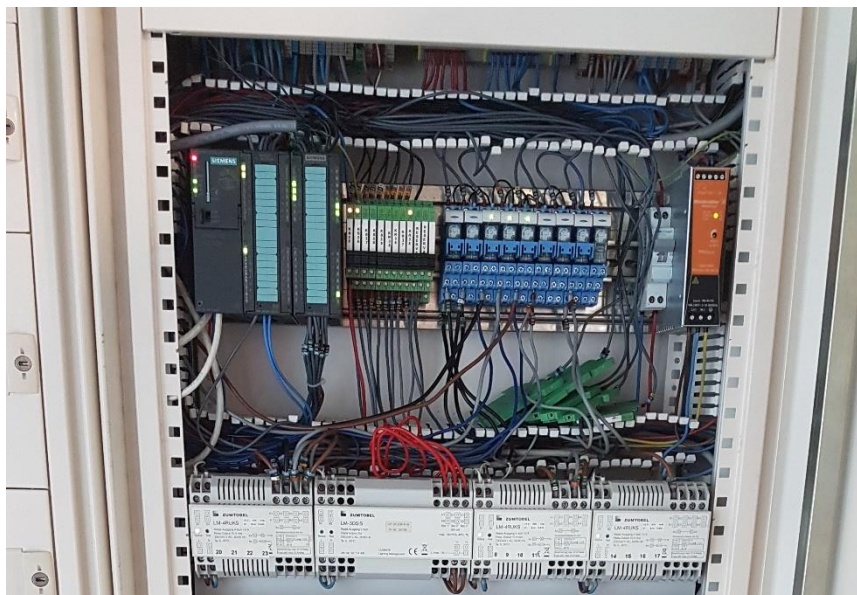


Figura 57 - PLC colocado no quadro geral

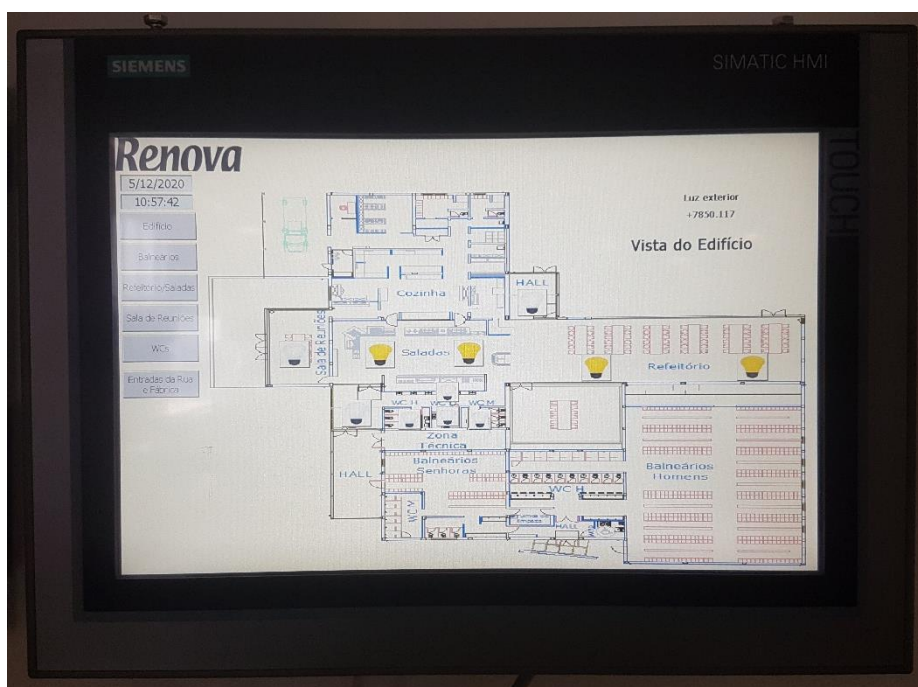


Figura 58 - HMI para controlo da iluminação

Para a gestão da iluminação existem sensores de movimento em todas as divisões, um sensor de luminosidade e um relógio. Como o sensor de luminosidade se encontra num lugar pouco acessível, seguir o seu fio de sinal não seria simples, existindo outro na fábrica, decidiu-se utilizar os valores deste segundo conectando o PLC à rede. Os sensores de movimento foram ligados a relés de interface de 230V para as entradas do autómato, assim como o relógio (ver figura 59).



Figura 59 - Relés de interface das entradas do PLC

A configuração dos quadros, disjuntores e diferenciais foram mantidos, as entradas e saídas dos módulos da Zumtobel passaram a sê-lo no autómato, pelo que foi necessário a utilização de relés de interface, as saídas são com relés de 24V e as entradas, passam por relés de 230V tal como supramencionado.

As cartas de saída são digitais, deixando assim de haver controlo de luminosidade. Antes de desativados os módulos LM-3DSIS, são colocadas todas as luminárias no máximo de intensidade. O controlo da luminosidade na sala é feito com base na luz exterior e acionando os diversos conjuntos de luminárias distribuídos pelas diversas zonas.

Para substituir a consola de comando, foi colocado um painel HMI da Siemens na zona do refeitório para controlar de forma manual cada uma das divisões.

As luminárias que se encontram distribuídas em vários grupos pelas diversas zonas, passam a ser apenas um por zona, quando o utilizador define o painel para o modo manual. Neste modo o utilizador pode usar os botões no ecrã para as ligar ou desligar.

Caso seja deixado o modo manual ativo, as luzes não iram apagar ou acender automaticamente, pelo que é imperial ter em atenção este funcionamento, uma vez que luminárias poderão ficar ligadas indeterminadamente ou simplesmente nunca acenderem, se o autómato entrar em pausa ou for reiniciado, tudo arranca em modo automático (os projetores da sala VIP apenas funcionam em modo manual, pelo que são a exceção à regra).

Para uma melhor compreensão do sistema implementado foi elaborado um diagrama do seu funcionamento, de forma a explicar a lógica por detrás do código (ver figura 60).

