

DM

# Gestão Integrada de Edifícios com Autómato Programável

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**José Miguel Dantas Ornelas**

MESTRADO EM ENGENHARIA ELETROTÉCNICA - TELECOMUNICAÇÕES



UNIVERSIDADE da MADEIRA

*A Nossa Universidade*

[www.uma.pt](http://www.uma.pt)

Maio | 2021



**Gestão Integrada de Edifícios com  
Autómato Programável**  
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**José Miguel Dantas Ornelas**

MESTRADO EM ENGENHARIA ELETROTÉCNICA - TELECOMUNICAÇÕES

ORIENTAÇÃO

João Dionísio Simões Barros



“Nada é particularmente difícil se for dividido em pequenas tarefas.”

Henry Ford



## **Agradecimentos**

Foram várias as pessoas que contribuíram para que fosse possível a realização deste projeto e a quem quero agradecer.

Agradeço ao Professor Doutor Dionísio Barros, orientador deste trabalho, pela forma como contribuiu e me acompanhou no decorrer deste trabalho e de todo o curso.

Um agradecimento especial a Joanna Pataca pela compreensão e companheirismo demonstrados durante esta jornada.

Aos meus pais que sempre me motivaram e proporcionaram os meios para que este ponto fosse alcançado.

Ao Sr. Rui Almeida da empresa Optimalkraft, pela troca de ideias sobre o funcionamento de determinados componentes e dinâmicas presentes nos edifícios.

E por fim aos meus colegas que de uma forma geral proporcionaram bons momentos e apoio durante esta fase.



## Resumo

A evolução verificada na construção de edifícios, trouxe a estes novas funcionalidades, volume e complexidade tecnológica. A gestão dos novos espaços tornou-se complexa, pois não só importa gerir de forma eficiente a sua utilização, mas também gerir de forma sustentável os recursos que estes consomem. Atualmente, a gestão integrada de edifícios tornou-se mais fácil, inteligente e amiga do ambiente, proporcionando mais conforto e segurança para os ocupantes e ainda proporciona a diminuição dos custos de operação e de manutenção.

Nesta tese implementou-se um sistema de gestão integrada para edifícios, capaz de monitorar e controlar os diversos subsistemas instalados. O sistema implementado é baseado numa topologia distribuída, constituída por módulos de sensores baseados em microcontroladores e no autómato programável (PLC S7-1200).

São utilizados vários sensores e atuadores para que seja feita a monitorização e controlo das diferentes funcionalidades, tais como a climatização, rega, iluminação, deteção de incêndio e controlo de acessos. O utilizador tem acesso ao sistema de gestão através da aplicação desenvolvida no software LabVIEW. Esta permite monitorizar, controlar e gerar relatórios da atividade do edifício, já que todas as operações são registadas numa base de dados.

Foram realizados diversos testes de simulação a possíveis cenários utilizando o protótipo desenvolvido para cada funcionalidade.

Verificam-se que o sistema de gestão funcionava corretamente, interligando os diversos subsistemas, trocando informações entre eles e reagindo as iterações do utilizador.

**Palavras-chave:** LabVIEW, PLC, Siemens S7-1200, Logo!, Gestão Integrada, Tia Portal.



## **Abstract**

The evolution observed in the construction of buildings has brought new features, volume and technological complexity to these. Management of the new spaces has become complex because to manage their use efficiently, but also to manage in a sustainable way the resources they consume. In recent years, the integrated management of buildings has become easier, smarter and more environmentally friendly, providing more comfort and safety for the occupants and still reducing operating and maintenance costs.

In this thesis, an integrated management system for buildings is implemented, which is capable of monitoring and controlling the various installed subsystems. The implemented system is based on a distributed topology, consisting of sensor modules based on microcontrollers and on the programmable logical controller PLC S7-1200.

Several sensors and actuators were used to control and monitor the different systems, such as air conditioning, lighting, irrigation, fire detection and access control. The user has access to the management system through an application developed in the LabVIEW software. With this, the user interacts with the system through the interfaces, generating reports, since the actions taken by the system are registered in a database.

Several simulations were carried out on possible scenarios, using the prototype developed for each functionality.

It was concluded that the management system worked correctly, interconnecting the various subsystems, exchanging information between them and reacting the user's iterations.

**Keywords:** LabVIEW, PLC, Siemens S7-1200, Logo!, Building Management Systems, Tia Portal.



## Lista de acrónimos

<b>Acrónimo</b>	<b>Descrição</b>
AC	Corrente Alternada
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
ARCnet	<i>Attached Resource Computer Network</i>
ASHARE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers</i>
AVAC	<i>Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado</i>
BACnet	<i>Building Automation and Control NETWORKS</i>
BAS	<i>Building Automation Systems</i>
BCI	<i>BatiBus Club International</i>
BMS	<i>Building Management Systems</i>
CCTV	<i>Close Circuit Television</i>
CM	<i>Common Module</i>
CPU	<i>Central Process Unit</i>
DAQ	<i>Data acquisition</i>
DC	<i>Corrente continua</i>
DI	<i>Digital Input</i>
DO	<i>Digital Output</i>
EEPROM	<i>Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory</i>
EHSA	<i>European Home Systems Association</i>
EIB	<i>European Installation Bus</i>
EIBA	<i>European Installation Bus Association</i>
FBD	<i>Functional Block Diagram</i>
HMI	<i>Human Machine Interface</i>
I/O	<i>Input or Output</i>
IDE	Interface de Desenvolvimento
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IL	<i>Instruct List</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
ISA	<i>International Standards Association</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>

<b>Acrónimo</b>	<b>Descrição</b>
KNX	<i>Protocolo da associação Konnex</i>
LabVIEW	<i>Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench</i>
LAD	<i>Ladder Logic</i>
LAN	<i>Local Area Network</i>
LDR	<i>Light Dependent Resistor</i>
LONWorks	<i>Local Operating Network</i>
NC	<i>Normally closed</i>
NO	<i>Normally-Open</i>
OLE	<i>Object Linking and Embebedding</i>
OPC	<i>OLE for Process Control Unified Architecture</i>
OSI	<i>Open System Interconnection</i>
OTA	<i>Over The Air</i>
PIR	<i>Passive Infrared Sensor</i>
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i>
Profibus	<i>Process Field Bus</i>
PTP	<i>Point-to-Point</i>
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
RTU	<i>Remote Terminal Unit</i>
SB	<i>Signal board</i>
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
SGIE	<i>Sistema de Gestão Integrada em Edifícios</i>
SM	<i>Signal module</i>
SQL	<i>Structured Query Language</i>
SRAM	<i>Static Random-Access Memory</i>
ST	<i>Structured Text</i>
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
TIA Portal	<i>Totally Integrated Automation</i>
TTL	<i>Transistor-Transistor Logic</i>
UART	<i>Universal Asynchronous Receiver-Transmitter</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
VDC	<i>Tensão em corrente continua</i>
X10	<i>Protocolo de Comunicação</i>
XAMPP	<i>Servidor Web</i>

# Índice

Agradecimentos .....	iv
Resumo.....	vi
Abstract.....	viii
Lista de acrónimos .....	x
Índice.....	xii
Índice de figuras .....	xvii
Índice de tabelas .....	xxiii
1 Introdução.....	1
1.1 Motivação.....	1
1.2 Objetivos .....	1
1.3 Organização da tese .....	2
2 Revisão bibliográfica.....	3
2.1 Gestão integrada de edifícios.....	3
2.2 Evolução da gestão integrada de edifícios.....	4
2.2.1 BMS baseada na rede LAN .....	4
2.2.2 Sistemas “open”, compatíveis com a rede de Internet.....	5
2.2.3 Sistema de gestão integrada em edifícios – questões e problemas	5
2.3 Protocolos de comunicação .....	8
2.3.1 EIB/KNX .....	9
2.3.1.1 Topologia EIB/KNX .....	10
2.3.1.2 Vantagens e desvantagens do EIB/KNX.....	11
2.3.2 X10 .....	11
2.3.3 LonWorks .....	12
2.3.3.1 <i>Neuron Chip</i> .....	13

2.3.3.2	Vantagens do LonWorks .....	13
2.3.3.3	Topologias de rede LON .....	14
2.3.3.4	Estrutura da rede LON .....	15
2.3.4	BACnet .....	16
2.3.5	Modbus .....	18
2.3.6	Profibus .....	19
2.3.7	Comparação entre protocolos .....	20
2.4	PLC - Controlador lógico programável .....	21
2.4.1	<i>Hardware</i> do PLC .....	22
2.4.2	Linguagens de programação .....	23
2.4.3	Automação baseada em controladores lógicos programáveis .....	24
2.5	Elementos presentes num sistema de gestão integrada de edifícios..	25
2.5.1	Sensores .....	25
2.5.2	Atuadores .....	26
2.5.3	Controladores .....	26
2.5.4	Interfaces .....	26
2.5.5	Dispositivos específicos de rede.....	27
2.6	Sistemas controlados pela gestão integrada de edifícios.....	27
2.6.1	Climatização .....	27
2.6.2	Iluminação .....	28
2.6.3	Segurança e controlo de acessos.....	29
2.6.3.1	Circuito fechado de televisão .....	30
2.6.3.2	Controlo de acessos e intrusão.....	30
2.6.3.3	Deteção de incêndio .....	31
2.6.4	Fornecimento de energia.....	33
3	Projeto do sistema de gestão integrada num edifício comercial .....	35
3.1	Designação do edifício .....	35

3.2	Sistemas controlados pelo SGIE .....	36
3.3	Especificações do sistema .....	37
3.4	Ações do SGIE.....	40
3.5	Topologia da rede .....	41
4	Desenvolvimento do sistema de gestão integrada em edifícios .....	42
4.1	Sensores e detetores .....	42
4.1.1	Sensor de temperatura .....	42
4.1.2	Sensor de luz.....	43
4.1.3	Sensor de nível.....	44
4.1.4	Detetor de incêndio.....	44
4.1.5	Detetor de inundação .....	45
4.1.6	Eletroválvula .....	46
4.1.7	Detetor de movimento .....	47
4.2	Controlador lógico programável .....	47
4.2.1	S7-1200 .....	48
4.2.2	LOGO! .....	49
4.3	Microcontroladores.....	51
4.3.1	Arduino UNO REV 3.....	51
4.3.2	NodeMcu 8266 .....	52
4.4	<i>Shields</i> .....	53
4.4.1	Arduino <i>Ethernet Shield</i> .....	53
4.4.2	VMA405.....	54
4.5	Servidor de dados .....	54
4.6	Servidor de variáveis.....	56
4.7	TIA Portal .....	57
4.8	Funcionalidades implementadas .....	57
4.8.1	Climatização .....	57

4.8.2	Iluminação .....	59
4.8.3	Controlo de acessos .....	60
4.8.4	Sistema de rega e deteção de inundação .....	61
4.8.5	Deteção de incêndio e videovigilância .....	64
4.8.6	Gestão de energia .....	65
4.8.7	Interface de controlo manual .....	67
4.8.8	Aplicação desenvolvida no LOGO!Soft.....	69
4.8.9	Base de dados.....	70
4.8.10	Comunicação entre o Tia Portal e o sistema de gestão .....	71
4.8.11	Maquete desenvolvida para verificação experimental.....	72
4.9	Interface gráfica do sistema de gestão integrada de edifícios.....	74
4.9.1	Separador “Edifício” .....	77
4.9.2	Separador “Climatização” .....	78
4.9.3	Separador “Iluminação” .....	80
4.9.4	Separador “Águas” .....	81
4.9.5	Separador “Incêndio” .....	82
4.9.6	Separador “Controlo de acessos” .....	82
4.9.7	Separador “Energia” .....	82
4.9.8	Separador “Relatórios” .....	83
4.9.9	Separador “Alertas” .....	83
5	Testes e resultados .....	84
5.1.1	Climatização .....	84
5.1.2	Iluminação .....	87
5.1.3	Deteção de inundação e rega.....	89
5.1.4	Deteção de incêndio .....	92
5.1.5	Controlo de acessos e videovigilância.....	93
5.1.6	Energia .....	94

5.1.7	Relatório e alertas.....	95
6	Conclusões e trabalhos futuros .....	96
6.1.1	Conclusões gerais .....	96
6.1.2	Trabalhos futuros.....	99
	Referências bibliográficas .....	100
	Anexo A – Estrutura das mensagens utilizada pelos protocolos de comunicação .....	106
	Anexo B – Tabela de comparação entre as tecnologias adotadas para o BACnet .....	109
	Anexo C – Implementação do SGIE.....	110
	Anexo D – Código implementado para o controlo de acessos.....	138
	Anexo E – Código do módulo sensores externos.....	141
	Anexo F – Código implementado para interface de controlo manual.....	143
	Anexo G – Código PHP desenvolvido para aplicação que recebe e envia os dados provenientes dos módulos de Arduino para a base de dados.....	146
	Anexo H – Código da interface do sistema de gestão.....	151
	Anexo I – Simulações e resultados .....	161

## Índice de figuras

Figura 2. 1 – Exemplo de um sistema de gestão integrado de edifícios [6].	6
Figura 2. 2 - Modelo OSI, adaptado de [7].	8
Figura 2. 3 - Rede EIB [11].	9
Figura 2. 4 - Regra de envio de bits no X10 [14].	12
Figura 2. 5 - Neuron chip [17].	13
Figura 2. 6 - Arquitetura da rede LonWorks [15].	14
Figura 2. 7 - Topologia admitidas pela rede LonWorks [19].	15
Figura 2. 8 - Topologia da rede LonWorks [15].	16
Figura 2. 9 - Comparação entre as camadas do BACnet e modelo OSI [20].	18
Figura 2. 10 - Mestre e escravo, comunicação através de pedido e resposta [23].	19
Figura 2. 11 - Perfil físico, de comunicação e de aplicação do sistema Profibus, adaptado de [25]–[28].	20
Figura 2. 12 - Componentes constituintes de um PLC básico, adaptado de [27], [28].	22
Figura 2. 13 - Linguagens de programação definidas pela norma IEC-61131, adaptado de [35].	24
Figura 3. 1 - Planta do edifício.	35
Figura 3. 2 - Planta do edifício com os diversos sistemas a serem implementados.	36
Figura 3. 3 - Esquema de ligação entre os componentes na rede do edifício.	37
Figura 3. 4 - Topologia de rede adotada para o SGIE.	41
Figura 4. 1 - Sensor de nível de líquidos [41].	44
Figura 4. 2 - Sensor de chama KY-026 [42].	45
Figura 4. 3 - Circuito desenvolvido para o detetor de líquidos.	46
Figura 4. 4 - Carcaça adotada para proteger o circuito do detetor de inundação [43].	46
Figura 4. 5 - Eletroválvula VMA422 [44].	47
Figura 4. 6 - PLC S7-1200 DC/DC/DC 1212C [48].	49
Figura 4. 7 - PLC LOGO! 24RCEo [49].	50
Figura 4. 8 - Arduino Uno Rev3 [51].	52
Figura 4. 9 - NodeMCU ESP8266 [52].	53

Figura 4. 10 - Ethernet Shield compatível com Arduino Uno [53].	54
Figura 4. 11 - VMA405 módulo MFRC522 MIFARE [54].	54
Figura 4. 12 - Raspberry Pi 4, 4 GB [55].	55
Figura 4. 13 - Esquema de ligação para o controlador de acessos.	60
Figura 4. 14 - Fluxograma do programa desenvolvido para o controlador de acessos.	61
Figura 4. 15 - Programa desenvolvido para a deteção de inundação no TIA Portal.	62
Figura 4. 16 – Esquema adotado para o módulo de sensores externos (humidade do solo, humidade do ar, chuva e luminosidade do exterior).	63
Figura 4. 17 - Detetor de incêndio, baseado em Arduino.	64
Figura 4. 18 - Diagrama de ligação do painel solar, controlador de carga e bateria.	66
Figura 4. 19 - Circuito divisor de tensão.	66
Figura 4. 20 - Esquema de ligação do módulo de controlo manual, HMI.	67
Figura 4. 21 - Definição de parâmetros de ligação a rede local.	67
Figura 4. 22 - Configuração adotada para apresentação de mensagens no display.	68
Figura 4. 23 - Função que permite limpar a memória do sistema após escolha do utilizador.	68
Figura 4. 24 - Ciclo de verificação de erros no envio dos dados.	69
Figura 4. 25 - Aplicação desenvolvida para o PLC LOGO!.	70
Figura 4. 26 - Criação de tabelas na base de dados.	71
Figura 4. 27 - Sensor de luz montado na maquete.	72
Figura 4. 28 - Sistema fotovoltaico implementado na maquete.	74
Figura 4. 29 - Interface gráfica do sistema de gestão integrada em edifícios.	75
Figura 4. 30 - Interface gráfica desenvolvida para o separador "Edifício".	77
Figura 4. 31 - Interface gráfica da aplicação que monitoriza a climatização.	78
Figura 4. 32 - Estado da máquina, modo de aquecimento.	78
Figura 4. 33 - Estado da máquina, modo de ventilação.	79
Figura 4. 34 – Indicador de abertura de espaço. a) , espaço fechado. b), espaço aberto.	79

Figura 4. 35 - Indicador temporal da evolução da temperatura no espaço consoante a escolha do utilizador. ....	80
Figura 4. 36 - Interface gráfica adotada para a aplicação que monitoriza a iluminação. ....	81
Figura 4. 37 - Interface gráfica adotada para a aplicação que monitoriza as águas. ....	81
Figura 4. 38 - Interface gráfica da aplicação que monitoriza o controlo de acessos. ....	82
Figura 4. 39 - Interface gráfica da aplicação que monitoriza a energia. ....	83
Figura 5. 1 - Indicador de espaço aberto. ....	84
Figura 5. 2 - Situação em que a temperatura definida, ou de referência, é superior à temperatura medida. ....	85
Figura 5. 3 - Situação em que o espaço se encontra aberto. ....	86
Figura 5. 4 - Situação em que a temperatura definida é inferior a temperatura no espaço e este encontra-se fechado. ....	87
Figura 5. 5 - Situação em que é detetada movimento no espaço: a) Situação em que o interruptor está ativo. b) Situação em que o interruptor não está ativo. .	88
Figura 5. 6 - Situação em que não há movimento durante três minutos. ....	89
Figura 5. 7 - Situação em que não há deteção de fuga de água. ....	90
Figura 5. 8 - Tanque de aproveitamento de água. ....	90
Figura 5. 9 - Medição de humidade do solo. ....	91
Figura 5. 10 - Indicação de válvula aberta no sistema de rega. ....	91
Figura 5. 11 - Simbologia adotada para bom tempo. ....	91
Figura 5. 12 - Deteção de incêndio no espaço 1. ....	92
Figura 5. 13 - Tabela de dados com registo de permissões ao edifício. ....	93
Figura 5. 14 - Interface do controlo de energia. ....	94
Figura 5. 15 - Indicação da origem da energia. ....	94
Figura 5. 16 - Relatório de operações disponibilizado pelo sistema. ....	95
Figura A 1 - Modelo de mensagens Modbus, adaptado de [22],[24] e [25]. ...	108
Figura C. 1 - Pinout do circuito integrado LM35, sensor de temperatura [38].	110
Figura C. 2 - Relação entre a tensão de saída e a temperatura [38]. ....	110
Figura C. 3 - Circuito de condicionamento utilizado para o sensor de luz [65]. .....	110