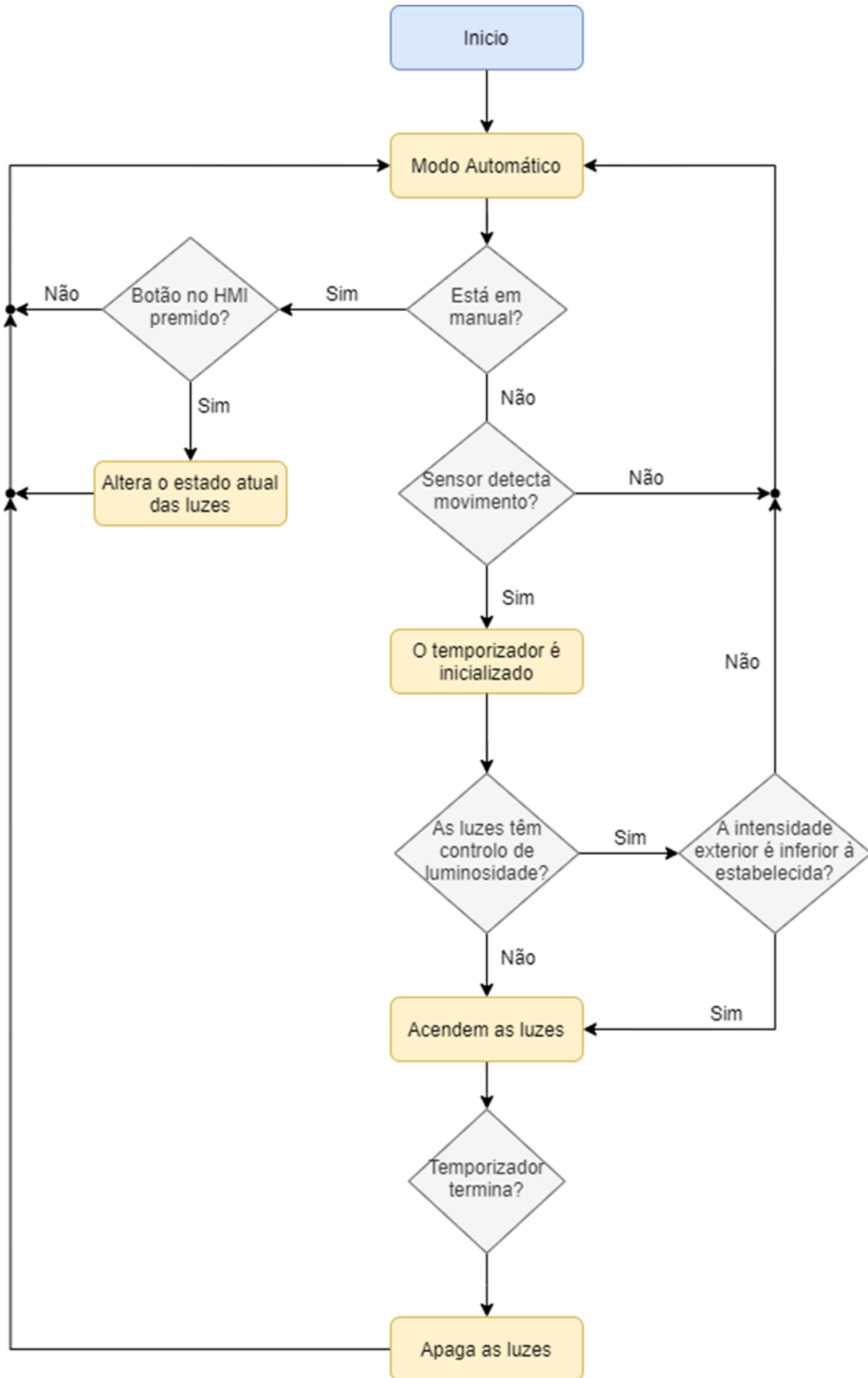


Figura 60 - Diagrama de funcionamento do sistema de iluminação

## 5.4. Implementação

Para programar o PLC e o HMI foi utilizado o programa TIA Portal da Siemens (Siemens, 2017) (Siemens, 2018a) (Siemens, 2018b).

De forma a simplificar o código para análises futuras, foi dividido em duas partes, o modo automático e o modo manual, estando este último numa função que é executada a cada ciclo.

Existe ainda um bloco “OB100” que é utilizado para inicializações, isto é, caso o sistema vá abaixo e seja reinicializado, é possível definir valores iniciais para as variáveis. Neste caso, como todas as zonas têm a opção de automático ou manual, é definido que no arranque passa tudo a automático.

### 5.4.1. Automático

Tal como supramencionado a cantina está dividida em várias zonas e existem vários conjuntos de luzes dentro de cada uma. Nas duas figuras seguintes é possível observar como foi programado o modo automático na zona das saladas, que segue o mesmo padrão que todas as outras zonas, a única alteração é no conjunto de luzes nas saídas (ver figura 61).

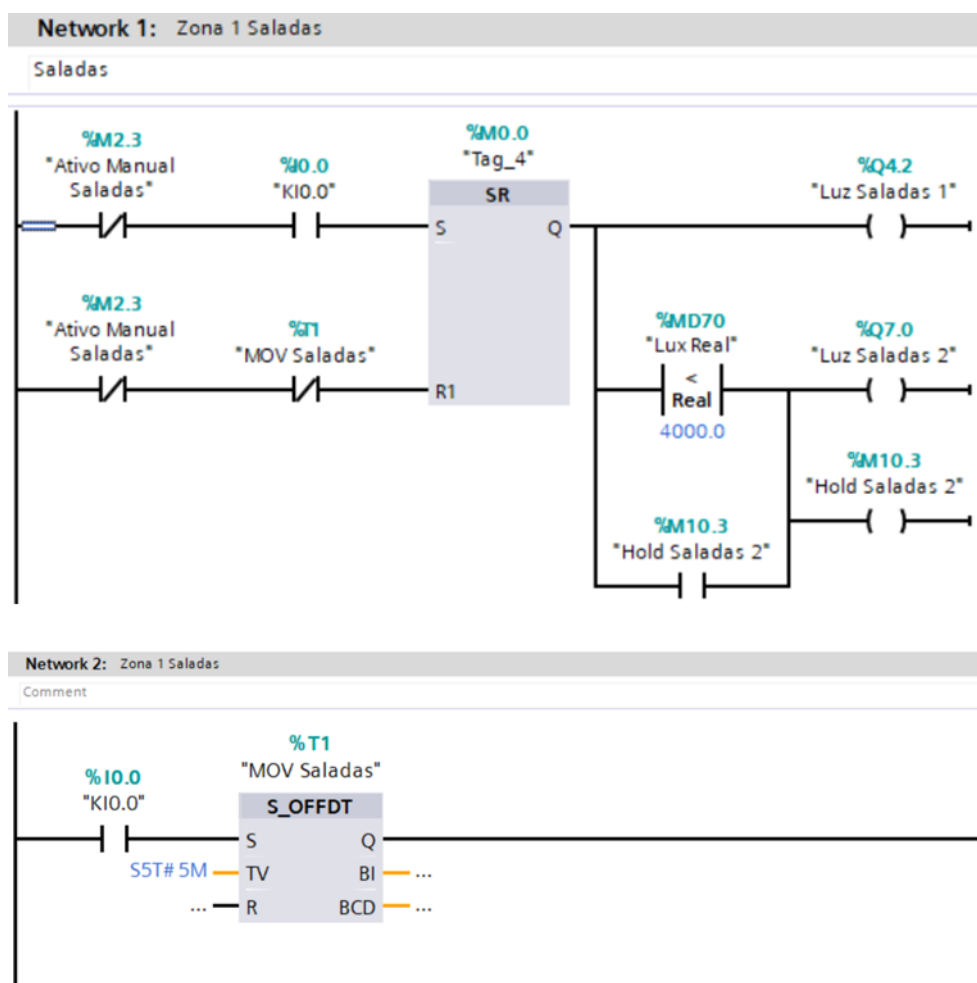


Figura 61 - Exemplo do controlo de uma zona de luminárias no modo automático

A memória “%M2.3”, serve para que não exista conflito com o modo manual, caso este seja ativado, o modo automático é desativado.

A entrada “%I0.0” está ligada ao sensor de movimento da sala, que quando deteta alguma presença envia um sinal. Com esta informação no PLC é possível gerir o tempo que se quer as luzes acesas. Para isso, é utilizado o bloco temporizador “T1”, neste caso específico definido para 5 minutos uma vez que é um local de muito movimento.

As luzes são ligadas quando as saídas “%Q4.2” e “%Q7.0” são ativadas. O local não é muito iluminado pelo que um grupo de luzes deve ser ligado sempre que existe alguém no seu perímetro. Para controlar o sistema em dias de muita iluminação em que pode estar desligado um dos grupos, é utilizada a variável “%MD70”, que recebe o valor da iluminação exterior em lux. Uma vez que este valor pode oscilar algumas centenas em dias de nebulosidade, as luzes poderiam estar constantemente a ser ligadas e desligadas. A variável “%M10.3” assegura que caso a luminosidade baixe dos 4000 lux, a luz ficará acesa até deixar de existir pessoas no local

Esse valor é obtido de um sensor por cima da fábrica conectado a um outro PLC na rede.

### 5.4.2. Manual

Este modo é controlado pelo HMI, através de partilha memórias. O PLC apenas precisa de receber a informação de que o modo manual está ativo, e se é para ligar ou desligar as luzes dessa zona.

#### 5.4.2.1. PLC

Na figura 62 é possível observar o que se passa no lado do autómato.

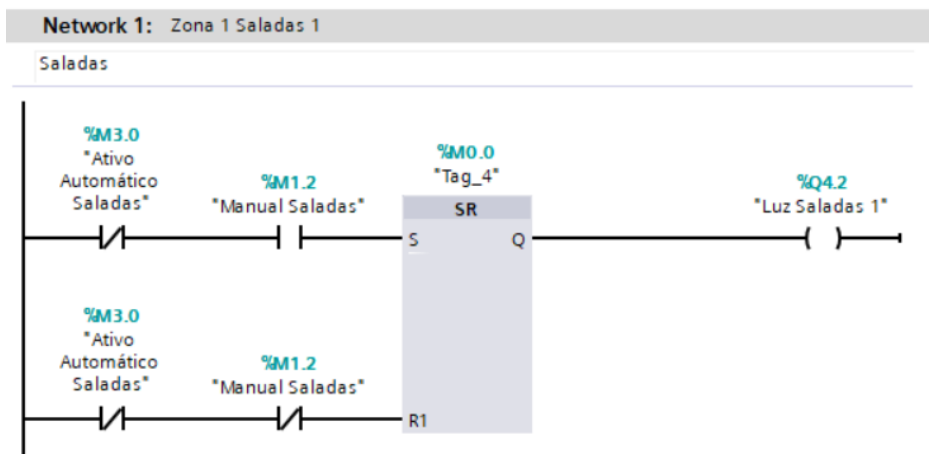


Figura 62 - Exemplo do controlo de um grupo de luminárias no modo manual

A variável “%M3.0” serve para interromper esta linha caso o modo automático esteja ativo.

A “M1.2” é a que comanda o acender ou apagar das luzes, sendo que apenas funciona caso este modo for ativo.

### 5.4.2.2. HMI

O painel permite observar a planta do edifício, identificar quais as luminárias estão acesas, saber a intensidade da luz exterior e comandar o sistema. Se as saídas no PLC não estiverem feitas, as lâmpadas na página aparecem a cinzento, se estiverem feitas, aparecem a amarelo.

A página inicial permite uma navegação muito intuitiva, o utilizador pode ir para a página partilhada entre o refeitório e as salas ao premir o botão do lado esquerdo, ou simplesmente premir na zona assinalada a vermelho na figura abaixo.

De notar que o retângulo vermelho é meramente para efeitos de explicação, não aparece no painel (ver figura 63).