Figura C. 4 - Influência da intensidade de luz na resistência do LDR [65]. ....	110
Figura C. 5 - Capacidade de memória do S7-1200. ....	112
Figura C. 6 - Funções disponibilizadas no TIA Portal.....	112
Figura C. 7 - Funções disponibilizadas pelo LOGO!Soft. ....	114
Figura C. 8 - Esquema de ligação do PLC para o sistema de climatização. ...	117
Figura C. 9 - Função implementada no PLC S7-1200: verificação da abertura dos espaços. ....	118
Figura C. 10 - Função implementada no PLC S7-1200: controlo de temperatura nos espaços. ....	119
Figura C. 11 - Esquema de ligação do PLC S7-1200 e LOGO para o sistema de iluminação. ....	120
Figura C. 12 - Função implementada no PLC S7-1200 para controlar o sistema de iluminação. ....	121
Figura C. 13 - Função implementada no PLC S7-1200 para controlar o sistema de iluminação através da deteção de movimento. ....	122
Figura C. 14 - Programa desenvolvido para o sistema que controla a rega...	123
Figura C. 15 - Esquema de ligação do PLC S7-1200 para o sistema de rega/inundação.....	124
Figura C. 16 - Fluxograma da função implementada para o detetor de incêndio. ....	125
Figura C. 17 - Circuito implementado para medição de parâmetros relacionados com a energia produzida e consumida pelo edifício.....	126
Figura C. 18 - Implementação do menu de navegação para o controlador manual. ....	126
Figura C. 19 - Fluxograma do programa implementado para o controlador manual. ....	127
Figura C. 20 - Interface HMI implementada.....	128
Figura C. 21 - Esquema de rede adotado para a comunicação entre o LOGO! e o S7-1200.....	128
Figura C. 22 - Configuração de parâmetros de rede e atribuição de endereços as variáveis partilhadas.....	128
Figura C. 23 - Interface de entrada no software de gestão da base de dados. ....	129

Figura C. 24 - Painel de navegação phpMyAdmin. ....	129
Figura C. 25 - Lista de variáveis partilhadas no OPC Server. ....	130
Figura C. 26 - Definição dos parâmetros relativos a cada variável partilhada. ....	130
Figura C. 27 - Ventilador e elemento radiante implementado na maquete, para simular o sistema de climatização. ....	131
Figura C. 28 - Sensor de temperatura, LM35, montado na maquete. ....	131
Figura C. 29 - Sistema de iluminação montado com fita de led na maquete. ....	131
Figura C. 30 - Microswitch que simula a abertura dos espaços. ....	131
Figura C. 31 - Montagem do detetor de inundação no espaço 2 da maquete. ....	131
Figura C. 32 - Implementação do tanque de aproveitamento das águas pluviais, com os respetivos sensores de nível. ....	132
Figura C. 33 - Função controlo de temperatura. ....	134
Figura C. 34 - Função implementada para controlo da iluminação ....	135
Figura C. 35 - Função controlo da rega. ....	137
Figura H. 1 - Código para interface "AVAC". ....	151
Figura H. 2 - Código para interface "Iluminação". ....	152
Figura H. 3 - Código para interface "Águas". ....	153
Figura H. 4 - Código para interface "Incêndio". ....	154
Figura H. 5 - Código para interface "CCTV e controlo de acessos". ....	155
Figura H. 6 - Código para interface "Energia". ....	156
Figura H. 7 - Código para interface "Relatório". ....	157
Figura H. 8 - Código para interface "Alertas". ....	158
Figura H. 9 - Código para a pesquisa na base de dados. ....	159
Figura H. 10 - Código para interface "Edifício". ....	160
Figura I. 1 - Resultado obtido quando os espaços estão abertos. ....	161
Figura I. 2 - Resultado obtido quando o utilizador define a temperatura, com o "espaço 2" aberto. ....	161
Figura I. 3 - Resultado obtido quando foi definido a temperatura, com os espaços fechados. ....	162
Figura I. 4 - Resultado obtido quando foi detetado movimento em dois espaços, em que o interruptor estava "On" e "Off". ....	162
Figura I. 5 - Bloco responsável pelo controlo simulado no TIA Portal, quando a iluminação natural é inferior à iluminação artificial. ....	163

Figura I. 6 - Bloco responsável pelo controlo simulado no TIA Portal, quando a iluminação natural no espaço 2 é superior à iluminação artificial.....	163
Figura I. 7 - Resultado obtido para a simulação de inundação.....	164
Figura I. 8 - Resultado obtido para a interface gráfica de rega.....	164
Figura I. 9 Resultado obtido quando o sistema de rega deteta que a humidade do solo no setor 1 é baixa. ....	164
Figura I. 10 - Resultado obtido quando há necessidade de regar, mas não há água no tanque de aproveitamento.....	165
Figura I. 11 - Resultado obtido quando há necessidade de regar, mas está a chover. ....	165
Figura I. 12 - Resultado obtido quando foram detetados incêndios nos três espaços.....	165
Figura I. 13 - Resultado obtido quando foi detetado apenas incêndio no espaço 2. ....	166
Figura I. 14 - Resultado obtido quando foi simulado a interface gráfica do sistema de CCTV e controlo de acessos.....	166
Figura I. 15 - Resultado obtido quando foi simulado a ausência de energia produzida pelo painel solar. ....	166
Figura I. 16 - Resultado obtido quando foi feita a pesquisa na interface "Alertas". ....	167
Figura I. 17 - Definição dos parâmetros de pesquisa na interface "Relatórios" e "Alertas".....	167

## Índice de tabelas

Tabela 2. 1 - Rede LonWorks.....	15
Tabela 2. 2 - Comparação de características entre detetores de incêndio presentes no mercado [6] .....	33
Tabela 4. 1 - Estrutura quantitativa do S7-1200 CPUs [46], [48].....	48
Tabela A. 1 - Estrutura da mensagem X10. ....	106
Tabela B. 2 - Comparação entre tecnologias adotadas para automação e o BACnet [20]......	109
Tabela C. 1 - Datasheet do LDR PGM5616. Adaptado de [65]......	111
Tabela C. 2 - Datasheet do sensor de chama KY-026, adaptado de [42]. ....	111
Tabela C. 3 - Datasheet detetor eMINIMAL [45]. ....	111
Tabela C. 4 - Comparação das características dos diferentes modelos do Siemens LOGO!, adaptado de [49]. ....	113
Tabela C. 5 - Características da placa NodeMCU ESP8266 [52]......	114
Tabela C. 6 - Função de cada pino da placa NodeMCU [52]. ....	115
Tabela C. 7 - Entradas e saídas do PLC S7-1200 e funções associadas. ....	115
Tabela C. 8 - Características do painel solar [66]......	125
Tabela C. 9 - Correspondência entre símbolos e nomes do menu. ....	132
Tabela C. 10 - conversor DC [DB1]......	133
Tabela C. 11 - Logo [DB101]......	133

# 1 Introdução

Neste capítulo é descrita a motivação para o desenvolvimento deste projeto, os objetivos a alcançar e por fim a forma como este relatório se encontra organizado.

## 1.1 Motivação

A grande maioria dos edifícios são constituídos por sistemas independentes de automatismos, o que leva a automação independente de cada subsistema. Isto verifica-se, por exemplo, em edifícios que tenham sistemas de elevação de ascensores, bombas de água, unidades de alimentação de reserva, sistemas de produção de energia elétrica com painéis fotovoltaicos, sistema de iluminação, sistema de rega, sistema de climatização, entre outros sistemas. Normalmente não há comunicação entre estes sistemas, e gerir um edifício no ponto de vista energético é difícil sem comunicação. Assim sendo, é vantajoso desenvolver um sistema que permita a troca de informações dos vários sistemas tornando-o num sistema único, permitindo assim fazer uma análise mais detalhada das operações de cada sistema. A agregação dos vários sistemas numa única plataforma é possível através de um sistema de supervisão e gestão de dados, juntamente com autómatos programáveis, ou microprocessadores.

## 1.2 Objetivos

Este trabalho teve como objetivos principais:

- Rever a bibliografia sobre a utilização de autómatos programáveis na gestão integrada de edifícios. Aprofundar o conceito da gestão integrada nos edifícios, que tecnologias utilizam, como são implementadas as redes e que tipos de equipamentos são utilizados para construir um sistema deste tipo;
- Fazer uma análise aos vários tipos de sensores, atuadores e controladores usados para monitorizar e controlar os sistemas de gestão integrada;
- Desenvolver um sistema de gestão integrada, sendo que a sua monitorização e controlo é feita através de uma interface gráfica controlada localmente;

- Implementar diversas funcionalidades, comumente utilizadas nos sistemas de gestão integrada, usando controladores lógicos programáveis, microcontroladores, sensores e atuadores. Nestas funcionalidades incluem-se a climatização, iluminação, rega, deteção de incêndios, videovigilância e controlo de acessos;
- Desenvolver uma interface gráfica que permita monitorizar e controlar localmente o sistema de gestão integrada;
- Implementar um protótipo com as diversas funcionalidades para efeitos de testes e simulações ao sistema de gestão integrada e interface gráfica.

### **1.3 Organização da tese**

Este documento está organizado em 6 capítulos, sendo que no primeiro é apresentada a motivação, os objetivos propostos e a organização do documento.

No segundo capítulo é feita a revisão da bibliografia. São identificados os princípios em que assenta um sistema de gestão integrada em edifícios, quais os protocolos de comunicação que são utilizados, bem como foi identificado os elementos que constituem o sistema.

No terceiro capítulo apresenta-se o caso de estudo, ou seja, foi abordadas questões técnicas sobre o edifício em que será implementado o sistema.

O quarto capítulo foi apresentado os sensores e detetores a serem implementados no sistema, os controladores utilizados e as funcionalidades implementadas no sistema de gestão integrada. Ainda neste é apresentada a interface gráfica implementada para o sistema de gestão.

De seguida, no quinto capítulo, foi apresentado os resultados obtidos após a simulação e testes às várias funcionalidades implementadas.

Por fim, no último capítulo são descritas as conclusões alcançadas e são apresentadas as propostas para trabalhos futuros a serem desenvolvidos.

## 2 Revisão bibliográfica

Ultimamente verificou-se um aumento constante dos sistemas de automação presentes em edifícios comerciais e residenciais. Este aumento deve-se não só à necessidade de mais conforto, comodidade e segurança, mas também à gestão eficiente da energia consumida.

Por exemplo, nos edifícios residenciais é dada mais prioridade ao conforto e à segurança dos ocupantes. Já nos edifícios comerciais, é dada a prioridade à escalabilidade dos espaços, ou seja, estes são projetados para se poderem adaptar a diversos cenários.

Contudo em ambos os casos é dada especial atenção à gestão eficiente dos recursos, minimizado custos de operação e maximizando a vida útil dos equipamentos e espaços [1], [2].

### 2.1 Gestão integrada de edifícios

A gestão integrada de edifícios foi introduzida no mercado em 1970. Inicialmente era muito limitada. Contudo, com o passar do tempo e a evolução tecnológica, foram surgindo inovações que permitiram monitorizar e controlar a iluminação e a climatização. Mais tarde foram introduzidos os sistemas de alarmes, com a introdução dos sistemas de vídeo vigilância ou *Close Circuit Television* (CCTV). A gestão integrada de edifícios ou *Building Management Systems* (BMS) é uma ferramenta de gestão que recolhe informações de sensores e controladores com finalidades específicas, interligando-os e tornando-os num sistema único. Uma vez que não há dois sistemas iguais, mesmo que sejam os mesmos equipamentos, o desenvolvimento e implementação dum sistema de gestão integrada é feito no próprio edifício [3].

O sistema é concebido para fazer a gestão inteligente nas áreas da manutenção, segurança e conforto em diversas instalações. Este tipo de solução tem grande aplicabilidade em edifícios de maiores dimensões, tais como centros comerciais, aeroportos e hospitais. A automação dos edifícios na área dos sistemas de gestão técnica contemplam, instalações elétricas, o projeto da instrumentação, da automação, do controlo e da supervisão técnica e operações [3] [4].

Relativamente aos sistemas de segurança, a gestão integrada incide nas áreas da CCTV, deteção de incêndios, deteção de gases nocivos e poluição, intrusão e controlo de acessos [4].

Por último os sistemas integrados abrangem as áreas da aquisição e base de dados de informação para a gestão, bem como as aplicações de gestão técnica [4].

Com a BMS é possível controlar, monitorizar e gerir o sistema como um todo, ou parte dele. O investimento em sistemas deste tipo depende muito do edifício em questão e qual a sua finalidade, pois quanto mais sofisticação mais dispendiosa se torna a sua implementação.

Grande parte das despesas que os edifícios apresentam é o custo da energia utilizada para a climatização e iluminação [5]. Um ponto forte do sistema BMS é o controlo e redução de despesas, tanto quanto possível. Um exemplo disso é o controlo dos sistemas de climatização, pois quando os espaços não estão ocupados, não há necessidade de fazer operações de climatização [4], [6].

Associada à gestão de edifícios está a rede de comunicações. Esta é responsável pelo estabelecimento da comunicação entre os vários sistemas e interfaces [4] [6].

## **2.2 Evolução da gestão integrada de edifícios**

Desde a década de 1940 que se verifica um desenvolvimento em torno da BMS, sendo que ao longo deste tempo verificou-se alguns estágios ou gerações de sistemas implementados nos edifícios.

Na primeira fase os sistemas continham um painel central que permitia controlar e monitorizar algumas ações. Na segunda fase, o painel central já era baseado na microcomputação. Na terceira fase deu-se a ligação entre a BMS e a rede LAN, o que permitiu que esta pudesse comunicar de forma eficiente e segura na rede do edifício. Por último, na quarta geração, a BMS foi ligada à internet, tornando o sistema num sistema *open* [4], [6].

### **2.2.1 BMS baseada na rede LAN**

O uso do computador pessoal e dos microprocessadores revolucionaram a indústria do controlo e automação. Contudo, graças às reduções de preço do

hardware, surgiram novas tecnologias de automação. Uma característica importante dos sistemas de gestão integrada atuais é o controlo distribuído, ou seja, é feito o processamento localmente, trocando a informação através da LAN com outras unidades de microprocessamento. A utilização de unidades de memória, tais como disco rígidos, traz vantagens no carregamento das aplicações e armazenamento de dados do sistema. Normalmente a BMS tinha uma plataforma central de monitorização e gestão, que estava alojada num servidor, que por sua vez estava ligado à rede LAN. Uma característica importante do BMS para esta etapa e futuras, foi o uso de estações de controlo com microprocessamento independente, mas integrado, para controlar pontos diferentes do edifício. Isto permitiu que o BMS tivesse inteligência independente e distribuída, mas integrada. Isto significa que as decisões de controlo podem ser feitas localmente, aumentando a confiabilidade do sistema, enquanto a gestão e otimização é feita coletivamente [4].

O principal problema do BMS nesta fase foi a incompatibilidade entre fabricantes e protocolos de comunicação. Pois com o aumento das especificações era necessário integrar sistemas de vários fabricantes. Esse problema ocorreu devido ao fato dos sistemas de automação predial não atenderem a nenhum protocolo de comunicação comum [4].

### **2.2.2 Sistemas “open”, compatíveis com a rede de Internet**

Os sistemas “open” permitiram a comunicação entre todos os sistemas recorrendo à rede de Internet. O uso de protocolos de comunicação “open” faz com que fabricantes diferentes pudessem interligar os seus sistemas sem grandes dificuldades, através do protocolo IP (*Internet Protocol*) e de tecnologias inerentes à Internet.

Esta rede permite criar uma base de convergência unificada para os dados gerados nos edifícios [4].

### **2.2.3 Sistema de gestão integrada em edifícios – questões e problemas**

Ao longo dos tempos, diversas limitações surgiram em torno dos sistemas de gestão integrada, trazendo frustrações entre fabricantes, desenvolvedores e construtores [6].

Embora houvesse muito trabalho para que sistemas de diferentes fabricantes pudessem comunicar sem problemas, a compatibilidade entre equipamentos ainda continua a ser um problema.

Nos sistemas de gestão integrada típicos é muito comum aplicar diversos protocolos de comunicação, mesmo que o hardware seja do mesmo fabricante. Apesar de não ser a solução mais adequada, pois encarece os custos de implementação, a utilização de uma *gateway*, faz com que seja possível integrar equipamentos com diferentes protocolos de comunicação [4].

A sua utilização melhora a comunicação entre equipamentos, porém é atrasada pelo tempo utilizado na conversão de protocolos. Com a utilização de *gateways*, a programação e configuração dos equipamentos torna-se mais complexa.

A Figura 2. 1, representa uma configuração base, adotada para um sistema de gestão integrada, que inclui o controlo do AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado), sistemas de segurança, incêndio e iluminação. Os subsistemas presentes no sistema estão interligados através de um *backbone Ethernet*. O acesso por parte dos utilizadores é feito exclusivamente pelo *software* de gestão.

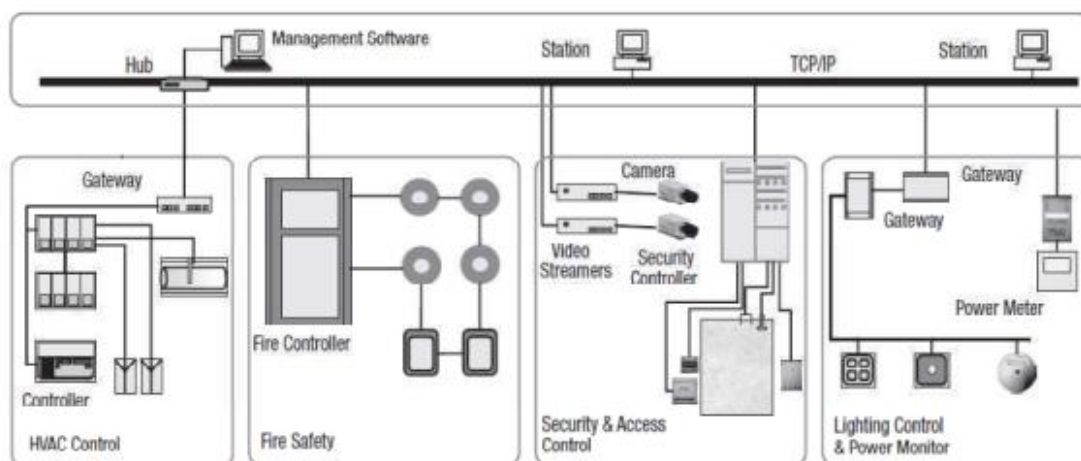


Figura 2. 1 – Exemplo de um sistema de gestão integrada de edifícios [6].