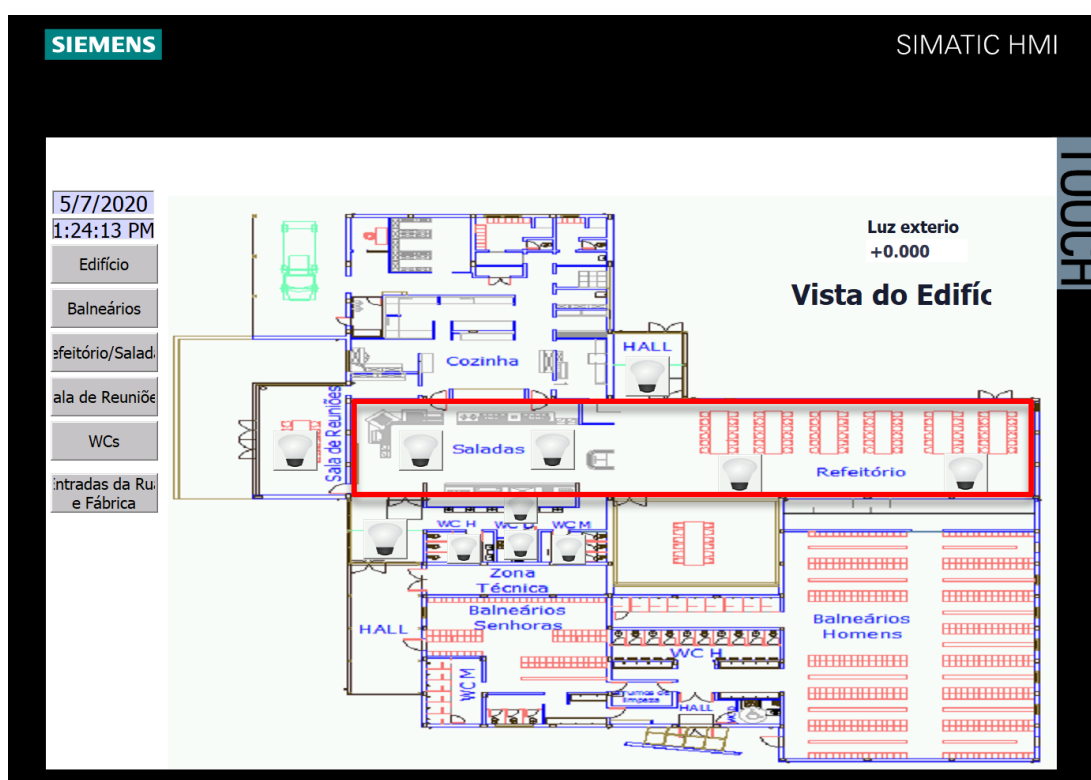


Figura 63 - Página inicial da HMI

Tal como foi referido anteriormente, o sistema arranca em automático e nesse modo o utilizador não tem controlo sobre o sistema, pelo que premir os ícones das lâmpadas não altera nada, e é por isso que este tópico é abordado apenas no modo manual.

Assim sendo, para acender as luminárias das salas, primeiro é preciso premir o botão “Manual Saladas” e depois premir o ícone da lâmpada. Em manual todos os grupos são acesos ou apagados ao mesmo tempo, de forma a simplificar.

A alternância entre modos irá sempre apagar todos os grupos de luminárias, ou seja, se estiverem acesas e for alterado para modo manual, irão apagar, e vice-versa (ver figura 64).

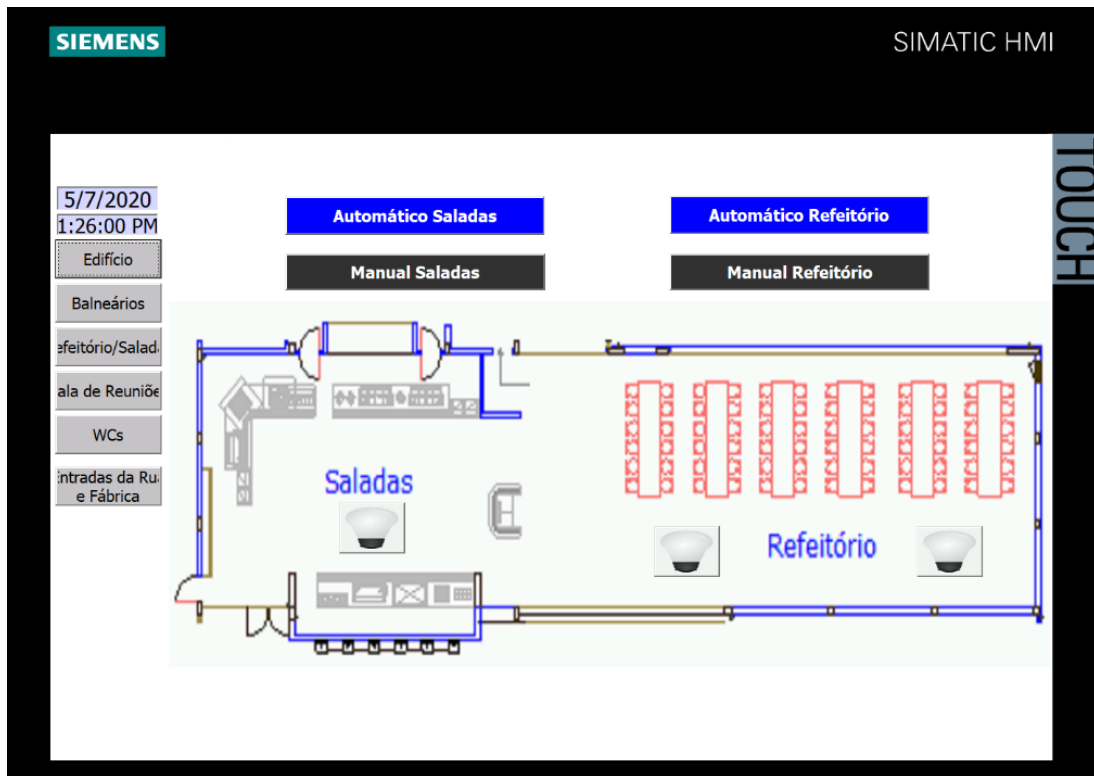


Figura 64 - Página de controlo da zona de saladas e refeitório

A sala de reuniões (ou zona VIP), é a única com funcionamento diferente, onde a alternância entre os modos não altera o estado atual das luminárias. Se for selecionado o automático e estiverem acesas, só irão apagar quando deixar de haver movimento na sala, enquanto que no manual é possível apagar de imediato (ver figura 65).

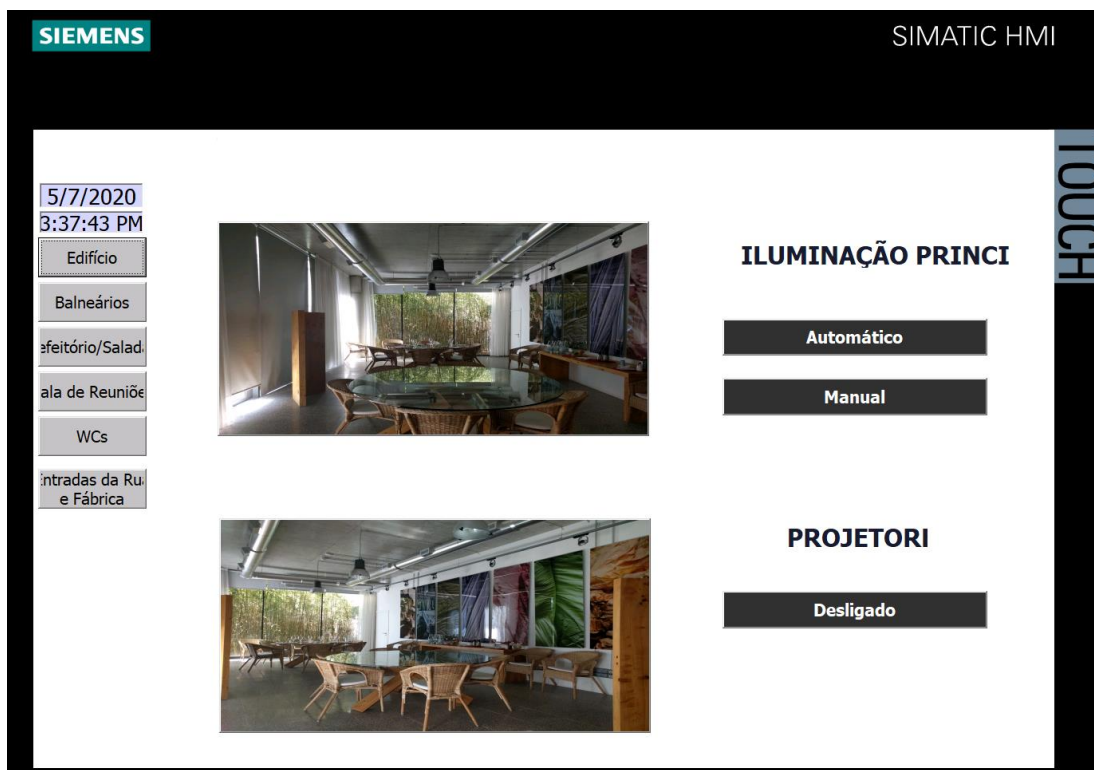


Figura 65 - Página de controlo sala VIP

Os projetores laterais são unicamente comandados no HMI pelo utilizador, nada têm a ver com os sensores de movimento ou com a luminosidade exterior, são ligados no painel como se de um interruptor se tratasse.

Outra exclusividade desta sala é o facto de possuir uma pequena animação com imagens ilustrativas do que se passa lá dentro. Ao invés das lâmpadas a cinzento ou amarelo, foram colocadas imagens com as luminárias acesas ou apagadas. O motivo pelo qual este método não foi generalizado para todas as zonas, foi para lhe dar alguma diferenciação pela sua importância.

As imagens colocadas foram todas reduzidas no seu espaço de memória (apenas o suficiente para que o utilizador não note a diferença), afim de deixar o programa otimizado, permitir espaço para melhorias e que seja mais fluido na transição entre as diversas páginas.



## 6. Realização de Esquemas

São efetuadas melhorias muito regularmente por toda a fábrica, são colocadas luzes e buzinas para sinalização, novas fotocélulas em locais específicos para ajudar na operabilidade das máquinas, avarias que levam à colocação de novos dispositivos, entre outros.

As máquinas na Renova foram compradas a empresas externas, pelo que os esquemas foram fornecidos na sua maioria em papel ou em formato digital não editável em EPLAN. Existe uma base de dados com esquemas das máquinas feitos por antigos funcionários, mas não cobre de perto a totalidade dos quadros existentes, e há algum tempo que nenhum colaborador atualizava esta base de dados.

Existiram algumas modificações também realizadas a pedido da produção para alterar as máquinas, afim de as tornar mais eficazes ou por melhorar alguns parâmetros por eles exigidos. Na grande maioria destas situações, os esquemas eram enxertados com estas novas modificações ou com folhas escritas à mão, ou feitas no programa PAINT.

É muito importante que os esquemas contenham uma listagem composta por todos os componentes existentes no quadro, com as páginas onde podem ser encontradas as suas ligações e uma descrição daquilo para que serve. Idealmente deve existir também uma listagem dos fios, bornes e fichas, assim como os códigos em armazém de tudo o que existe de material na máquina, para que ao encontrar a origem de uma avaria, seja rápida a sua resolução. Em termos de consulta em caso de avaria é muito mais complicado se estas listas não forem atualizadas e não o eram.

Infelizmente os códigos em armazém não estão dispostos nas listas, mas existem pessoas a trabalhar todos os dias no levantamento de todas as peças das máquinas para as colocar no programa de logística, um dia isso poderá ser feito.