A interoperabilidade de diferentes subsistemas é alcançada quando, por exemplo, existe uma fuga de água na sala das máquinas de um edifício. Consequentemente foi feito o corte de energia das máquinas que poderão ser afetadas e foi disponibilizadas as imagens do CCTV do local para que seja

possível avaliar a situação. O mesmo acontece no caso de um incêndio, foi desativado os sistemas de climatização e na presença de um sistema de elevação este fica inoperacional, gerando-se um alerta de incêndio, sendo exibidas imagens do local onde está a decorrer o incêndio [6].

Uma boa integração dos subsistemas instalados num edifício, faz com que este se torne mais inteligente e cómodo para o seus utilizadores. Não obstante, cada subsistema tem o seu protocolo de comunicação. Esta limitação obriga a utilização de *gateways* de modo a ser feita a conversão dos protocolos de comunicação [6]. Para este caso o *software* de gestão é importante para garantir a interoperabilidade entre subsistemas.

Contudo se o sistema evoluir muito, ou seja, se adicionar vários subsistemas ao edifício, a interoperabilidade do sistema tornar-se-á mais complexa [6].

Hoje em dia, com as tecnologias já implementadas e com a oferta de novos métodos, é mais fácil contornar as dificuldades que são apresentadas na interligação dos vários subsistemas. Para facilitar a BMS pode ser dividida em três níveis: gestão, automação e campo. A integração pode ser feita de diversas formas, contudo é importante aplicar o mesmo protocolo de comunicação nos três níveis.

Ultimamente a ISO (*International Organization for Standardization*) e a ASHARE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*), entre outras, tem aplicado esforços sobre este tema. Estas adotaram como protocolos “*open*” os padrões (ISO 16484-5 e ISO/IEC 14908-1), pois têm como objetivo definir os serviços de comunicação de dados e protocolos para equipamentos de informática utilizados para a monitorização e controlo, facilitando a aplicação e uso de tecnologia de controlo digital nos edifícios. Assim a ISO 16484-5, está subjacente ao BACnet (*Building Automation and Control NETWORKS*) e o ISO/IEC 14908-1 ao LonWorks (*Local Operating Network*). Existem diferentes tipos de protocolos em uso, por forma a permitir a interoperabilidade dos sistemas de gestão integrada [6].

## 2.3 Protocolos de comunicação

Para que haja qualquer tipo de comunicação deverá sempre existir um emissor e um recetor. Os protocolos de comunicação são regras pelas quais a comunicação pode ser feita. Em geral, estes são complexos e difíceis de implementar. As especificações dos protocolos de comunicação escritos em linguagem natural, por exemplo, podem ter diversas interpretações o que os torna pouco claros ou ambíguos. Além disso, a complexidade destes também torna muito difícil a sua análise de uma forma informal [7].

Na década de 80 um grupo de trabalho da *International Organization for Standardization*, iniciou um programa de trabalho para o desenvolvimento de idiomas adequados para a OSI (*Open Systems Interconnection*). Este grupo denominou essa linguagem de “Técnicas de Descrição Formal”. O modelo OSI apresentado por este grupo de trabalho é definido por sete camadas, como mostra a Figura 2. 2. Estas descrevem os vários estágios da comunicação até ao destinatário. Todavia, na gestão integrada, nem todos os protocolos utilizados seguem este modelo. Alguns apenas possuem parte dele, sendo que alguns passam a informação da camada física, lógica e por fim para a camada de aplicação [7].

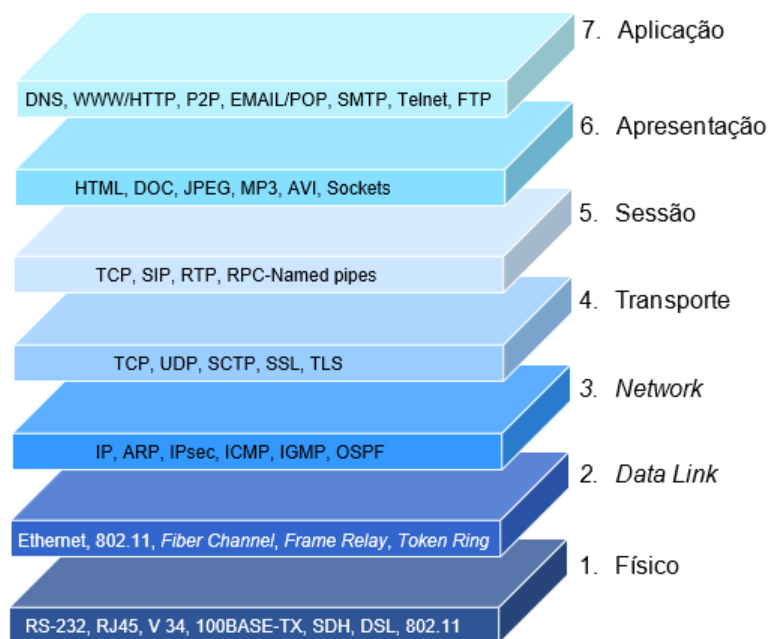


Figura 2. 2 - Modelo OSI, adaptado de [7].

No mercado, atualmente, existem dois tipos de protocolos: proprietários ou abertos. Os proprietários, mais comuns são o VIS, X2D e CAD. Nos protocolos abertos é comum serem adotados nos sistemas o Modbus, Profinet, KNX (Protocolo da associação *Konnex*), X10, LonWorks, etc.

### 2.3.1 EIB/KNX

O EIB/KNX, mais conhecido por KNX, lê-se *Konnex*, surgiu em 1999 resultando da união de três associações europeias: *European Home Systems Association* (EHSA), *BatiBus Club International* (BCI) e a *European Installation Bus Association* (EIBA). A tecnologia KNX foi projetada para ser usada em instalações elétricas de modo a implementar funções e processos de automação em edifícios [8], [9].

Quando um dispositivo envia dados para outro dispositivo, ele incorpora as informações num quadro de dados e, em seguida, transmite-os digitalmente através do barramento de campo. É possível utilizar diversos meios de transmissão, pois podem ser: par entrançado, *power line*, radiofrequência e fibra ótica. Assim os dispositivos que estão envolvidos no processamento e execução de funções trocam informações entre si através da rede instalada [10].

Na Figura 2. 3, está representada a estrutura da rede EIB/KNX [11], [12].

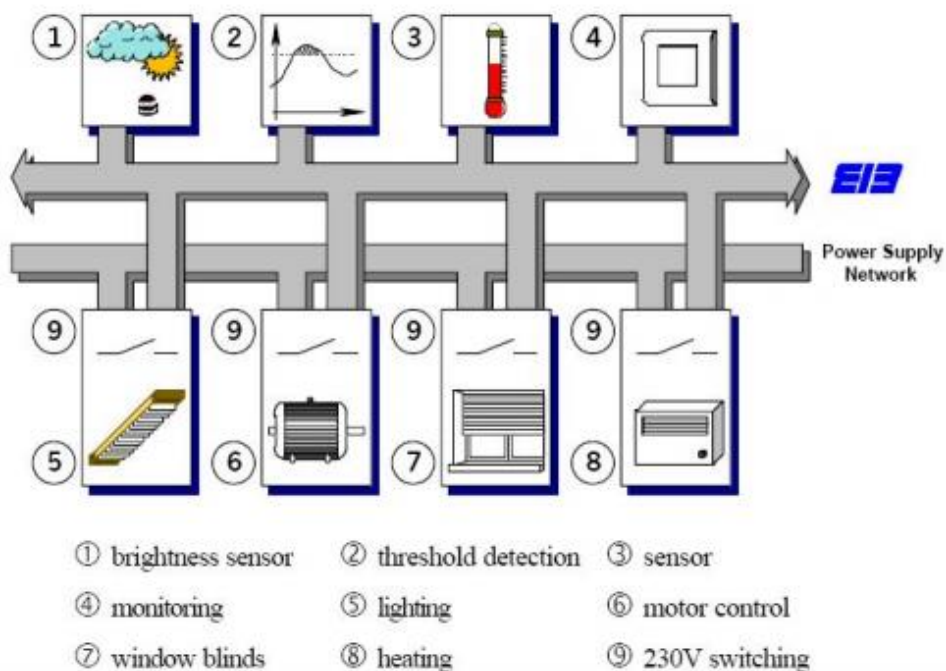


Figura 2. 3 - Rede EIB [11].

O uso do KNX prevê a necessidade de duas redes distintas, uma para a alimentação dos dispositivos na rede e outra para o comando. Como existem duas redes o sistema torna-se mais flexível e expansível, ou seja, a qualquer momento pode sofrer alterações, tornando-o maior. No fundo o que existe na prática é um cabo, de comando, que liga todos os equipamentos constituindo assim uma via de transmissão para a informação do sistema. Isto acontece apenas utilizando uma única linha, onde é feita a comunicação direta entre todos os equipamentos sem a necessidade de uma central. Esta configuração permite a implementação de diversas aplicações. Os equipamentos de “entrada” são sensíveis ao meio, sendo que estes não apenas processam comandos, ordens e valores, mas também comandos para os equipamentos de “saída”. As interfaces de saída, são interfaces de potência, que executam as ordens recebidas pelas interfaces de entrada [9], [10], [13].

### **2.3.1.1 Topologia EIB/KNX**

O sistema KNX permite a comunicação em diferentes meios físicos, tais como, o par trançado, rede elétrica, rádio frequência e infravermelhos. É ainda possível usar *gateways* para outras redes. Por exemplo, a Ethernet ou WLAN (*Wireless LAN*). A topologia desta rede é determinada pelo caminho que o sinal percorre. Contudo em alguns casos o sinal não é transportado num meio elétrico. Apesar das redes serem tipicamente de par trançado, estas podem apresentar uma topologia arbitrária, ou seja, linear, árvore, estrela ou a combinação de ambas [9]–[13].

No KNX cada segmento elétrico terá um máximo de 64 dispositivos, sendo que dois ou mais segmentos podem ligar-se usando um repetidor, originando linhas. Cada linha pode incluir 4 segmentos elétricos ligados por repetidores, originando uma capacidade de 256 dispositivos. Recorrendo aos acopladores de linha é possível interligar diversas linhas, máximo 15, através da linha principal, sendo estas conhecidas por linhas secundárias [8].

As áreas são formadas até um máximo de 15 linhas principais, podendo uma rede ser constituída por 15 áreas, onde a ligação entre linhas é feita com auxílio de acopladores de área. Assim, caso a rede seja constituída por 15 linhas, é possível ter até 15153 dispositivos, isto sem o uso de repetidores, pois se a rede incluir repetidores os dispositivos vão até aos 61233 [10]–[12].

### 2.3.1.2 Vantagens e desvantagens do EIB/KNX

Todos os sistemas apresentam vantagens e desvantagens. Como vantagens o sistema KNX apresenta a interoperabilidade, conjugação de produtos, versatilidade, suporte à vários tipos de configurações, e meios de comunicação. Este ainda possibilita a expansão da rede e a realização de mudanças e atualizações [12], [13].

Como desvantagem este sistema apresenta alguma complexidade na instalação, bem como falhas na segurança e na fonte de alimentação. No caso da segurança, uma vez que o *bus* interliga todos os dispositivos, facilmente se tem acesso ao mesmo, deixando o sistema vulnerável [12], [13].

### 2.3.2 X10

A tecnologia X10 surgiu na década de 70 e é aquela que se pode afirmar que teve mais sucesso comercial. O seu maior consumidor é o mercado americano. A sua divulgação leva a que os dispositivos tenham um custo baixo. Esta tecnologia usa a rede de distribuição de energia elétrica como meio de comunicação entre os dispositivos que formam a rede. Este é um aspeto fulcral, pois permite o seu uso em edifícios já construídos, sem a necessidade de cablagem adicional. Os dispositivos podem ser ligados diretamente nas tomadas e comandados para ligar e desligar equipamentos [8], [14].

O envio de informação através da rede elétrica acontece através do uso de *bursts* de sinais de rádio frequência com 120 kHz. Esses têm a duração de 1 ms e ocorrem em sincronismo com a passagem por zero da onda sinusoidal da rede elétrica [14].

Este fator é usado pelos recetores para determinarem quando devem escutar a linha. O valor binário 1 corresponde à presença do sinal de 120 kHz e o valor 0 indica a ausência desse sinal. Se a instalação for trifásica, o *brusts* é enviado em cada ciclo três vezes, sendo que estes devem coincidir com a passagem por zero da tensão de cada fase [14].

Uma vez que a distribuição de energia é um meio muito ruidoso, foi adotada uma política em que um *bit* nunca seria enviado isoladamente, mas sim enviado o *bit* e o seu complemento. Isto é, na prática sempre que se enviar o *bit* com valor “1” é de seguida enviado um “0”. Isto visa minimizar a probabilidade

de ruído ser confundido com um sinal válido. Posto isto foi reduzido o ritmo de transmissão, que ficou restrito a aproximadamente 50 bps [14].

A Figura 2. 4 mostra a forma de envio dos dados, sendo que por cada *bit* é enviado o seu valor seguido do seu complemento [14].

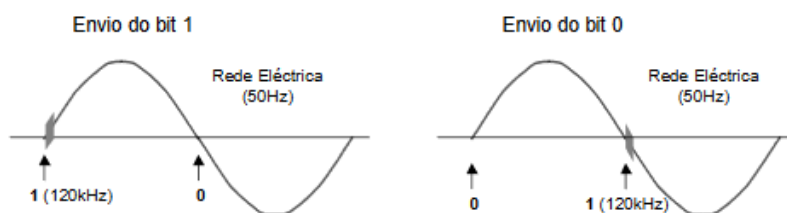


Figura 2. 4 - Regra de envio de bits no X10 [14].

A configuração da mensagem utilizada pelo sistema X-10 é apresentada com mais detalho no Anexo A.

### 2.3.3 LonWorks

O LonWorks é um protocolo de rede de comunicação, útil para aplicações de automação predial projetadas com baixa largura de banda, para dispositivos de rede através de linhas de energia, fibra ótica ou outros meios de comunicação. Desenvolvida pela *Echlon Corporation*, este sistema tem como propósito a implementação de um sistema de controlo em rede. O termo LON (*Local Operating Network*) refere-se a uma rede de controlo inteligente que facilita as comunicações entre dispositivos ou nós que se comunicam através de uma variedade de meios de transmissão, usando um protocolo de controlo comum baseado em mensagens. O fornecedor tem como objetivo, através deste protocolo, o fornecimento de um método autónomo para que outros fabricantes construam dispositivos que possam coexistir e operar como pares numa rede de controlo interoperável [15].

Nestas redes o termo nó refere-se a um dispositivo LonWorks. Os fabricantes deste tipo de dispositivos aderem ao protocolo LonTalk ao projetar e construir tais equipamentos. Os dispositivos LonWorks, também conhecidos como dispositivos inteligentes, contêm um *chip* denominado de *Neuron Chip* e um *transceiver* para a comunicação [15].

### 2.3.3.1 Neuron Chip

O componente central de um nó é o *Neuron Chip* presente na Figura 2. 5. Cada *chip* contém três CPU (*Central Process Unit*) de 8 bits, memória interna, onze pinos de entrada e de saída para uso geral com total integração com o protocolo LonTalk. Nos nós baseados em *Neuron*, o *chip* realiza a maioria do trabalho feito pelo nó, à exceção da fonte de alimentação, dispositivos de entrada e saída e algumas das funções do *transceiver*. Assim todo o trabalho que é realizado pelo nó é feito pelo *chip* [16].

O *chip* executa várias tarefas diferentes ao mesmo tempo, nomeadamente, processa, controla e atua como memória do equipamento, pois dispõe de uma EEPROM (*Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory*) integrada que contém informações de configuração e endereçamento de rede, número de série exclusivo de 48 bits permanentemente programado e ainda a aplicação desenvolvida pelo utilizador.

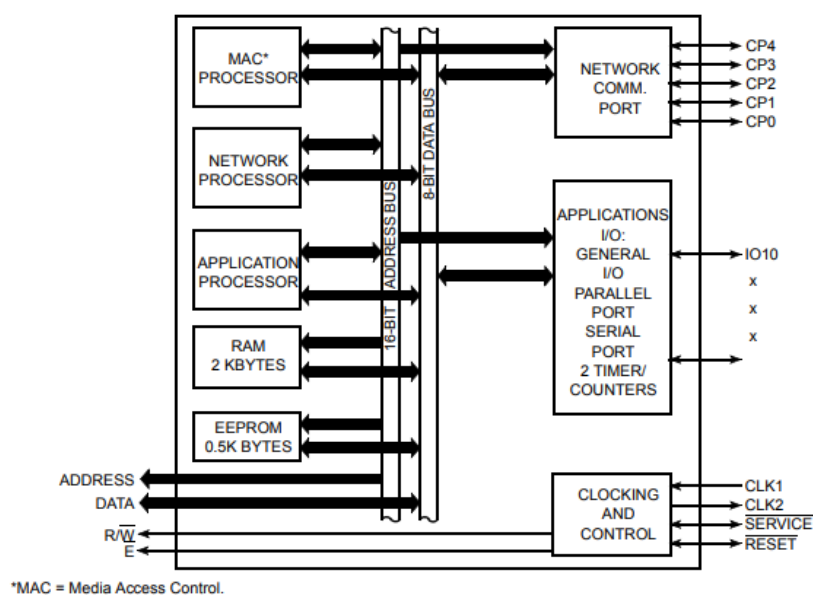


Figura 2. 5 - Neuron chip [17].

### 2.3.3.2 Vantagens do LonWorks

A grande vantagem da utilização do protocolo LON é que não se aplica apenas na automação de edifícios, mas a todos os projetos que necessitem de leituras remotas, regulação automática e controlo descentralizado. Posto isto,

através do protocolo LON obtém-se elementos com inteligência própria na rede, enviando mensagens entre si sem a necessidade de um *host*.

Como o processamento é feito localmente, a cablagem é reduzida ao mínimo, aumentando a flexibilidade do sistema. A partir da Figura 2. 6, verifica-se que o sistema LON apresenta elevados índices de redundância e fiabilidade.