De forma a que o estágio não fosse centrado apenas em dois projetos, e para que houvesse envolvimento com mais áreas da fábrica, assim como com as suas pessoas, foram utilizadas as competências que o primeiro projeto descrito neste relatório proporcionou, a utilização da ferramenta EPLAN, para atualizar os diagramas elétricos dos quadros.

Dada a importância desta tarefa, foram feitos diversos esquemas, colocando de lado momentaneamente os projetos descritos anteriormente. Alguns exemplos:

- Um quadro de aplicação de colas no papel, estava extremamente cheio de componentes elétricas, e ainda iriam ser colocadas mais (relés de nível, sinalização de falta de cola, etc.), pelo que se aproveitou a oportunidade para fazer um quadro novo. Com as diversas modificações que lhe tinham sido feitas, as numerações não tinham uma lógica, pelo que foram atribuídas novas.
- Uma máquina que produz papel de quatro folhas precisa de quatro bobines de papel a desenrolar, o operador tinha de estar alerta para quando estas estivessem a terminar para parar a máquina manualmente, ora isto poderia ser resolvido com fotocélulas. Foram coladas uma em cada para detetar o fim de bobine e ainda um seletor para que o operador fosse capaz de escolher entre as fotocélulas e o

sistema antigo (pode ser necessário desenrolar mais ou menos uma determinada bobine).

- Na mesma máquina foram ainda feitas posteriores alterações para sinalizar com som sonoro quando as bobines estivessem perto do fim e um sinal luminoso para quando a máquina estivesse parada.

Existiram ainda outros em que o envolvimento no desenvolvimento foi menor, passaram apenas pela transposição de desenhos em papel para o EPLAN.

## 7. Conclusões

Neste capítulo são apresentadas conclusões que se podem retirar dos projetos realizados e ainda algumas sugestões para trabalho futuro, no sentido de promover melhorias contínuas.

A evolução da tecnologia, por vezes acarreta algumas desvantagens, como a incompatibilidade entre equipamentos. Em fábricas com alguma história como a Renova que conta com diversas máquinas, é normal haver um distanciamento temporal muito grande entre os diferentes sistemas, facilitaria em muito que pelo menos os softwares mais recentes, fossem capazes de comunicar com todos os equipamentos dessa marca, mas não o são.

Na Renova para comunicar com os PLC Siemens, são usados os programas Step5, Step7 e Tia Portal, sendo este último o mais recente. A transição de sistemas antigos para mais recentes pode ser morosa e bastante dispendiosa do ponto de vista da produção, uma vez que as máquinas têm de estar paradas para estas tarefas, mas é possível planejar estas ações para causar o mínimo de impacto possível na gestão das máquinas. Enquanto que permanecer com sistemas antigos causa inúmeras paragens que podem gerar um impacto muito superior, uma vez que não são planeadas e as máquinas têm objetivos para cumprir.

A atualização da documentação ajuda muito na resolução de problemas, mas possibilita também que novos colaboradores quando chegam ao local sejam capazes de perceber o funcionamento sem alguém sénior a acompanhar.

A generalização das tecnologias e documentação na indústria levam a que seja mais simples a reaplicação de sistemas que se reconheçam como eficazes. Além disso, se o método utilizado para algo for semelhante em todas as máquinas, qualquer operador e qualquer técnico estará mais apto a lidar com qualquer situação. O PLC e a HMI usados nos dois projetos descritos neste relatório são Siemens e os seus esquemas foram feitos em EPLAN.

A disponibilidade da empresa em aprimorar a fábrica motiva os seus colaboradores a serem mais criativos e a utilizarem nos seus projetos a tecnologia mais recente, o que foi bastante vantajoso neste estágio. Depois de elaborado um plano e lista de material necessário, tudo foi fornecido com a maior prontidão.

O desenvolvimento destes projetos durante o estágio permitiram conhecer as tecnologias existentes na indústria nos dias de hoje e estabelecer uma relação entre os conhecimentos académicos e profissionais.

Os sistemas ficaram operacionais, mas nunca estarão completamente terminados quer a nível de software, hardware ou estrutura. Haverá sempre espaço para novas ideias, e aqui são deixadas algumas.

### 7.1. Sugestões de melhoria

#### 7.1.1. *Upgrade* do Quadro Elétrico da Bobinadora da Linha R02

Existem algumas melhorias evidentes que são possíveis de realizar por forma a reduzir ainda mais o hardware na máquina e facilitar em futuras avarias.

### 7.1.1.1. Segurança

Na época em que a máquina foi instalada, ainda não haviam muitas medidas de segurança, as únicas que haviam nesta, era um seletor que permitia parar a máquina, ao indicar o fim de ciclo e botoneiras de emergência.

Mais tarde foram instalados micros de segurança em todas as portas e barreiras com fotocélulas. Como o operador precisa de andar com máquina em manual, encaminhar papel ou outra tarefa em que possa estar num local de risco, tinha de ser possível contornar estas novas medidas. Mas também não podiam ser livremente ignoradas, se um operador estiver no meio máquina, apenas o seletor lá presente deve funcionar, para não haver o risco de não o vendo, outro operador fizesse algo andar que pudesse colocar em risco a integridade física do primeiro.

A solução na altura foi de ligar cada micro de segurança a um contator e fazer o encravamento uns com os outros através dos contatos normalmente abertos e fechados (ver figura 66).