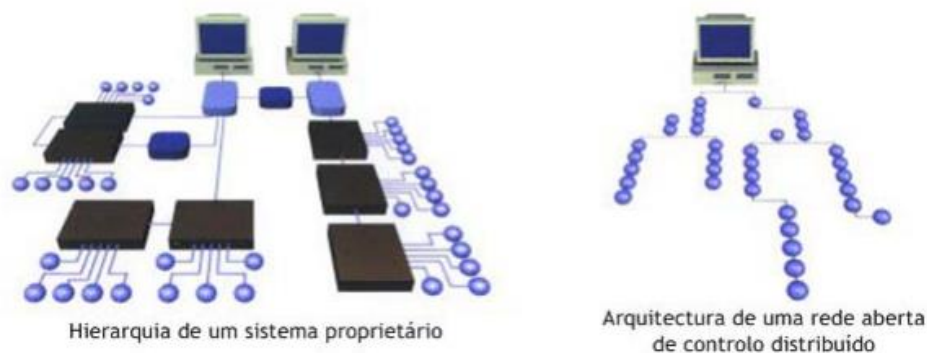


Figura 2. 6 - Arquitetura da rede LonWorks [15].

Os nós são iguais dentro da rede, sendo que apenas certos componentes é que podem decidir localmente em caso de falha de comunicação, fixando-se numa operação de emergência. Em certos casos, uma particularidade a ter em atenção quando é implementada uma rede deste tipo é a forma como é feita a transmissão dos dados, pois esta tem de ser segura e confiável. A integração de tecnologia de segurança é possível com o protocolo LON. Os sistemas designados de redundantes são exportáveis, isto é, alarmes de intrusão, mecanismos de controlo de acesso, e quando convenientemente equipados de situações de emergências, poderão integrar um só sistema. Esta conduta diminui a quantidade de sistemas e interfaces na sala técnica [15], [17], [18].

Ao tornar o protocolo “*open*”, novas funcionalidades poderão ser integradas a qualquer momento no sistema do edifício. Um exemplo disso é o controlo das cargas energéticas. Com isto o sistema irá expandir a área de controlo de acordo com as suas necessidades, sem que haja desperdícios [18].

### 2.3.3.3 Topologias de rede LON

O sistema LON pode apresentar várias topologias, em *bus*, estrela, anel e livre, como é representado na Figura 2. 7 [19].

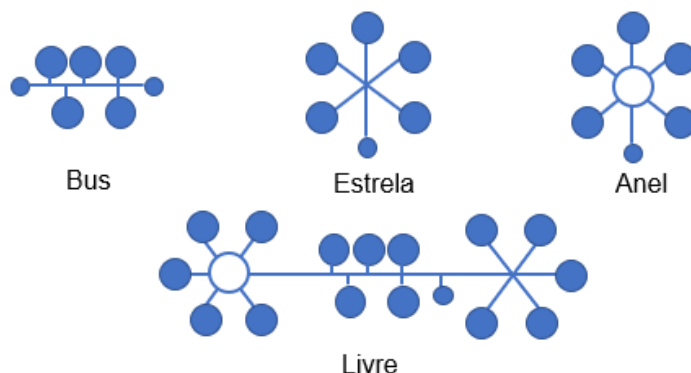


Figura 2. 7 - Topologia admitidas pela rede LonWorks [19].

### 2.3.3.4 Estrutura da rede LON

Uma rede LON pode ser apresentada como um sistema de endereçamento postal, ou seja, cidade, rua e número da casa. Para a “cidade” é definido o domínio, este permite 255 *subnets* no máximo. A “rua” representa as *subnets*, sendo que são admitidas no máximo 127 nós em cada uma. Desta forma, um único domínio, ou “cidade” poderá albergar no máximo 32385 nós. Contudo se ainda for necessário é possível juntar  $2^{48}$  domínios. Porém, apenas nós do mesmo domínio podem trocar informações diretamente entre si.

Por fim cada nó tem um endereço lógico que o identifica na rede, como mostra a Tabela 2. 1 [15], [19].

Tabela 2. 1 - Rede LonWorks.

Rede LON		Endereço postal para comparação
Identificação	Gama	
Domínio	1 ... $2^{48}$	Nome da cidade
<i>Subnet</i>	1 ... 255	Nome da rua
<i>Node</i>	1 ... 127	Número de porta

A comunicação entre nós é possível utilizando o endereçamento lógico, ou seja, a morada do destinatário. Já a efetivação da mensagem, apenas acontece quando o nó é ligado a rede. Desta forma, quando são efetuadas expansões na rede LON, presente nos edifícios, são usados *routers*, pontes e repetidores [15].

Os *routers* são equipamentos dotados de duas ou mais ligações de rede que permitem ligar duas ou mais *subnets* Figura 2. 8. Assim é estabelecida uma comunicação bidirecional entre as duas *subnets*, sendo que o *router* poderá ainda funcionar como filtro distribuidor dos endereços lógicos. Já as pontes por sua vez permitem que seja feita a ligação entre dois ou mais domínios, transportando a informação entre eles. No caso da rede apenas ter um domínio, a ponte funciona como um repetidor [15].

Por fim o repetidor é um amplificador físico, que não processa informação, e apenas é usado quando o número máximo de nós é alcançado. O emprego deste na rede LON faz com que seja possível cobrir maiores distâncias com o mesmo sinal [15].

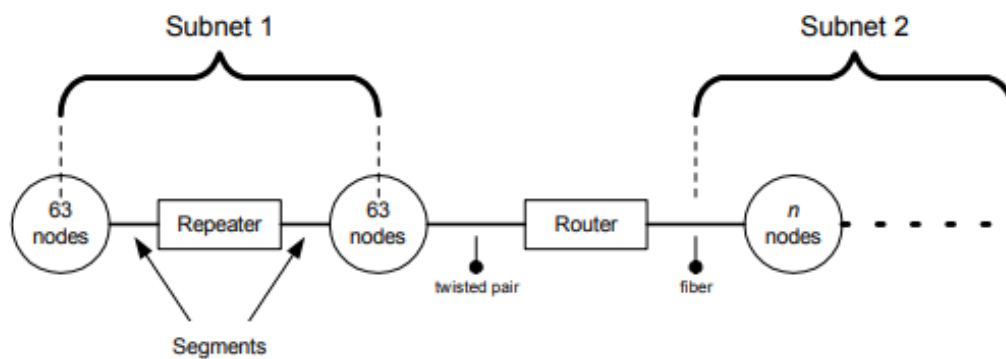


Figura 2. 8 - Topologia da rede LonWorks [15].

#### 2.3.4 BACnet

O BACnet (*Building Automation and Control Network*) é um protocolo de comunicação de dados padronizado desenvolvido pela ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*) e aprovado em 1995 pelo ANSI (*American National Standards Institute*) para o uso em automação, de modo a permitir que dispositivos e sistemas pudessem trocar informações. O BACnet é amplamente usado em vários sistemas de automação em todo o mundo, sendo que este obedece o padrão internacional ISO 16484-5 em 2003 [20].

O BACnet evoluiu da necessidade de um protocolo de comunicação de dados padronizado que possibilitasse a comunicação entre os vários componentes de automação e controlo de um edifício, garantindo a interoperabilidade e a independência do fabricante. Antes da introdução deste protocolo de comunicação, a automação era dominada por soluções

proprietárias de diferentes fabricantes. Como resultado, um controlador de aquecimento do fornecedor A não comunicava com o *software* do fornecedor B. Os sistemas de ar condicionado, ventilação, iluminação e alarme, por exemplo, muitas vezes eram planeados separadamente e não tinham interfaces pelas quais pudessem comunicar entre si ou com uma central de controlo.

Com isto os construtores de edifícios estavam em grande desvantagem. Estes eram obrigados a planear e construir o edifício recorrendo apenas a soluções de um único fabricante. Quando havia a necessidade de expandir a instalação, eles dependiam efetivamente desse único fabricante e não podiam procurar componentes potencialmente mais baratos e melhores noutra lugar.

Por outro lado, o BACnet, é um protocolo de comunicação aberto de vários fornecedores que permite a interoperabilidade de componentes de diferentes fabricantes, proporcionando uma maior transparência de mercado e concorrência. Um setor que também teve de evoluir foram as redes de computadores, pois o problema de fornecedores únicos mantinha-se. Assim a evolução neste campo, levou à criação de protocolos abertos, como o protocolo de controlo de transmissão/protocolo da Internet (TCP/IP), que se tornaram padrões aceites, embora existam outros protocolos proprietários no mercado. Atualmente, o utilizador final pode escolher o *hardware* e o *software* que lhe mais convém de diversos fabricantes.

A aplicação deste protocolo é muito variada, contudo os edifícios comerciais são os que mais consomem esta tecnologia. Por norma um edifício comercial costuma ser extremamente grande. Cada área do edifício comercial também tem requisitos diferentes, no que diz respeito ao AVAC. Por esse motivo, os sistemas nas diferentes áreas e salas de um edifício tendem a ser controlados descentralizadamente por estações remotas. Os dados das estações remotas são registados num centro de controlo, que possui um *display* gráfico, permitindo o acesso consistente entre sistemas a todos os dados do edifício e funções de controlo. É neste último ponto que o BACnet entra, pois é muito adequado para as funções de gestão [20].

A arquitetura de comunicação do BACnet é baseada no modelo OSI. A Figura 2. 9, mostra as camadas BACnet e as camadas OSI correspondentes. As funções das camadas de apresentação, sessão e transporte (camadas 4 – 7 do

modelo OSI) são, na medida do necessário, integradas na camada de aplicação do BACnet [20].

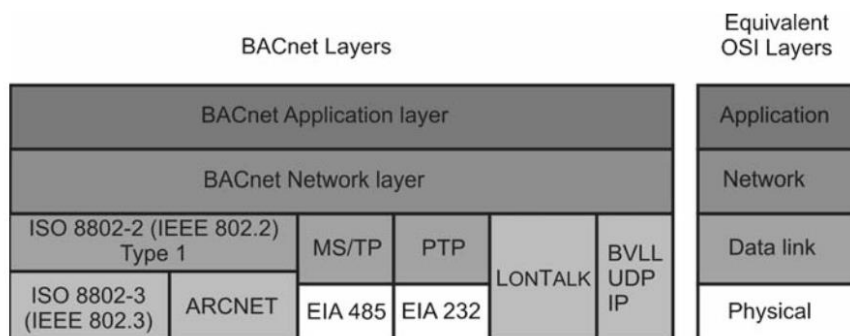


Figura 2. 9 - Comparação entre as camadas do BACnet e modelo OSI [20].

A junção das quatro camadas deve-se à necessidade de reduzir os *overheads*, que geralmente aumentam quanto mais camadas houver, mas também para minimizar os custos no *hardware* e *software* para a transmissão de dados. O objetivo é garantir o baixo custo dos equipamentos BACnet instalados com microcontroladores, que quando comparados com os computadores, tem muito menos poderes de computação e memória. É importante referir que estes dispositivos não possuem discos rígidos ou unidades de ventilação, pois a ausência destes aumenta o seu tempo de vida útil [20].

### 2.3.5 Modbus

O Modbus, implementado pela Modicon em 1970, é visto como um dos protocolos de comunicação mais antigos utilizados nas redes de automação que utilizam Controladores Lógicos Programáveis (PLC). É amplamente usado nos sistemas de automação industrial, especificamente para ligar equipamentos eletrônicos. Embora o Modbus seja o melhor para aplicações industriais, a sua simplicidade também permite que seja uma ferramenta útil para a automação.

Este utiliza como interface ao meio físico o RS-232, RS-485 e a Ethernet. Este controla os acessos ao meio através do mecanismo cliente-servidor ou mestre-escravo [21]. A estação denominada de servidor, normalmente o PLC, solicita os dados aos clientes para enviarem os dados obtidos pela instrumentação para posterior atuação dos atuadores, Figura 2. 10. O protocolo permite o envio de comandos discretos, ou seja, sinais digitais, ou numéricos. A leitura e escrita nos clientes ligados na rede é feita pelo PLC em cada ciclo de comunicação. Uma vez que o sistema de controlo de acesso é do tipo cliente-

servidor, os módulos cliente nunca iniciam a comunicação sem que haja solicitação por parte do servidor [21][22]. No Anexo A, apresenta-se com mais detalhe a estrutura das mensagens que este protocolo utiliza.

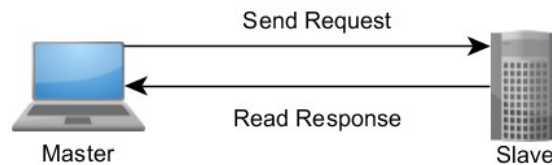


Figura 2. 10 - Mestre e escravo, comunicação através de pedido e resposta [23].

### 2.3.6 Profibus

O Profibus (*Process Field Bus*), criado em 1987, é o um dos protocolos mais utilizados nos sistemas de comunicação. É um padrão “open” de rede para comunicação industrial, usado em várias aplicações da automação industrial e gestão integrada de edifícios. A sua total independência dos fabricantes e a sua padronização deve-se as normas EN501070 e a EN50254. Atualmente este protocolo está integrado na IEC 61158, sendo considerado um padrão internacional FieldBus. Ao utilizar o protocolo Profibus, equipamentos de fabricantes diferentes podem estabelecer comunicação sem que seja feita nenhuma adaptação na interface. Assim, o Profibus poderá ser utilizado em aplicações para transmissão de informação, bem como em tarefas complexas como extensões de comunicação [23].

O sistema PROFIBUS é constituído por três camadas, representadas na Figura 2. 11, sendo estas a camada de aplicação, comunicação e a camada física. Consoante a aplicação é possível utilizar diversos perfis físicos, como interface a outros equipamentos. Já a camada de comunicação esclarece como os dados são enviados e recebidos através do canal de comunicação. A camada da aplicação define as opções do protocolo e a tecnologia utilizada na transmissão. É de salientar que estas camadas também definem o comportamento do dispositivo [23], [24].

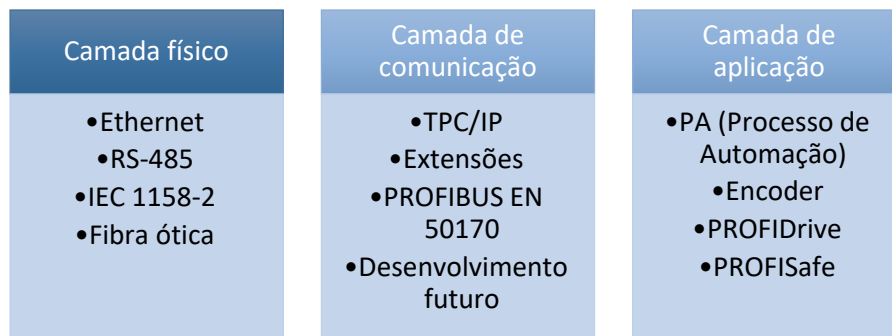


Figura 2. 11 - Perfil físico, de comunicação e de aplicação do sistema Profibus, adaptado de [25]–[28].

Este sistema especifica as características técnicas ou funcionais de um sistema de comunicação aplicado na indústria. Neste, os dispositivos digitais podem ligar-se, desde o nível mais baixo, nível de campo, até o nível mais elevado, nível de células.

Assim o Profibus é considerado um sistema multi-mestre, que admite operações conjuntas de diversos sistemas, diferenciando os mestres dos escravos, no sistema de automação. Uma vez que este para executar as funções a que se destina faz uso de uma pequena parte do protocolo de comunicação, tornando a sua implementação relativamente económica [23]–[25].

No Anexo A é explicada com mais detalhe a forma como é feita a comunicação deste protocolo.

### 2.3.7 Comparação entre protocolos

Apesar do protocolo X10 ser o mais utilizado a nível comercial, este não preenche todas as lacunas, pois possui algumas limitações quando comparado com sistemas como o LonWorks e o EIB/KNX. Estes dois últimos são muito idênticos, mas claramente que para grandes edifícios a tecnologia escolhida é o LonWorks, pois não requer grandes investimentos em cablagem. Mesmo que o sistema EIB/KNX apresente uma elevada capacidade e fiabilidade, apresenta ainda um custo muito elevado na sua instalação [26].

Por fim o BACnet é mais vantajoso a nível económico, pois apresenta custos relativamente baixos, como pode ser visto na Tabela B. 1 do Anexo B.

Comparativamente com os outros protocolos este ainda apresenta uma maior escalabilidade e flexibilidade, contudo a limitação do número de dispositivos em campo pode ser um problema, se o edifício a controlar for de grandes dimensões [27].

## **2.4 PLC - Controlador lógico programável**

A engenharia de controlo evoluiu com o tempo. No passado, os humanos eram o principal método para controlar um sistema. Através da eletricidade o controlo é feito com relés. Esses relés permitem que a alimentação seja ligada e desligada sem o auxílio de interruptores mecânicos. É comum usar relés para tomar decisões de controlo lógico simples. O desenvolvimento de computadores de baixo custo trouxe uma inovação, o Controlador Lógico Programável (PLC). Os PLCs surgiram durante nos anos 70 e tornaram-se a escolha mais comum para sistemas de controlo e automação [27].

Estes tem ganho popularidade nas fábricas, nos edifícios e em todos os sistemas que requerem automação e controlo, devido as vantagens que apresentam.

Além de serem eficazes da redução de custos, nas operações de controlo e monitorização, estes são flexíveis e permitem uma replicação de sistemas de forma rápida e fácil. Caso seja necessário implementar um sistema mais complexo, estes permitem aplicar habilidades computacionais mais sofisticadas que a maioria dos controladores.

O seu hardware utiliza componentes confiáveis, o que faz com que tenham um tempo útil maior [27] [28].

### 2.4.1 Hardware do PLC

Tipicamente um PLC é constituído por um conjunto de componentes: uma unidade de processamento ou processador, memória, interface de entradas e saídas, dispositivo de programação e a fonte de alimentação, Figura 2. 12.

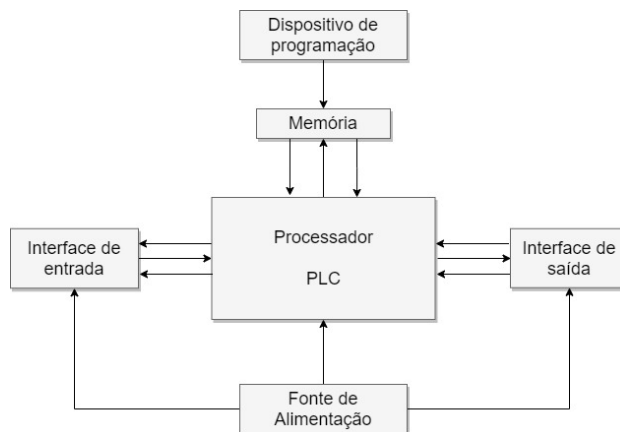


Figura 2. 12 - Componentes constituintes de um PLC básico, adaptado de [27], [28].

O dispositivo de programação é utilizado para inserir o programa necessário na memória do processador. Após o desenvolvimento do programa, este é transferido para a unidade de memória do PLC [27].

A unidade de processamento ou processador possui um microprocessador, que recebe os sinais de entrada, processa-os conforme o programa armazenado em memória, comunicando as decisões como sinais de saída [27], [28].

A memória é onde se encontra armazenado o programa que deve ser usado nas ações de controlo a serem exercidas pelo microprocessador, bem como os dados armazenados das entradas e saídas [27], [28].

A fonte de alimentação é um elemento importante, pois converte a corrente elétrica AC em DC, ou seja, para a tensão de funcionamento do controlador e periféricos, de modo a alimentar o módulo de processamento e os circuitos presentes na interface de entrada e saída [29].

Por fim as entradas e saídas são os meios que o processador utiliza para se comunicar com os dispositivos externos. Este recebe sinais de sensores ou interruptores e envia sinais para os atuadores [29].

## 2.4.2 Linguagens de programação

A IEC 61131 definiu os padrões para os PLC, como 6131-3 definindo as linguagens de programação: IL (Listas de Instruções), ST (Texto Simples), LAD (Diagrama *Ladder*) e a FBD (Diagrama de Blocos Funcionais) [29].

A linguagem LAD, com origem nos Estados Unidos da América, baseia-se na representação gráfica da lógica dos relés. Esta linguagem é baseada nos circuitos, onde é representado um interruptor que aciona ou não um determinado equipamento, por exemplo, um motor [27]–[29].

A IL, desenvolvida na Europa, é uma linguagem textual que mais se assemelha ao *assembly*. Uma lista de instruções fornece programas como uma série de instruções, com cada instrução numa nova linha. Cada instrução consiste num operador seguido por um ou mais operandos, ou seja, os assuntos do operador [29].

A FBD é uma linguagem muito utilizada na indústria. Expressa o comportamento de funções, blocos funcionais e programas como um conjunto de blocos gráficos interligados, como nos diagramas de circuitos eletrónicos. É facilmente comparável com um sistema em termos do fluxo de sinais entre elementos de processamento [29].

Por fim a ST é uma linguagem de alto nível com origens no *Ada*, *Pascal* e no *C*. Contém os elementos exigidos para uma linguagem moderna, tais como as iterações (FOR, WHILE e REPEAT) e as condições (IF-THEN-ELSE e o CASE OF). Esta linguagem é a mais adequada quando os blocos funcionais são muito complexos, pois podem ser usados em qualquer linguagem IEC [29].

A Figura 2. 13 mostra as quatro linguagens a fazerem a mesma operação. Todas elas estão interligadas, mas a escolha da linguagem depende sempre da formação do programador, do problema a resolver, da descrição do problema e da estrutura do sistema de controlo [29].

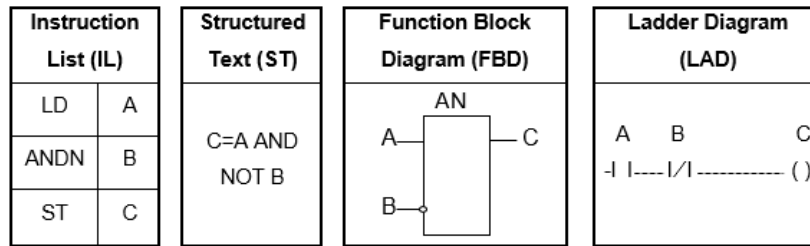


Figura 2. 13 - Linguagens de programação definidas pela norma IEC-61131, adaptado de [35].

### 2.4.3 Automação baseada em controladores lógicos programáveis

Os PLC são atualmente a tecnologia de controlo de processos industriais mais utilizada. Um PLC é um tipo de computador industrial que pode ser programado para executar determinadas funções. Com estes é possível reduzir a cablagem ou os circuitos para o controlo convencional [30].

Estes são construídos com várias entradas e saídas, as quais podem ser digitais ou analógicas. Com este tipo de entradas e saídas é possível fazer o controlo de equipamentos, desde a medição de temperaturas, pressão ou outras variáveis de interesse [30]. Os programas para controlo e operação de equipamentos de processos fabris e mecânicos normalmente são armazenados na memória interna do PLC [30]. O PLC é um exemplo de um sistema em tempo real, pois as saídas dependem dos valores apresentados nas entradas. No fundo é basicamente um computador digital, projetado para a indústria [30].

Os controladores programáveis oferecem algumas vantagens, tais como, maior confiabilidade e flexibilidade. É possível criar e testar um programa para instalar num ou vários PLC sem necessitar de alterações no código do mesmo, reduzindo a probabilidade de erros, o que aumenta a confiabilidade. No que diz respeito à flexibilidade é mais fácil criar e modificar um programa num PLC do que em qualquer outro sistema de automação, pois se o circuito permanecer igual, apenas é necessário alterar as configurações do programa. Com isto é mais rápido e seguro manter o *software*. Na área da automação, estes equipamentos apresentam um menor custo, pois a nível da comunicação conseguem comunicar com qualquer outro PLC, aumentando o número de equipamentos a controlar. Ainda é possível comunicar com um computador para realizar funções de supervisão, controlo, recolha de dados e monitorização de parâmetros dos dispositivos [30]. O tempo de resposta é extremamente rápido,

pois como o processamento ocorre em tempo real, isso significa que uma variação na entrada originará uma variação na saída [30]. Contudo este controlador não tem só vantagens, pois se o PLC falhar coloca em risco a integridade do sistema. Na área da automação, este ainda não tem programas bem delineados, o que torna um pouco trabalhosa a sua programação e montagem para formar um sistema de gestão integrada [26].

## **2.5 Elementos presentes num sistema de gestão integrada de edifícios**

Um sistema de automação é capaz de fornecer a solução para um único elemento que executa apenas uma ação ou para vários elementos que executam várias ações. Um caso em particular são os edifícios, pois estes têm diversos sistemas, e uma vez interligados podem ser automatizados por forma a trabalharem em conjunto [31].

Os elementos que constituem este sistema são, os sensores, atuadores, controladores, interfaces e os dispositivos específicos.

### **2.5.1 Sensores**

Estes são dispositivos que quando expostos a um fenómeno físico (temperatura, deslocamento, força, etc.) produzem um sinal de saída proporcional (elétrico, mecânico, magnético, etc.). O termo transdutor é frequentemente usado como sinónimo de sensor.

Idealmente, um sensor é um dispositivo que responde a uma mudança no fenómeno físico. Por outro lado, um transdutor é um dispositivo que converte uma forma de energia noutra. Os sensores são transdutores que detetam uma forma de energia e convertem o sinal de saída noutra forma de energia. Por exemplo um termopar é um sensor que responde com um sinal elétrico a uma mudança de temperatura (energia térmica), sendo chamado de sensor ou transdutor [31].

Estes informam o controlador, continuamente, do estado de monitorização das grandezas a monitorizar. Essas informações são utilizadas pelos controladores para garantir que cada grandeza monitorizada segue com

precisão a referência. As informações são apresentadas aos controladores de forma analógica, digital ou na combinação das duas.

Os sensores e os atuadores são componentes críticos nos sistemas de automação e controlo. Um sistema de controlo típico, consiste numa unidade de deteção, que pode ser tão simples como um único sensor ou um conjunto de componentes, como filtros, amplificadores, moduladores ou outros condicionadores de sinal. O controlador recebe as informações da unidade de deteção, toma decisões com base nos algoritmos implementados e envia os comandos para o atuador ou atuadores [31], [32].

### **2.5.2 Atuadores**

Os atuadores são elementos que atuam no sistema de automação, de acordo com a informação enviada pelo controlador. Estes podem ser constituídos por motores, eletroválvulas, manipuladores de ar, hidráulico e alarmes [32].

Tratando-se de elementos atuadores, estes fazem com que as decisões que o controlador toma sejam efetuadas no sistema, sendo por vezes conhecidos como “mãos do sistema” [31], [32].

### **2.5.3 Controladores**

Normalmente os controladores são os PLC programados. Estes são os “cérebros do sistema”, pois estão encarregues de processar, conforme o programa implementado, os sinais presentes nas entradas, e gerar comandos para as saídas, atuadores [31], [32].

Estes podem enquadrar-se em três grupos; PLC, controladores do sistema e rede e controladores remotos.

### **2.5.4 Interfaces**

As interfaces são elementos integrantes de um sistema de automação. São de extrema importância, pois são estes que transmitem a informação no sistema, tais como, alarmes e mensagens do sistema para o utilizador ou para o operador.

As interfaces não permitem apenas o envio de mensagens, mas também, a troca de informações e a inserção de valores no sistema através dos periféricos de entrada, por exemplo, um teclado [31], [32].

### **2.5.5 Dispositivos específicos de rede**

Os dispositivos específicos são aqueles que criam a rede. Indispensáveis nos sistemas de automação, pois é neles que é feito o encaminhamento da informação entre os sensores, controladores e atuadores. Nesta categoria inserem-se os *routers*, *switchs*, modems, entre outros dispositivos de rede [31]–[33].

## **2.6 Sistemas controlados pela gestão integrada de edifícios**

Os edifícios são espaços que podem acomodar pessoas e bens. É nestes que passamos grande parte do nosso tempo, seja como casa ou local de trabalho. Assim é conveniente tanto como na habitação ou escritório que o conforto e a segurança sejam a premissa máxima. Ambos são importantes, contudo não podem ser esquecidos os gastos associados.

Como foi descrito anteriormente os sensores são as interfaces de um sistema de automação, e como tal são utilizados para controlar ambientes, máquinas e espaços.

De seguida abordar-se-á de forma sucinta, os dispositivos e sensores indispensáveis para efetuar o controlo e monitorização de um edifício.

### **2.6.1 Climatização**

A climatização é um processo que faz com que um meio ambiente permaneça numa faixa de temperatura. O objetivo de um sistema de climatização é fornecer um nível aceitável de conforto, mantendo a qualidade do ar interno, a custos baixos e com consumos de energia mínimos [33].

Os sistemas comerciais de AVAC fornecem aos utilizadores dos edifícios “ar condicionado”, para que tenham um ambiente confortável e seguro. As pessoas respondem ao ambiente de trabalho de várias maneiras e muitos fatores afetam a saúde, atitude e produtividade. A qualidade e a condição do ar são dois fatores muito importantes. Assim por “ar condicionado” pretende-se dizer que o

ar deve estar limpo e sem odores, e a temperatura, a humidade e o movimento do ar encontram-se dentro de determinadas faixas de conforto aceitáveis.

A ASHRAE estabeleceu padrões que descrevem as condições de conforto interno que são termicamente aceitáveis para 80% ou mais dos espaços comerciais [33].

Geralmente, essas condições de conforto são designadas de zonas de conforto e encontram-se entre os 20°C e os 24°C no inverno e entre os 22,7°C e os 25,6°C no verão. Ambas as faixas são para o ar ambiente a aproximadamente 50% de humidade relativa, e uma circulação de aproximadamente 0,15 m/s ou menos [33], [34].

No fundo um sistema de AVAC é um simples grupo de componentes trabalhando juntos para movimentar o calor de e para onde é desejado, sendo que em alguns sistemas, este também tem a opção de refrigeração, sendo mais comum em ambientes industriais [33], [34].

Uma aplicação específica dos sistemas de refrigeração são as salas técnicas que albergam servidores, pois estes têm tendência a libertarem calor sendo necessário arrefecer o meio onde estão inseridos [6].

### **2.6.2 Iluminação**

A iluminação artificial é indispensável no ambiente visual, ou seja, em espaços para morar, trabalhar ou para outros fins, sempre que haja indisponibilidade de luz natural. Em determinados espaços, tais como os destinados ao entretenimento é necessário criar ambientes dinâmicos. Portanto uma vez que a iluminação artificial está praticamente em todos os pontos do edifício, esta é uma das principais consumidoras de energia, sendo seguido pelo sistema de AVAC, no caso dos sistemas comerciais. Assim a eficiência da iluminação dependerá da seleção das lâmpadas, arquitetura e controlo de parâmetros associados ao sistema [1], [6].

O controlo de aplicações de iluminação visa a satisfação das necessidades funcionais e flexibilidade do espaço, economia de energia, conforto visual, requisitos legais e criação de efeitos. Esse controlo pode ser feito manualmente ou automaticamente.

Diferentes requisitos do ambiente visual são necessários para diferentes atividades ou funções. Um exemplo básico disso é num edifício onde existe uma

sala de apresentações. No caso de haver apresentações a luz terá de ser diminuída para realçar a apresentação, mas se for uma palestra em que o orador esteja a falar não é ideal uma luminância muito baixa, o que dificulta a dinâmica da comunicação [1], [6].

Muitas vezes, é importante fornecer iluminação diferente num espaço para permitir diferentes usos. Os sistemas de iluminação também devem ser adaptáveis às mudanças no espaço, por exemplo, um escritório [2], [6].

A eficiência a nível energético é muito importante no que toca à iluminação, pois esta representa grande parte do consumo de energia nos edifícios. Portanto o fornecimento de iluminação deve ser feito adequadamente, ou seja, apenas nos locais necessários, e na quantidade necessária.

O controlo pode passar pelo ligar e desligar bem como pela regulação do fluxo de luz. Estes são os meios mais eficazes para reduzir o consumo [6].

A iluminação é determinante para a criação de espaços estimulantes e confortáveis. É um dos principais fatores ambientais que afetam a satisfação dos ocupantes em edifícios. A iluminação também é um fator ambiental que afeta a produtividade, sendo que pessoas diferentes preferem níveis diferentes. O ambiente visual adaptável a requisitos individuais ou controlável por indivíduos também aumenta a satisfação dos utilizadores com o ambiente visual e os sistemas de iluminação [2], [6].

Por último esta tornou-se matéria legislável em vários países, sendo apresentadas como preocupações mais comuns o estabelecimento de certos padrões; tipos de espaços e atividades para garantir a sua eficácia; estabelecer padrões para garantir a segurança pessoal; definição de padrões sobre o uso de tecnologia e sistemas de iluminação de modo a garantir a máxima eficiência energética [6].

Os efeitos criados com a iluminação são a principal força motriz para este desenvolvimento, contudo a gestão de energia é o grande vetor para que os mercados adotem estas tecnologias [2], [3], [6].

### **2.6.3 Segurança e controlo de acessos**

A segurança e a proteção consistem nas medidas adotadas por uma organização para fornecer proteção de bens e vidas, bem como de instalações contra incêndio, danos, entrada não autorizada, roubo e quaisquer outros atos

desonestos, ilegais ou criminais que possam acontecer à organização. Uma das grandes preocupações das entidades ligadas a este ramo é encontrar soluções com enquadramento legal, mas que satisfaçam os pedidos dos seus clientes, de modo a fornecer soluções de proteção avançada [3], [6].

Nos sistemas de gestão técnica integrada já se encontram contempladas algumas destas funcionalidades, sendo estas a CCTV, sistemas de controlo de acessos, sistemas de alarme para intrusão e sistemas de deteção e alarme de incêndio e inundação [3], [6].

### **2.6.3.1 Circuito fechado de televisão**

Durante décadas os sistemas de CCTV foram instalados como meio de segurança. O objetivo deste tipo de sistema é fornecer os “olhos” remotos aos operadores de segurança, fornecendo a exibição à distância da ação ao vivo, mantendo ou não o registo das imagens. Atualmente, com os avanços nos sistemas de CCTV, estes não só oferecem as imagens da ação passada ou presente, mas também conseguem dar informações sobre pessoas ou bens dentro daquele espaço. Por exemplo, no caso de um aeroporto, através do sistema de reconhecimento facial integrado nos sistemas de CCTV, é possível monitorizar apenas um indivíduo ou grupo de indivíduos. Outro caso específico é o controlo de acessos num estacionamento de automóveis, onde é possível permitir o acesso a um estacionamento privado detetando apenas a matrícula do automóvel [3], [6].

### **2.6.3.2 Controlo de acessos e intrusão**

Atualmente, as organizações contratam outras organizações para desempenharem determinadas funções nos edifícios. Um exemplo deste tipo de funções são as empresas de manutenção e limpeza. Estas normalmente são subcontratadas para desempenhar esta função dentro da organização. O sistema de controlo de acesso tem um papel importante nesta área, pois permite o acesso ou não a determinados grupos de utilizadores em determinados espaços [6].

Normalmente, isto é feito com cartões RFID (*Radio Frequency Identification*) ou então através de sistemas biométricos, deixando registado a

identificação do utilizador, e o horário a que acedeu ao espaço, entre outras funções [6].

Além do controlo de acessos é necessário verificar se há movimento no espaço ou se houve intrusão através de outra abertura. É comum observarmos serem colocados detetores de movimento nos espaços. Estes normalmente quando detetam um movimento emitem um alarme, quando funcionam de forma isolada. Contudo quando ligados a uma central, é esta que emite o alarme e indica em que localização espacial do edifício foi detetado o movimento.

A deteção do movimento pode realizar-se de diversas formas, tais como a deteção por PIR (*Pyroelectric Infrared*) e a deteção por microondas [3], [6].

Os sensores PIR têm sido amplamente utilizados em aplicações internas e externas, pois apresentam baixo custo e são muito simples de utilizar. Estes respondem a objetos que emitam radiação infravermelha e que se movam no seu alcance de visão, ou seja, quando é detetado um movimento de um objeto quente, é fornecida uma saída lógica “um” e na ausência de movimento é apresentado na saída um zero lógico [6], [35].

Estes sensores apresentam algumas desvantagens, sendo uma delas a taxa de falsos alarmes, sendo que os sensores mais recentes já conseguem distinguir animais de estimação e humanos.

A deteção de movimento por microondas tem a vantagem de não ser sensível a correntes de ar. Contudo apresenta algumas desvantagens quando mal instalada, pois refletem com superfícies metálicas e como se trata de um sinal rádio podem atravessar paredes, gerando falsos alarmes [6], [35].

Uma forma de evitar os falsos alarmes é a integração das duas tecnologias, PIR e microondas, ou seja, é feita a deteção de fontes de calor e a deteção de movimento [6], [35].

### **2.6.3.3 Deteção de incêndio**

Estes são sistemas que requerem total atenção, pois num edifício, um incêndio pode tomar proporções incontroláveis, gerando danos avultados.

Os detetores de incêndio detetam a presença de fumo, fogo, calor ou chamas, enviando automaticamente a informação para o sistema central para análise e, se necessária, ativação dos alarmes [6].

O alarme de incêndio pode ser ativado de forma automática ou manual. Os dispositivos operados manualmente, como um alarme de “quebra de vidros”, fornecem os meios para os utilizadores do edifício ativarem o sistema de alarme de incêndio na presença de um incêndio ou fumo. Os detetores automáticos de incêndio comumente usados podem ter diferentes velocidades de deteção e probabilidade de falsos alarmes. Assim, para aumentar a confiabilidade dos sistemas, é geralmente feita a combinação destes tipos de detetores.

Os detetores de calor, detetam um incêndio através da variação de temperatura no meio. Regularmente, verifica-se que se a temperatura no meio passar um limite fixado pelo detetor, é emitido um alarme. Contudo, esse tipo de alarme pode funcionar de duas formas, uma com base no aumento repentino da temperatura ou ao ultrapassar uma determinada temperatura.