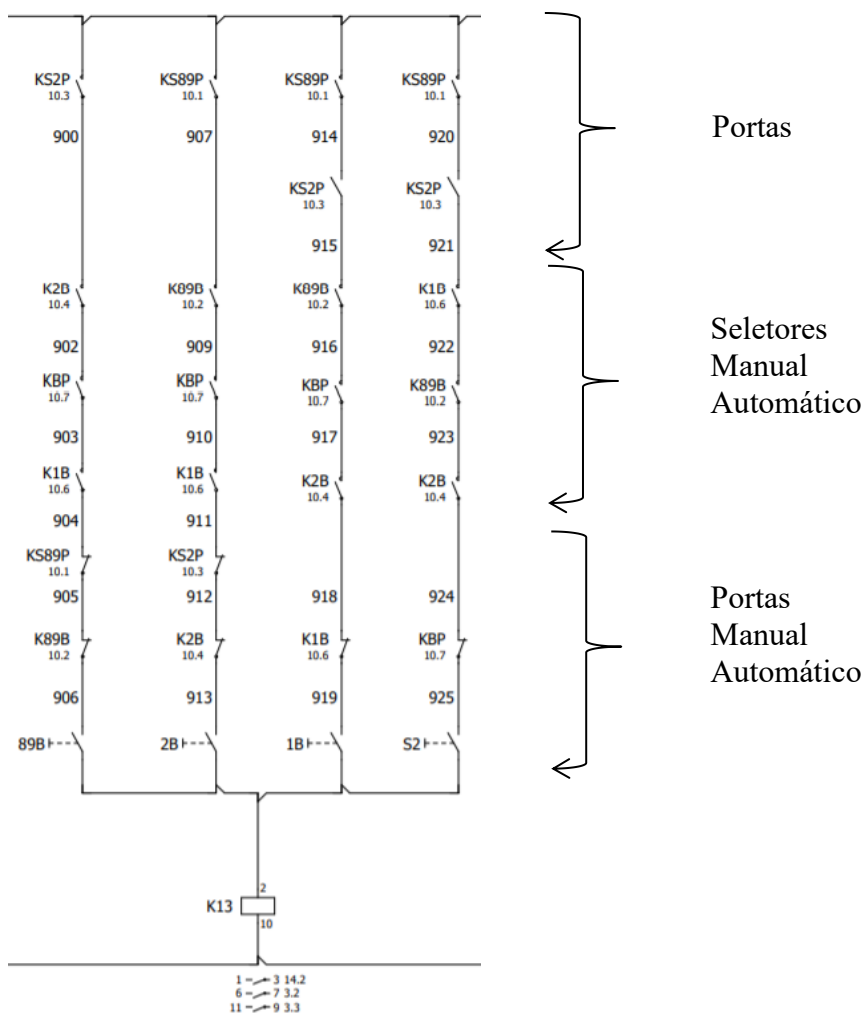


Figura 66 - Funcionamento atual do sistema de segurança para andar em impulso

Apesar de este sistema não apresentar muitas avarias, retirar todos os contadores seria o ideal, afim de se ter um quadro o mais otimizado e inteligente possível. Hoje em dia existem

equipamentos de segurança como os Pilz, bastante utilizados na Renova, que são responsáveis pela segurança e que poderiam ser também aqui aplicados.

Existem diversos modelos, o mais adequado seria um Pilz programável, a lógica permaneceria a mesma, sendo que se teria apenas um único equipamento, e podiam der gerados sinais de erros para o painel HMI, onde o operador com toda a informação aí centralizada poderia ter um tempo de resposta muito mais rápido.

Um exemplo, que acontece de forma recorrente, o papel liberta muito pó, pelo que o ambiente na fábrica por vezes afeta o bom funcionamento dos componentes, pelo que pode ocorrer que uma porta não fique devidamente fechada, por consequência o micro de segurança não fica trancado, apesar de visualmente parecer estar. É preciso dar voltas à máquina a tentar identificar o problema, que é tempo de produção perdido, quando se pode ter toda a informação centralizada. Esta melhoria seria bastante vantajosa na capacidade de tempo de resposta.

### 7.1.1.2. Acionamento

A máquina é também comandada por um acionamento obsoleto, para o qual já não existem peças de reserva, pelo que qualquer futura anomalia nesse equipamento, conduzirá a paragem imediata da máquina, com consequência de corte de produção.

O mais crítico é que se trata de um motor de corrente contínua, único na fábrica. O lado positivo é que existe um novo acionamento no armazém de peças da fábrica.

Um bom princípio de gestão seria projetar a sua substituição num futuro próximo. Existiram já diversas paragens derivadas a esta situação, muitas vezes desliga-se o quadro, espera-se um minuto e ao ligar já funciona, de outras vezes é mesmo necessária a intervenção de um técnico.

Como é possível ver pela imagem abaixo, a necessidade de substituição é iminente (ver figura 67).

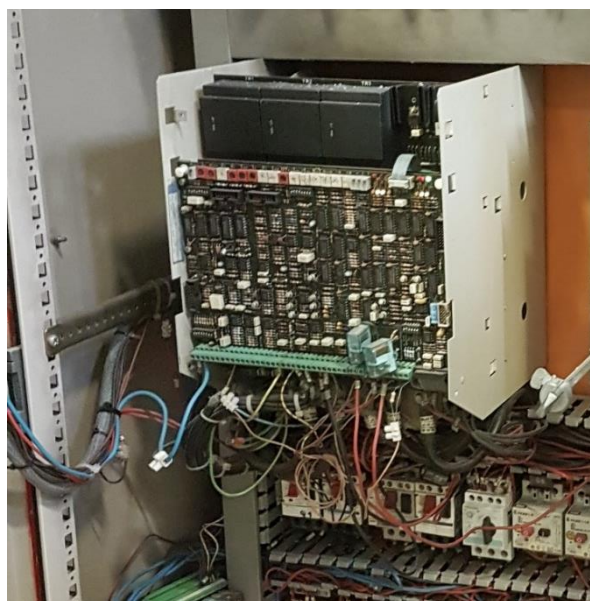


Figura 67 - Acionamento do motor principal da máquina

### 7.1.2. Conversão do sistema de domótica na iluminação da cantina

Nem todos os circuitos de iluminação da cantina ficaram a ser comandados pelo PLC, dois para se ser preciso. A razão pela qual ficaram de fora, é por estarem conectados a uma UPS (“*uninterruptable power supply*”), que é nada mais que uma fonte que garante a alimentação destes circuitos caso falte a eletricidade.

Caso se colocasse estes circuitos no PLC, o que iria acontecer é que numa eventualidade dessas, o autómato iria perder a alimentação e não daria ordem para ligar as luminárias. Para se proceder com esta alteração seriam precisas duas coisas, a primeira seria colocar a fonte do autómato ligada à UPS, e a segunda seria gerar uma entrada a identificar que faltou a eletricidade (que se não estivesse feita, ligaria automaticamente os dois circuitos).