Esse tipo de detetor normalmente é instalado em espaços onde se verifique a presença de fumos ou partículas no ar, tais como, estacionamentos, lavandarias, salas de máquinas e cozinhas.

Os detetores de fumo detetam o fumo e emitem sinais para o sistema central. Existem muitos detetores de fumo no mercado, baseados em diferentes mecanismos de deteção. Os mais habituais incluem detetores de fumo por ionização, detetores fotoelétricos, detetores de fumo através da amostragem do ar e detetores com medição de monóxido de carbono e dióxido de carbono [6].

Quando a deteção é feita, através da ionização, estes sensores contém uma pequena quantidade de material radioativo que ioniza o ar entre o eléctrodo positivo e o negativo, sendo a condutância entre eléctrodos medida. Quando o fumo entra na câmara de amostragem reduz a condutância entre os eléctrodos. Assim quando esta estiver abaixo de um determinado valor é acionado o detetor [6].

No caso de a deteção de fumo ser feita a partir de um detetor fotoelétrico, quando o fumo entra na câmara ótica, o feixe de luz infravermelho é interrompido pelas partículas, acionando assim o detetor [6].

Um detetor de fumo com amostragem de ar deteta partículas microscópicas de fumo. A maioria dos detetores de amostragem de ar são detetores de fumo por aspiração, que funcionam ativamente sugando o ar através de uma rede de tubos que forma uma matriz de amostragem. Uma vez

detetadas partículas de combustão é acionada a detecção de fumo. Este tipo de detetor é dispendioso, daí apenas ser encontrado em áreas de valor acrescido [6].

Finalmente os detetores de chamas recorrem a sensores óticos para a detecção das chamas. Os tipos comuns de detetores de chama incluem, detetores de chama por ultravioleta, infravermelho ou a combinação de ambos.

Na Tabela 2. 2 é feita a comparação das características dos detetores de incêndio automáticos mais comuns no mercado [6].

*Tabela 2. 2 - Comparação de características entre detetores de incêndio presentes no mercado [6] .*

	<b>Rapidez de detecção</b>	<b>Probabilidade de falso alarme</b>	<b>Custo dos detetores</b>
Calor	Lento	Baixo	Baixo
Fumo	Rápido	Médio	Médio
Chamas	Muito rápido	Elevada	Elevada
Amostra de partículas	Rápido	Baixa/Médio	Médio/Elevado

#### **2.6.4 Fornecimento de energia**

Um dos propósitos dos sistemas de gestão integrada de edifícios é a gestão do fornecimento e consumo de energia. Nisto é importante averiguar a origem, se proveniente da rede pública ou produção própria, bem como, o local de consumo.

Os edifícios mais recentes já dispõem de sistemas de produção de energia através de sistemas fotovoltaicos, produzindo energia para autoconsumo, aumentando a margem nos consumos. Contudo, nem sempre é suficiente para satisfazer as necessidades totais.

A monitorização da energia não contempla apenas o fornecimento da energia ao edifício, mas também a supervisão dos subsistemas que estão a consumir, dando assim uma visão detalhada dos consumos.

Existem diretivas europeias que definem requisitos mínimos nos edifícios para que o consumo seja quase nulo. E isto não só para novas construções, mas

também para remodelações dos edifícios já existentes. A diretiva (EU) 2018/844 prevê a implementação a nível nacional de parques imobiliários descarbonizados e com eficiência energética elevada. Aqui é importante não esquecer os edifícios já construídos, sendo que esta diretiva vai de encontro à criação de meios para facilitar a implementação de ações para que estes tenham “necessidades energéticas quase nulas. Esta diretiva tem ainda como objetivo de criar um guia que permita medir os progressos dos estados-membros, ou seja, assegurar que até 2050 existe uma redução de emissões de gases de efeito de estufa na ordem dos 80% e 95%, comparativamente a 1990 [36], [37].

Assim não só é de interesse tornar os edifícios energeticamente eficientes, mas também promover a mobilidade elétrica, disponibilizando pontos de carregamento mínimos nos edifícios, de acordo com os lugares de estacionamento disponibilizados [38].

### 3 Projeto do sistema de gestão integrada num edifício comercial

Concluída a revisão bibliográfica, onde foram expostos de forma geral os protocolos utilizados na automação e controlo dos edifícios, a sua comparação e apresentação dos elementos de *hardware* que constituem, apresenta-se nesta secção o edifício onde através de uma maquete foi implementado o sistema de gestão integrada. Ainda nesta serão apresentados os requisitos e a arquitetura do sistema.

#### 3.1 Designação do edifício

O edifício considerado para a implementação do SGIE, foi um edifício de carater comercial. Este é constituído por quatro espaços, sendo que três deles são espaços comerciais e um de ordem técnica. A Figura 3. 1, mostra a planta do edifício, bem como a disposição geográfica dos espaços. Verifica-se que os espaços comerciais são de igual área, sendo que a tecnologia aplicada a cada um é igual. Estes são designados por “Espaço 1”, “Espaço 2” e “Espaço 3”, de forma a diferenciar cada espaço. O espaço denominado de “Sala das máquinas” é o espaço que alberga os equipamentos associados ao edifício. Ainda relativamente a planta do edifício, observa-se que dispõe de espaços verdes. Espaços estes que serão monitorizados e automatizados pelo sistema de gestão a implementar.

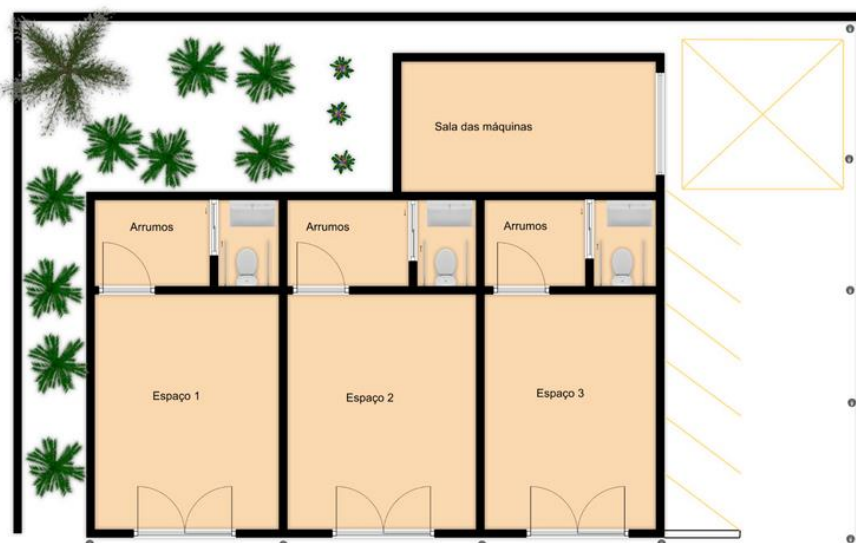


Figura 3. 1 - Planta do edifício.

### 3.2 Sistemas controlados pelo SGIE

O sistema de gestão visa a supervisão e controlo de diversos sistemas instalados no edifício. Estes sistemas, do ponto de vista do SGIE, tornam-se subsistemas. Assim, como subsistemas associados ao edifício, existe a climatização, iluminação, incêndio, inundação, intrusão, videovigilância e a rega.

A Figura 3. 2, mostra os diversos subsistemas presentes no edifício, e a sua localização espacial.

Uma vez que os espaços 1, 2 e 3 têm a mesma finalidade, será implementado como subsistema a climatização, iluminação, incêndio, intrusão e videovigilância. Estes subsistemas serão controlados pelo utilizador, mas monitorizados pelo sistema de gestão integrada.

Já a sala das máquinas, tem como equipamento chave o servidor. Este permitirá alojar o SGIE bem como armazenar as informações obtidas partir das operações feitas pelas máquinas instaladas no edifício.

Os espaços verdes serão monitorizados e controlados pelo SGIE, isto é, será feita a monitorização com um conjunto de sensores e dependendo dos valores monitorizados serão tomadas decisões de acordo com a lógica programada no SGIE.

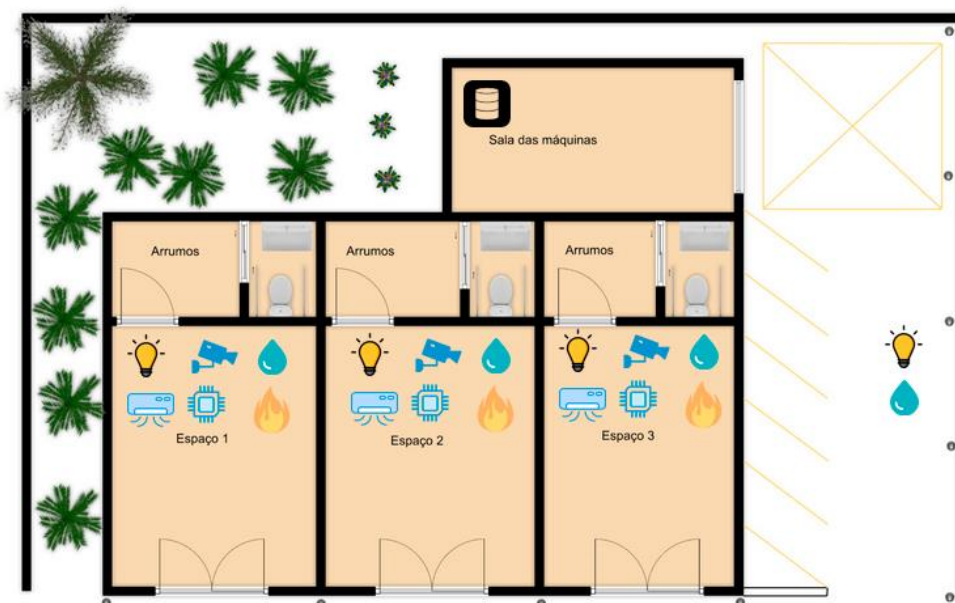


Figura 3. 2 - Planta do edifício com os diversos sistemas a serem implementados.

Por fim, a comunicação entre equipamentos, isto é, PLC, microcontroladores e servidor, será feita através de um par trançado e entre servidor e o módulo exterior, módulo de sensores presentes no jardim, através da rede Wifi, como mostra a Figura 3. 3.

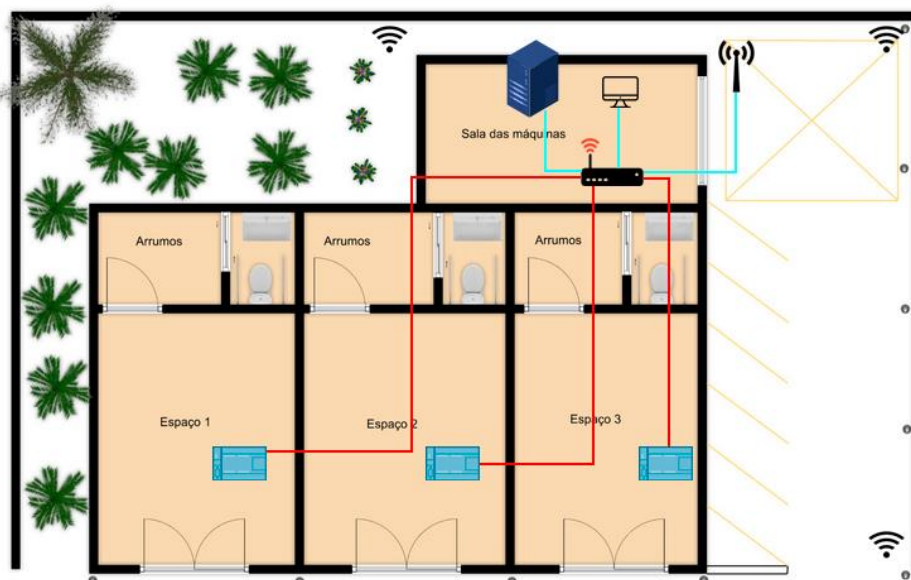


Figura 3. 3 - Esquema de ligação entre os componentes na rede do edifício.

### 3.3 Especificações do sistema

Para que seja feita uma gestão integrada é necessário que haja troca de informações entre todos os intervenientes, por forma a que o sistema possa tomar as decisões mais acertadas. Não menos importante, é necessário ter um registo das operações que já foram feitas, por forma a agilizar as decisões do sistema.

Assim o SGIE têm uma base de dados que armazenará os valores lidos dos sensores, as falhas que possam ocorrer durante o seu funcionamento e o registo das decisões tomadas.

A base de dados estará armazenada num servidor, ligado à rede de Internet do edifício. Este será acedido localmente pelo operador, através da interface gráfica para o utilizador.

O servidor estará alojado na casa das máquinas, pois como se trata de uma peça fundamental para o SGIE, terá de ter algumas proteções no que toca ao edifício.

Nomeadamente, e uma vez que, a sala das máquinas trabalha com alta tensão e fluídos, por exemplo águas, é necessário monitorizar constantemente as fugas de águas de modo a que não ocorram inundações.

Outro requisito para esta sala é o controlo de acessos. Uma vez que se são equipamentos de carácter técnico, é importante ter um registo de acessos a esta sala.

É também importante monitorizar a temperatura e detetar incêndios, por forma a não danificar os equipamentos.

Assim para a sala das máquinas é necessário implementar diversos subsistemas que controlaram e monitorizaram os incêndios, fugas de águas, controlo de acessos e temperatura.

Relativamente aos espaços comerciais o SGIE irá monitorizar a climatização, a iluminação, deteção de incêndios, intrusão e videovigilância.

O controlo dos sistemas implementados nos espaços comerciais será feito pelo utilizador do espaço, ou seja, cada comerciante e de forma independente.

A climatização será controlada pelo utilizador com o auxílio de uma interface manual desenvolvida para essa finalidade. Nessa interface, será possível definir o valor da temperatura desejável no espaço, através dos botões físicos da interface. Uma vez que os espaços comerciais têm portas e janelas, e para minimizar o consumo de energia será feita a monitorização da abertura dos espaços. Isto é, se se abrirem janelas num determinado espaço, o sistema de climatização desligar-se-á. Contudo esta verificação não pode ser feita para a porta, visto que esta estará sempre aberta durante o tempo de funcionamento do espaço comercial. Aqui pretende-se dar valor ao conforto dos utilizadores no espaço, mesmo sabendo que o desperdício de energia será enorme.

Essa monitorização e gestão do sistema de climatização, relativamente à abertura dos espaços está ao encargo do SGIE. Este deve registar na base de dados quando e qual o espaço aberto.

A iluminação também será controlada pelo utilizador, mediante um interruptor. O sistema de iluminação terá de ter a capacidade de detetar movimentos dentro do espaço bem como a quantidade de luz natural ou artificial dentro do espaço. Para o caso em que seja detetado movimento, mas o interruptor não esteja ativo, não ligará a iluminação, porém se não houver

qualquer movimento durante três minutos consecutivos e o interruptor estiver ativo a iluminação apagar-se-á. O sistema de iluminação também deverá ter a capacidade de comparar a quantidade de luz natural que entra no espaço com a luz artificial, e caso se verifique que há mais luz natural que artificial, a luz artificial deve ser reduzida para 50%, minimizando o consumo de energia para a iluminação. O SGIE será responsável por registrar as operações feitas pelos utilizadores, bem como as decisões feitas pelo sistema de iluminação.

Um requisito obrigatório para os espaços comerciais é a deteção de incêndios. O sistema a implementar para esta funcionalidade deve ser capaz de detetar incêndios e alertar os utilizadores para o mesmo. Também deve ser capaz de alertar o operador do sistema de gestão, através da interface gráfica, com imagens do local em que está a ocorrer o incêndio. A monitorização deste sistema é feita através do SGIE, pois ele terá de registrar na base de dados o espaço ou espaços danificados, com tempos e imagens do incêndio.

O sistema de intrusão e videovigilância é um sistema que deverá ser capaz de registrar os acessos dos utilizadores aos diversos espaços, ou seja, deverá registrar as imagens dos diversos espaços no servidor de dados.

Os espaços verdes serão controlados unicamente pelo sistema de gestão integrada por forma a reduzir ao máximo os gastos de água e de energia. Para tal o edifício deverá ter um tanque para armazenar a água proveniente das chuvas. Estas águas são aproveitadas através de canais que se encontram ao redor do edifício. O sistema deve incluir uma estação meteorológica, com a capacidade de verificar se está a chover, a temperatura e humidade relativa do ar. Ainda, deve estar associado um sistema que meça a humidade do solo. Ao recolher e analisar os dados dos diversos sensores, o SGIE deverá tomar decisões conforme o programado. Ou seja, só deve ser feita a rega se não estiver a chover e se a humidade do solo estiver abaixo do 30%. O tempo de rega não deverá ultrapassar os 10 minutos. A água para a rega deve ser preferencialmente do tanque de aproveitamento. Para o caso de haver pouca precipitação e não haver água dentro do tanque, o sistema deve utilizar água da rede pública. Na cobertura do edifício deve ter um sistema fotovoltaico, que seja capaz de produzir energia para as necessidades comuns, isto é, rega e iluminação dos espaços verdes.

Este sistema deve ser capaz de monitorizar a energia armazenada na bateria, a energia produzida pelos painéis fotovoltaicos e a energia consumida. Aqui também por forma a minimizar os gastos é dada preferência às energias renováveis e não à rede pública. Por fim, a comunicação entre os diversos sistemas, deve ser feita com recurso à Internet. Aqui pretende-se que o sistema se possa expandir, a nível de sensores e equipamentos, sem que esteja “preso” a um fabricante ou tecnologia.

A Figura 3. 2 e a Figura 3. 3, esquematizam a forma como será implementado o sistema de gestão integrada, neste edifício em particular. É possível verificar os diversos subsistemas, a implementar, no edifício, bem como as ligações entre as unidades terminais, microcontroladores ou PLC e o servidor de dados.

### **3.4 Ações do SGIE**

Como foi descrito anteriormente o sistema de gestão integrada não só supervisionará as ações dos diversos subsistemas, bem como executará algumas ações sobre estes. Um caso em particular será o sistema de climatização, pois neste é de interesse monitorizar tantos os valores da temperatura no espaço e os valores definidos pelos utilizadores para a temperatura. Aqui é importante garantir que o subsistema de climatização não trabalhe em esforço devido a erros humanos, a pedir temperaturas quase impossíveis de alcançar. O mesmo acontece quando é feita a abertura do espaço. Nessa situação não é viável que o sistema de climatização fique a funcionar, quando o espaço tem uma área quase infinita. Posto isto, como ação do sistema para esta situação, é enviado um alerta para o utilizador e o sistema regula de forma autónoma a climatização para o caso mais favorável.

No caso de incêndio ou inundação o sistema terá como ação acionar uma câmara para o local onde ocorre a ação, agilizando a ação dos profissionais de socorro, caso sejam acionados. O SGIE terá total ação sobre o sistema de rega e controlo da iluminação exterior, ou seja, nos jardins. Aqui o sistema de gestão integrada, controlará os parâmetros da humidade do solo, nível do tanque de aproveitamento de águas e humidade do ar para fazer uma rega inteligente, poupando ao máximo a água aproveitada.

Um outro subsistema que o SGIE controlará autonomamente é o sistema de alimentação elétrica do edifício, pois dependendo do consumo e da produção e armazenamento, este pode decidir se fornecerá energia a partir da produção fotovoltaica implementada no edifício ou se a energia virá da rede pública.

Mais à frente será descrita detalhadamente cada operação feita pelo SGIE, em cada subsistema presente no edifício.

### 3.5 Topologia da rede

O sistema de gestão integrada a ser implementado assentará sob uma arquitetura de rede distribuída, representada na Figura 3. 4. Ou seja, uma vez que se utilizam dois PLC, microcontroladores e um servidor de dados, a comunicação entre estes é bidirecional. Aqui verifica-se que um dos PLC irá servir de interface para as entradas analógicas do outro PLC, que posteriormente trocará informações com a base de dados e o SGIE. Os microcontroladores trocarão informações com o SGIE e a base de dados dos valores lidos dos sensores e decisões do SGIE para o sistema que estão a monitorizar e controlar.

Por fim o operador, através da interface gráfica do SGIE, pode interagir com os subsistemas.

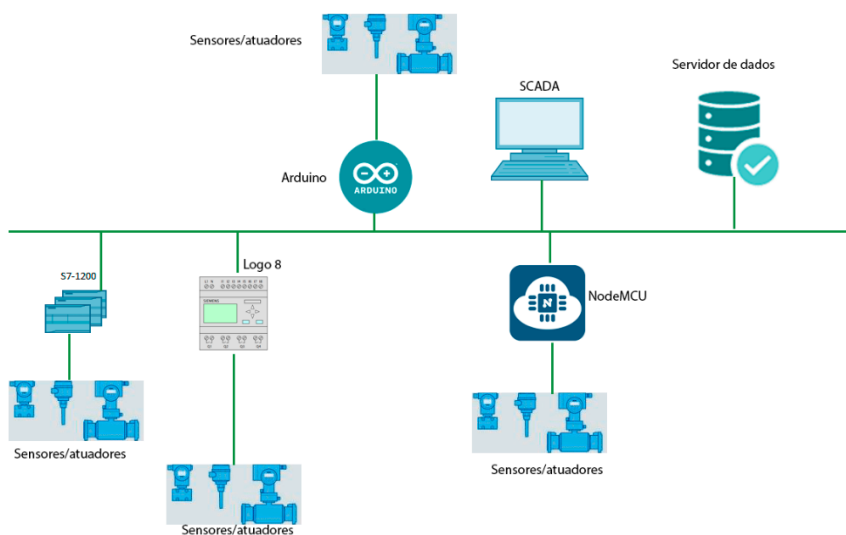


Figura 3. 4 - Topologia de rede adotada para o SGIE.

Após a apresentação do edifício, sistemas que o constituem e as suas especificações, a próximo capítulo irá abordar, em detalhe, o *hardware* e *software* utilizados para implementar o sistema de gestão integrada em edifícios.

## 4 Desenvolvimento do sistema de gestão integrada em edifícios

Neste capítulo apresenta-se o sistema de gestão integrada em edifícios com base em autómatos programáveis. Para tal, abordam-se, as características mais relevantes de cada equipamento e o *software* utilizado ao longo do trabalho. Assim apresentam-se não só as características dos equipamentos e dos pacotes de *software*, mas também as aplicações desenvolvidas nos mesmos.

### 4.1 Sensores e detetores

Para o desenvolvimento deste trabalho usaram-se alguns sensores e detetores, sendo que neste ponto do trabalho serão apresentados os aspetos técnicos de cada um deles.

#### 4.1.1 Sensor de temperatura

Os sensores de temperatura, ou sondas de temperatura, são dispositivo que permitem identificar e medir, de forma precisa, variações de temperatura. Neste trabalho recorreu-se ao sensor de temperatura LM35. Este é um sensor muito empregue na indústria da automação, pois pode ser utilizado nas mais variadas aplicações [38].

Este sensor é um sensor tipo circuito integrado, com uma saída linear proporcional, representada na escala Celcius. A sua amplitude de medição varia dos  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$  com e uma exatidão aproximada a  $0,25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . A Figura C. 1 do Anexo C, mostra as suas ligações e o seu encapsulamento.

Assim as especificações deste sensor são:

- Intervalo de temperatura admitido:  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Função transferência:  $10,0\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ .
- Tensão de alimentação:  $4\sim 30\text{ VDC}$ .
- Consumo:  $60\text{ }\mu\text{A}$ .
- Resolução:  $0,25\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Este sensor apresenta uma saída linear, ou seja, a tensão de saída  $V_{out}$  aumenta linearmente com o aumento da temperatura, como é possível constatar na Figura C. 2.

Como neste trabalho utilizou-se o PLC Siemens S7-1200, que é alimentado a 24 V, este sensor é adequado, pois não é necessário introduzir outras fontes de alimentação para este sensor.

A equação transferência para o LM35 é apresentada nas equação 4.1 e 4.2.

$$V_{out,LM35} = T(C) * 10 \left( \frac{mV}{C} \right) \quad (4.1)$$

$$ADC_{out} = \frac{V_{in,ADC} * 2^N}{V_{Ref}} \quad (4.2)$$

O fabricante recomenda a utilização de um condensador de 0,1  $\mu$ F em ambientes ruidosos, o que não foi necessário para este trabalho [38].

#### 4.1.2 Sensor de luz

O sensor de luz ou resistência dependente da luz (LDR), é um dispositivo semicondutor cuja resistência elétrica pode ser alterada através da incidência de radiação eletromagnética, aumentando a sua condutividade quando exposto à radiação[39] [40]. Estes sensores são muito sensíveis a variação pois depende do espectro da radiação.

Contudo o LDR apresenta algumas desvantagens, tais como a não linearidade, sensibilidade térmica, elevado tempo de resposta e largura de banda reduzida.

Uma forma de combater algumas desvantagens apresentadas anteriormente foi desenvolvido um circuito de condicionamento, como mostra a Figura C. 3. Neste, e de acordo com a equação 4.3, é associada uma resistência que limitará a tensão de saída para que corresponda ao máximo da entrada do PLC, isto é, quando a radiação for mínima a tensão será máxima e vice-versa, Figura C. 4.

$$V_{saida} = \frac{R_2}{R_2 + R_1} * V_{entrada} \quad (4.3)$$

Para este trabalho escolheu-se o LDR PGM5616D, do fabricante Token, que apresenta as características descritas na Tabela C. 1. Este LDR foi escolhido com base na sua tensão de alimentação, tratando-se de um elemento que não necessita de alimentação adicional, pode ser ligado diretamente ao PLC.

### 4.1.3 Sensor de nível

Um sensor de nível é um dispositivo utilizado para controlar o nível dos líquidos ou sólidos granulados acondicionados em reservatórios, silos ou tanques. Neste caso o sensor deteta o nível de líquidos em reservatórios, através do movimento dos flutuadores que geram um sinal magnético. O controlo dos líquidos é importante nos processos industriais, bem como no dia-a-dia, pois são facilmente encontrados em máquinas ou tanques que exijam constante supervisão, por exemplo, os tanques de combustível de automóvel. Nos edifícios estes sensores são encontrados nos tanques de água tanto para abastecimento, rega ou saneamento. Para este trabalho recorreu-se aos sensores de nível que funcionam como um botão de *on-off*, dependendo da sua posição tal como mostra a Figura 4. 1 [41].



Figura 4. 1 - Sensor de nível de líquidos [41].

Este sensor foi implementado para a monitorização do tanque de rega, ou seja, indicando a que nível este se encontra quando foi necessário a sua utilização. Dividiu-se o tanque em três medidas iguais de modo a definir um nível máximo, intermédio e mínimo.

### 4.1.4 Detetor de incêndio

Os detetores de incêndio são equipamentos responsáveis por fazer a monitorização ativa de um local. São componentes que combinam diversos sensores, tais como, o sensor de chama, que é usado para detetar fontes de chama, ou outras fontes de calor que possuam comprimentos de onda compreendidos entre os 760 e 1100 nm [42]. Para este trabalho utilizou-se o sensor de chama KY-026, Figura 4. 2. Este, como foi descrito anteriormente, deteta a presença de fogo ou outras fontes de calor através do sensor infravermelho que deteta a luz numa gama de comprimentos de onda.



Figura 4. 2 - Sensor de chama KY-026 [42].

Este sensor consegue detetar o fogo a 80 cm de distância e tem um ângulo de deteção de 60°, sendo que uma descrição completa das suas características pode ser consultada no Anexo C, na Tabela C. 2. A sensibilidade do mesmo pode ser ajustada com o potenciômetro que se encontra na placa. A ligação deste sensor com um microcontrolador pode ser feita de duas formas: através da porta digital ou então da porta analógica. Caso seja feita pela porta digital, quando é detetada chama o valor lógico “0” e na sua ausência “1”.

Uma forma de complementar este tipo de detetor, de acordo com o que existe no mercado, foi adicionar um sensor de temperatura, LM35. Este tem como função medir a temperatura onde está inserido. A combinação destes dois sensores leva a uma redução de falsos alarmes.

#### 4.1.5 Detetor de inundação

Os detetores de inundação foram desenvolvidos para uso residencial, sendo que a sua principal função é detetar e alertar para a ocorrência de inundações no ambiente onde está inserido. Este possui dois eléctrodos que quando entram em contacto com a água emitem um sinal. Este sinal por sua vez poderá acionar um alarme sonoro ou luminoso, dependendo do sistema instalado. O mesmo ainda pode acionar electroválvulas para que haja o corte no abastecimento de água.

Para este trabalho implementou-se um circuito que seja capaz de receber e detetar se há ou não presença de líquidos nos seus terminais. Na Figura 4. 3, está representado o circuito implementado para este detetor. Este circuito baseia-se num transístor, 2N2222A, sendo que quando há condutividade entre a base e o emissor a tensão no coletor é aproximadamente 0. Não havendo condutividade a tensão no coletor é máxima, neste caso 24 VDC.

Este circuito é alimentado a 24 VDC e o sinal que é obtido no coletor é enviado para o PLC S7-1200. A distância dos terminais ao solo deve ser mínima,

ou seja, como a sua carcaça é de plástico não há condutividade no material envolvente.

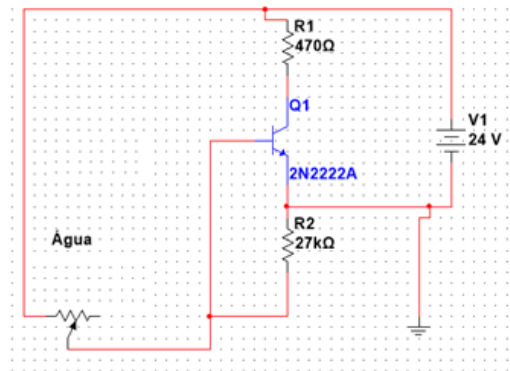


Figura 4. 3 - Circuito desenvolvido para o detetor de líquidos.

A carcaça adotada para proteger este circuito está representada na Figura 4. 4. Uma vez que existem líquidos, por uma questão de segurança, protegeu-se o circuito.



Figura 4. 4 - Carcaça adotada para proteger o circuito do detetor de inundação [43].

#### 4.1.6 Eletroválvula

Uma eletroválvula é um dos principais atuadores para o controlo dos fluídos, que podem ser gases ou líquidos. São constituídas por dois elementos, um mecânico e outro elétrico, sendo este uma bobine que na presença de corrente elétrica gera um campo magnético, acionando assim a parte mecânica a fim de atuar sobre o fluído.

Na maioria das aplicações de domóticas residenciais são utilizadas eletroválvulas que estão normalmente fechadas, NC, visto que não têm consumo nos períodos em que não há necessidade da passagem do fluído e também para o caso de haver um corte geral de energia as mesmas não deixem passar o fluído. Para este trabalho considerou-se a electroválvula presente na Figura 4. 5, sendo esta uma electroválvula do tipo NC, com uma tensão de alimentação

de 12 V e um tempo de resposta para abertura de 0,15 s e de fecho 0,3 s, a uma pressão mínima de 0,2 bar e máxima de 8 bar [44].



Figura 4. 5 - Eletroválvula VMA422 [44]

#### 4.1.7 Detetor de movimento

Os detetores de movimento ou sensores de presença, são equipamentos que contêm sensores que reagem ao movimento físico, encontrando-se em muitas aplicações de domótica e segurança. Este tipo de sistema normalmente está ligado a uma central que faz o tratamento dos alarmes recebidos, acionando outros mecanismos, que no caso da segurança é o acionamento do alarme.

Contudo estes equipamentos também são utilizados no acionamento de cargas, por exemplo, iluminação ou automatismos de portas [45].

Estes sensores podem ser do tipo ativo, isto é, os sensores enviam luz, micro-ondas ou som ao ambiente onde se encontram inseridos, de modo detetar se houve alguma variação no meio. Já se forem do tipo passivo, é feita a deteção com sinal infravermelho, sendo conhecidos por PIR.

Para este trabalho considera-se um detetor de movimento PIR, sendo este um produto presente no mercado, como solução de domótica. A

Tabela C. 3 mostra as características do detetor de movimento Electra eMINIMAL [45].

## 4.2 Controlador lógico programável

Na execução deste trabalho implementou-se o sistema de automação baseado na tecnologia dos PLC. Aqui utiliza-se dois modelos, o S7-1200 e o LOGO!, ambos do fabricante Siemens. A utilização de ambos deve-se a necessidade de utilizar várias entradas analógicas, e também pela disponibilidade do material. A solução ideal era a utilização de um módulo de expansão de portas digitais, acoplado ao modulo CPU S7-1200.

Posto isto, foi definido que todo o processamento seria feito no S7-1200, mestre, e que o LOGO!, escravo, apenas faria a leitura de sinais analógicos e os

enviaria para o S7-1200. A comunicação entre ambos é feita pela rede Ethernet. Nos pontos que se seguem foi apresentado as características técnicas de cada equipamento, separadamente.

#### 4.2.1 S7-1200

O PLC S7-1200 serviu como base do sistema de automação implementado neste trabalho. Um sistema de automação baseado no S7-1200 consiste numa unidade central de processamento, que dependendo da versão do CPU, pode ser expandida com módulos de entrada e saída digitais ou analógicas. Fazendo uso de uma interface Profinet, a unidade central de processamento pode ser ligada a uma rede Ethernet industrial. A configuração e programação do S7-1200 é realizada com o auxílio do TIA Portal (*Totally Integrated Automation*), usando a STEP 7 [46].

Este equipamento oferece três unidades de processamento central com capacidade e desempenho diferente em cada variante. As versões disponíveis são: DC/DC/DC, DC/DC/Relé e AC/DC/Relé sendo que a primeira especificação refere-se à tensão de alimentação (24 V, 85-264 VAC), a segunda à tensão de entrada dos sinais digitais (24 V) e a terceira ao tipo de saídas digitais (24 V eletrônica ou saída de relé de 5-30 V ou de 5-250 VAC) [46].

A Tabela 4. 1 mostra a capacidade de expansão e a configuração da memória que engloba a memória retentiva, a de trabalho e a de armazenamento [46], [47]. A Figura C. 5 do Anexo C mostra a capacidade de memória do S7-1200. Tratando-se de um recurso limitado é necessário fazer uma boa gestão da mesma.

Tabela 4. 1 - Estrutura quantitativa do S7-1200 CPUs [46], [48].

CPU	Canais I/O		Expansível com	Configuração da Memória
	Digital	Analógico	SB ( <i>Signal board</i> ) SM ( <i>Signal module</i> ) CM ( <i>Comm. module</i> )	“Load memory/ Work memory/ Retentive memory”
<b>1211C</b>	6 DI/4 DO	2 AI/-	1 SB, 3 CM	1 MB/25 KB/2 KB
<b>1212C</b>	8 DI/6 DO	2 AI/-	1 SB, 2 SM, 3 CM	1 MB/25 KB/2 KB
<b>1214C</b>	14 DI/10 DO	2 AI/-	1 SB, 8 SM, 3 CM	2 MB/50 KB/2 KB

Neste projeto optou-se pelo PLC 1212C, com a referência 6ES7 212-1AE40-0XB0, representado na Figura 4. 6, por ser amplamente utilizado no meio acadêmico. Este dispositivo tem uma alimentação de 24V, entradas e saídas DC, e foram nele acoplados alguns sensores que foram utilizados ao longo do trabalho. Uma vez que o sistema implementado terá atuadores, estes foram ligados nas suas saídas.



Figura 4. 6 - PLC S7-1200 DC/DC/DC 1212C [48].

Como já foi anteriormente mencionado são inúmeras as funções que este equipamento pode suportar, desde a lógica mais básica, como AND, OR, XOR, SET e RESET, até funções mais complexas como temporizador, contador e cálculos básicos.

Se for necessária programação mais avançada para os sistemas a implementar é possível implementar funções de cálculo trigonométrico e integrais, bem como o controlo de PID, entre outras funções disponibilizadas no TIA Portal, Figura C. 6 do Anexo C.

Por fim, uma vez que este PLC apenas dispõe de duas entradas analógicas optou-se por utilizar o PLC LOGO! de modo a obter as entradas analógicas necessárias para o projeto.

#### 4.2.2 LOGO!

O LOGO!, Figura 4. 7, é um PLC básico, adequados para projetos de automação residencial, mas também muito utilizados a nível industrial. Estes podem ou não incluir *display*, sendo que as saídas podem ser sob a forma de transístor ou relé. As entradas podem ser do tipo analógicas ou digitais, e dependendo do modelo podem variar. A tensão de alimentação pode variar de modelo para modelo, ou seja, desde os 12 V até aos 240 VAC [49], [50]. A Tabela C. 4 do Anexo C, compara as características dos vários modelos do PLC LOGO!.

A tensão das entradas analógicas pode variar desde os 0 até aos 10 VDC. À semelhança de outros equipamentos estes permitem estabelecer a comunicação através da porta Ethernet, o que facilita a comunicação com outros equipamentos [49], [50]. Além disto é possível fazer o processamento de sinais. Através da conexão na interface AS-i é possível utilizar o LOGO!, como entradas e saídas com inteligência própria controlando máquinas e processos. Isto permite que tarefas de comando sejam realizadas, aliviando a carga do controlador mestre [49], [50].



Figura 4. 7 - PLC LOGO! 24RCEo [49].

A programação deste PLC é feita através do *software* LOGO!Soft Comfort, usando as linguagens LAD e FBD. É possível gravar circuitos no LOGO! com até 400 blocos ou 8500 *bytes*, na memória interna. Neste pode ser implementado um servidor *web*, facilitando o acesso aos dados através de um computador, via IP [49].