No edifício, tal como dito no início, estão contidos também os balneários, que não chegaram a ser abordados na implementação. Em princípio, como o local não tem iluminação interior, não interessa considerar a intensidade luminosa exterior, basta ligar ou desligar consoante os detetores de movimento forem acionados.

O funcionamento em manual ficaria incorporado no mesmo HMI, no da cantina, que era como o antigo sistema funcionava com a consola. Mas seria necessário colocar um novo PLC, sendo necessário apenas passar um cabo de internet a ter de andar a passar cablagem para o primeiro (ver figura 68).

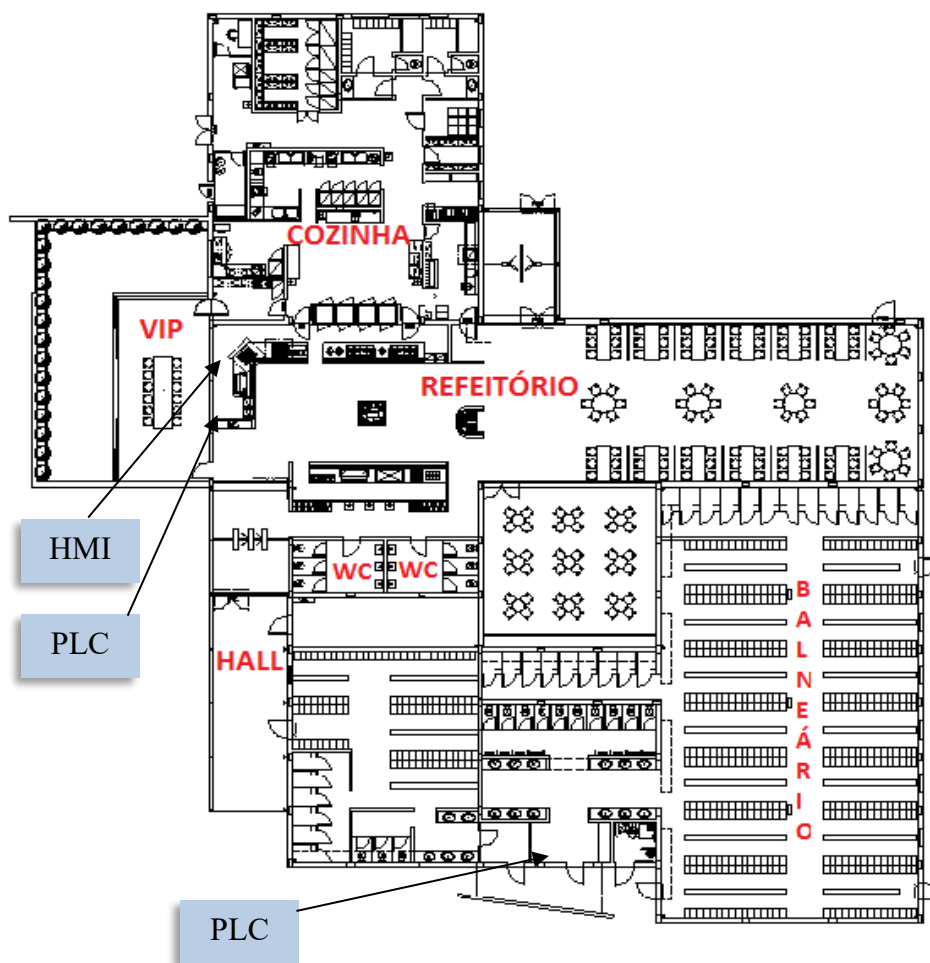


Figura 68 - Espaços a integrar no sistema atual assinalados na planta em AutoCAD

---

## Referências

- Automation, I. (2020). *What is a PLC?* Obtido de <https://www.inductiveautomation.com/resources/article/what-is-a-PLC>
- Carracinha, F. J. (2009). *Análise de Funções de Segurança num processo industrial e num posto de transformação de energia eléctrica, numa industria papeleira, aplicando a metodologia SFA*. Lisboa.
- Control Systems & Automation*. (2019). Obtido de <https://www.controlsandautomation.com/learn/plc/plc-programming-basics-i/>
- COPADATA. (2020). *O que é HMI?* Obtido de <https://www.copadata.com/pt/produtos/zenon-software-platform/visualization-control/o-que-e-hmi-a-interface-homem-maquina-copa-data/>
- EPLAN. (2020). *EPLAN Electric P8*. Obtido de <https://www.eplan.com.br/br/solucoes/engenharia-eletrica/eplan-electric-p8/>
- Lamb, F. (2015). *Automação Industrial na Prática*. Bookman.
- Lewis, R. W. (1998). *Programming industrial control systems using IEC 1131-3*. United Kingdom.
- Petruzella, F. D. (2013). *Controladores Lógicos Programáveis*. Bookman.
- Siemens. (2017). *Documentação de treinamento SCE: Módulo TIA Portal 013-101 Configuração de hardware específica com SIMATIC S7 CPU 314C-2 PN/DP*.
- Siemens. (2018a). *Documentação de aprendizado/treinamento: Módulo do TIA Portal 041-101 WinCC Basic com KTP700 Basic e SIMATIC S7-1200*.
- Siemens. (2018b). *Learn-/Training Document: TIA Portal Module 031-600 Global Data Blocks for the SIMATIC S7-1200*.
- Silva, M. E. (2007). *CONTROLADORES LÓGICO PROGRAMÁVEIS - LADDER*. Piracicaba: EEP – Escola de Engenharia de Piracicaba.
- Sousa, A. J. (2005). *Cursos de Omron: Autómatos Programáveis*. Porto. Obtido de [https://paginas.fe.up.pt/~asousa/tsca/Omron/cursos\\_omr/Teoria1+2+3\\_V1\\_0.pdf](https://paginas.fe.up.pt/~asousa/tsca/Omron/cursos_omr/Teoria1+2+3_V1_0.pdf)