À semelhança do PLC S7-1200 este também permite a expansão, adicionando outros módulos de entradas e saídas, analógicas ou digitais, e módulos de comunicação.

O mesmo acontece no desenvolvimento de aplicações para o LOGO!, o fabricante disponibiliza um conjunto de funções no LOGO!Soft Comfort.

O modelo escolhido para o desenvolvimento deste projeto foi o modelo 12/24RCEo, com oito entradas digitais, ou quatro analógicas, e quatro digitais dependendo da configuração definida pelo utilizador e quatro saídas em modo relé. Este não dispõe de *display*, sendo que a sua alimentação pode ser feita a 12 VDC ou 24 VDC [49].

Como foi referido anteriormente, este PLC será o escravo, sendo que a função dele neste projeto não será de fazer o processamento dos dados obtidos pelos sensores, mas apenas transmiti-los pela rede para o mestre, para posterior

processamento. À semelhança do S7-1200, o LOGO! também disponibiliza um conjunto de instruções que permitem fazer cálculos, funções lógicas e temporizadores, entre outras, como mostra a Figura C. 7 do Anexo C.

## 4.3 Microcontroladores

Nesta secção abordam-se os aspetos gerais dos microcontroladores utilizados neste trabalho, sendo estes baseados na plataforma Arduino.

A utilização dos microcontroladores neste trabalho deve-se a necessidade de inserir sensores em meios onde não é possível chegar através de cabo, ou seja, em que a distância física entre o sensor e a central é grande, tendo-se então optado por uma solução com microcontroladores que permitam o envio dos dados recolhidos através da rede, mais propriamente Wi-Fi.

### 4.3.1 Arduino UNO REV 3

O Arduino é uma base de desenvolvimento eletrónico de código aberto, baseado em *hardware* e *software* flexível e de fácil utilização. Destina-se a qualquer pessoa que esteja interessada a iniciar ou a desenvolver objetos ou ambientes interativos. O Arduino pode sentir o ambiente recebendo informações de uma variedade de sensores e pode afetar o ambiente ao controlar luzes, motores e outros atuadores. A linguagem de programação do microcontrolador é baseada em *Wiring*, sendo que esta é desenvolvida no ambiente de desenvolvimento próprio do Arduino. Os projetos de Arduino podem ser independentes ou interagir com o *software* em execução num computador (*Flash*, *Processing* e *MaxMSP*). Tanto o *hardware* como o *software* são comercializados sob a forma de licença de código aberto, sendo possível adaptar os recursos à necessidade do programador [51].

Esta plataforma dispõe de um conjunto de placas de desenvolvimento, adequadas cada uma a um cenário diferente. A Uno REV3, Figura 4. 8, a placa utilizada neste trabalho, está equipada com um microcontrolador ATmega328P, uma memória Flash de 32 kb, SRAM 2 kb e EEPROM 1 kb. A alimentação da placa pode ser feita externamente ou via USB. A tensão de operação está compreendida entre os 7 e os 12 V, sendo o limite inferior os 6 V e o máximo

admitido os 20 V. Têm catorze pinos digitais que podem funcionar como entradas ou saídas, dos quais seis podem ser do tipo PWM (*Pulse Width Modulation*). Ainda nas entradas, estão disponíveis seis entradas analógicas. A comunicação pode ser feita com recurso a UART TTL, TW1 e SPI [51].



Figura 4. 8 - Arduino Uno Rev3 [51].

#### 4.3.2 NodeMcu 8266

O NodeMCU 8266 é um dispositivo de código aberto para a IoT (*Internet of Things*). Pode ser programado usando o Arduino IDE, e a estrutura de codificação permanece semelhante à do Arduino. Contudo, o Arduino IDE não vem com suporte para este tipo de placa, sendo necessário importar os anexos da placa para o IDE antes de a programar. É relativamente simples programá-la, contudo como o IDE não foi projetado inicialmente para este tipo de placa é necessário atribuir cada pino diretamente no código [52].

Esta plataforma é composta por um microcontrolador (ESP8266 ESP-12E), uma porta USB, conversor USB e possui WiFi nativo. A Tabela C. 5 do Anexo C, mostra as características desta placa [52].

A Tabela C. 6 do Anexo C, mostra a correspondência entre pinos, bem como a designação de cada pino e as funções que cada um consegue desempenhar [52].

Como foi referido anteriormente uma das vantagens da utilização desta placa é a forma como pode ser programada. Pois além da compatibilidade com o IDE nativo do Arduino, também é possível criar código baseado na linguagem LUA. Porém as vantagens não se ficam por aqui, é também possível programar através da Internet, sem que seja necessário aceder à placa. Isto torna-se vantajoso quando o *hardware* está inacessível ou de difícil acesso físico [52]. A Figura 4. 9 mostra a placa que foi utilizada ao longo deste trabalho.

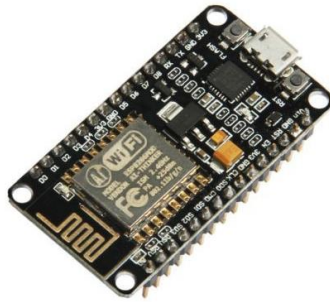


Figura 4. 9 - NodeMCU ESP8266 [52]

## 4.4 Shields

Os *shields* são placas que podem ser empilhadas noutras placas para expandir as suas funcionalidades. Noutras palavras, permitem aumentar funções que uma placa base não tem. Nos pontos seguintes serão abordados os *shields* utilizados neste trabalho.

### 4.4.1 Arduino *Ethernet Shield*

O Arduino *Ethernet Shield* permite que a placa Arduino se ligue à Internet usando a biblioteca Ethernet, bem como a leitura e escrita de dados num cartão de memória. Este *shield* é compatível com algumas versões do Arduino, tais como o Uno e o Mega. Nela está integrado o *chip W5500* que é responsável pela comunicação. A ligação é feita com um cabo de Ethernet padrão (CAT5 ou CAT6, com conector Rj45). A conexão pode ser feita a um *router*, a um *switch* ou a um computador. Contudo, para a última opção é necessário utilizar um cabo cruzado, embora os computadores atuais consigam fazer o cruzamento internamente [53].

A atribuição dos parâmetros da rede a esta placa é realizada automaticamente, através da execução da função *Ethernet.begin()*. O endereço MAC, pode ser definido aleatoriamente ou então utilizar o definido pelo fabricante. Relativamente ao IP este é atribuído dinamicamente, como foi referido anteriormente, contudo em aplicações específicas é possível definir um IP estático. É opcional, mas também é possível configurar a *gateway* e a sub-rede [53]. Na Figura 4. 10 está representado o *shield* utilizado neste trabalho.

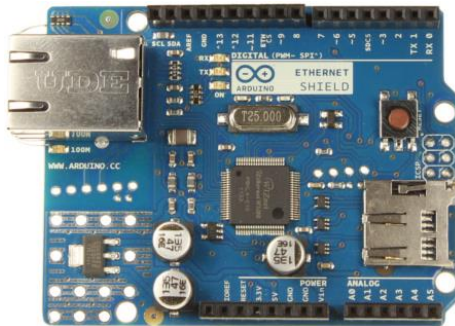


Figura 4. 10 - Ethernet Shield compatível com Arduino Uno [53].

#### 4.4.2 VMA405

O VMA405, Figura 4. 11, é um módulo que permite ler e escrever cartões RFID. Neste módulo está inserido o circuito integrado MFRC522 que possibilita a comunicação sem contato a 16,56 MHz.

O leitor MFRC522 suporta as normas ISO/IEC 14443A/MIFARE e NTAG. O transmissor interno do MFRC522 é capaz de acionar uma antena de leitura e escrita desenvolvida para estabelecer a comunicação com cartões e *transponders* ISO/IEC 14443A/MIFARE sem circuito ativo adicional. O módulo recetor fornece uma implementação robusta e eficiente para desmodular e decodificar sinais de cartões e *transponders* compatíveis com a ISO/IEC 14443A/MIFARE. O módulo digital faz a gestão completa da estrutura ISO/IEC 14443A e a deteção de erros. O MFRC522 comunica sem contato utilizando velocidades de transferência MIFARE superiores a 848 kBaud/s em ambas as direções [54].

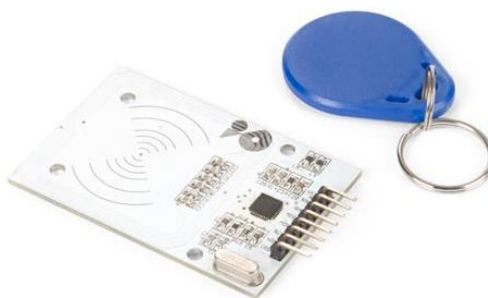


Figura 4. 11 - VMA405 módulo MFRC522 MIFARE [54].

### 4.5 Servidor de dados

Um servidor de dados é um computador que está ligado a uma rede que tem como objetivo proporcionar um local seguro para armazenar dados, tais como, ficheiros de som, vídeos, documentos e bases de dados. Estes também

têm de ter a capacidade de poderem ser acedidos por outros equipamentos, disponibilizando a informação armazenada aos utilizadores. Para este caso o servidor será a máquina principal, enquanto que os PLC, microcontroladores e o SGIE serão clientes na rede.

O servidor de dados não é desenhado para fazer cálculos ou operações complexas, mas apenas para permitir o armazenamento e recuperação de dados provenientes de estações de trabalho. São comumente ligadas às redes locais permitindo a sua interação com as máquinas ligadas a essa rede.

Neste trabalho, uma vez que há um grande fluxo de dados a serem cruzados entre as várias máquinas, e como a memória do PLC é limitada, optou-se por implementar um servidor de dados.

Este tem como principal objetivo assegurar a receção, armazenamento e disponibilização de dados às máquinas “clientes” presentes na rede. Para tal, recorreu-se à plataforma Raspberry Pi [55].

O Raspberry Pi é um computador de placa única, com tamanho reduzido, que permite a execução de várias aplicações em simultâneo. Existem várias gamas, contudo para este trabalho utilizou-se o modelo mais recente, o Raspberry Pi 4, Figura 4. 12. Este oferece bom desempenho de processamento, multimédia, memória e conetividade, comparado com os modelos anteriores.

Os principais recursos deste computador são um processador *quad-core* de 64 *bits* de alto desempenho e memória RAM (*Random Access Memory*) até 8 GB. A comunicação pode ser feita via LAN 2,4/5,0 GHz de banda larga, Bluetooth 5,0 e *Gigabit Ethernet* [55]. Uma vez instalado o sistema operativo baseado em Linux é possível instalar qualquer outro programa baseado nesse sistema.



Figura 4. 12 - Raspberry Pi 4, 4 GB [55].

## 4.6 Servidor de variáveis

Em qualquer sistema de automação, existem vários elementos de controlo e monitorização, cada um com o seu protocolo de comunicação (Modbus, Ethernet, RS232, etc.) e com o seu sistema operativo (DOS, UNIX, Linux ou Windows), com características próprias. Cada ligação pode necessitar de um programa exclusivo, dedicado ao diálogo entre os elementos de controlo e o elemento de monitorização. Cada fabricante fornece esse controlador de comunicação ou programa que permite a comunicação entre o seu produto com um computador específico. Por vezes o acesso aos dados é feito de maneira pouco clara, sem acesso por parte do utilizador [56]–[58].

A interface é responsável por converter os dados do equipamento em dados úteis para o sistema de controlo. O problema implícito nesse método é que, para qualquer expansão ou modificação do sistema, é necessário contactar o fornecedor para disponibilizar um novo *driver* ou então desenvolver um driver.

A OPC (*OLE for Process Control*) surgiu com a finalidade de eliminar esse problema, criando um padrão orientado para o modo de troca de dados, independentemente da tecnologia usada para isso. Qualquer que seja a fonte de dados, o formato da apresentação e o acesso aos dados serão corrigidos. Dessa forma, será possível a troca de dados com qualquer equipamento que esteja em conformidade com o padrão OPC o que permitirá uma redução considerável de custos, uma vez que cada *driver* deve ser configurado apenas uma vez [57], [58].

Para o caso de estudo, e por forma a poder contornar os problemas de exclusividade de fabricantes, implementou-se um servidor OPC, através do servidor *NI OPC Server*.

Este é um servidor desenvolvido pela *National Instruments*, que visa integrar um modo de comunicação entre diversas plataformas, tais como os PLC da Siemens.

Como a interface gráfica é implementada no *LabVIEW*, software do mesmo fabricante, a integração de ambos é extremamente fácil. Na secção 4.8.10 será abordada com mais detalhe a troca de informações entre o TIA Portal e o SGIE através do OPC Server.

## 4.7 TIA Portal

O TIA Portal é o *software* de programação utilizado para programar e configurar o controlador programável S7-1200 e não só. Este oferece um ambiente amigável de desenvolvimento do *software*, configurações avançadas de *hardware*, simulações e ligação à rede. O controlador S7-1200 é configurado e programado com o STEP7, sendo a programação feita em lógica LAD, FBD ou SCL. Ainda, no TIA Portal, é possível configurar o *hardware*, ligações à rede com Profibus e Profinet, bem como a programação de teste do utilizador. No TIA portal é possível configurar, através do WinCC, as interfaces HMI (*Human Machine Interface*) bem como outras que façam parte das bibliotecas [59].

A eficiência desta plataforma baseia-se na interação de todas as ferramentas, algo que não se obtém utilizando as ferramentas de forma individual. A forma inteligente como o utilizador é guiado na fase da configuração facilita a integração rápida no ambiente de desenvolvimento. O *Portal View* guia o utilizador através das várias tarefas, como criar um equipamento novo, e os editores inteligentes fornecem exatamente as funções e elementos que o utilizador necessita em cada configuração [59].

Assim com o TIA Portal é possível integrar os componentes principais para um projeto de automação, sendo estes controladores, HMI, inversores, periféricos descentralizados, motores, controladores de movimento e distribuição de cargas [59].

## 4.8 Funcionalidades implementadas

Nesta secção abordam-se as funcionalidades desenvolvidas em *hardware*, sendo que na

Tabela C. 7 do Anexo C, foram descritas as funções de cada entrada e saída utilizada no PLC.

### 4.8.1 Climatização

Como já foi referido anteriormente, a climatização ou AVAC é um dos elementos chave para o conforto dos espaços, tanto residenciais como empresariais.

Para tal, a simulação e testes deste sistema foi feita com recurso a um elemento radiante (gerador de calor) uma ventoinha e um sensor de temperatura, o LM35. A alimentação do sistema foi feita a 12 VDC, sem que haja qualquer necessidade de utilizar outras fontes de alimentação. A Figura C. 8, mostra o esquema de ligação adotado para o sistema de climatização.

Como o edifício têm por três espaços diferentes, as ligações implementadas são iguais para todos. É importante ressaltar que como o S7-1200 contém apenas duas entradas analógicas recorreu-se ao PLC LOGO para implementar o sistema de climatização do “Espaço 3”.

O programa desenvolvido para este sistema está dividido em duas partes. A primeira parte, Figura C. 9, refere-se à verificação, por parte do sistema, sobre a abertura ou não dos espaços. Esta verificação é importante, pois não adianta que o sistema esteja a compensar a diferença de temperatura para um espaço infinito.

Caso se verifique a abertura de um espaço, neste caso uma abertura de janela, pois como se trata de um espaço comercial a porta encontrar-se-á aberta constantemente, e se o sistema de climatização estiver ligado, este desliga-se naquela zona e informa o utilizador que o espaço se encontra aberto. Porém, se não se verificar nenhum espaço aberto o sistema passa para a segunda parte, Figura C. 10.

A segunda parte do sistema refere-se ao sistema de climatização propriamente dito. Aqui o sistema, após o utilizador definir qual a sua temperatura de conforto, verifica se a temperatura no espaço é inferior, superior ou igual à temperatura definida pelo utilizador. Para o caso em que a temperatura seja inferior, o sistema compensa essa diferença, ligando o elemento radiador e a ventoinha, por forma a forçar a circulação de ar. Caso a temperatura no espaço seja superior à temperatura de *setpoint*, o sistema apenas aciona a ventoinha. A solução para este caso poderia ser abordada de duas formas: uma desligar o ventilador e o elemento radiante, mas demoraria muito mais tempo para que se verifique uma baixa de temperatura e outra seria a solução adotada, apenas ligar o ventilador para que seja favorecida a circulação de ar frio.

Por último, se a temperatura ajustada for a mesma que a medida no espaço o sistema não faz nada. O sistema encontra-se em ciclo infinito, ou seja,

a verificação da temperatura é controlo da temperatura está sempre a acontecer, desde que o sistema de climatização esteja ligado. A função implementada no TIA Portal para o S7-1200 está representada na Figura C. 10 do Anexo C.

#### **4.8.2 Iluminação**

A iluminação é um ponto fundamental das operações de gestão de um edifício. Assim para simular este sistema implementou-se o esquema presente na Figura C. 11.

O sistema de iluminação é controlado através de dois PLC, o LOGO! e o S7-1200. A utilização do LOGO! resulta da necessidade de utilizar as entradas analógicas para ler os sensores de luminosidade. A iluminação foi feita através de fitas de LED que funcionam a 12 VDC. Estas foram ligadas a um bloco de relés, permitindo assim uma maior segurança à saída do S7-1200. Os interruptores também são ligados ao S7-1200, sendo este o responsável pelo processamento das variáveis lidas nas suas entradas e nas entradas analógicas do LOGO!.

Também se utilizou um sensor de movimento que verifica se há movimento no espaço, indicando se está ocupado.

O programa desenvolvido para simular o sistema de iluminação está dividido em duas partes. A primeira parte, Figura C. 12, refere-se ao sistema base de iluminação, ou seja, é feita a monitorização dos interruptores e dos sensores de luminosidade. Aqui o objetivo foi controlar o consumo de energia quando foi ligada a iluminação. Para tal foi feita sempre a verificação da iluminação no espaço, ou seja, foi feita a comparação entre a iluminação artificial e a iluminação natural e sempre que a iluminação artificial for inferior à iluminação natural é reduzida automaticamente a iluminação artificial para metade, baixando o seu consumo. Caso se verifique o contrário, a iluminação artificial mantém-se no máximo, permitindo o máximo de luz dentro do espaço.

Outra funcionalidade implementada foi a deteção de movimento dentro dos espaços. A função implementada está presente na Figura C. 13 do Anexo C. Nesta é feita a constante verificação de movimento no espaço, e caso seja detetada a ausência de movimento é feito o registo desse momento. Como o ciclo repete-se, é comparado o momento atual e o momento em que se detetou a última vez movimento. Sempre que a diferença entre estes dois momentos seja



cartão ou *tag*. Sempre que for aproximado um cartão ou *tag* é realizada a leitura da chave e envio para a base de dados.

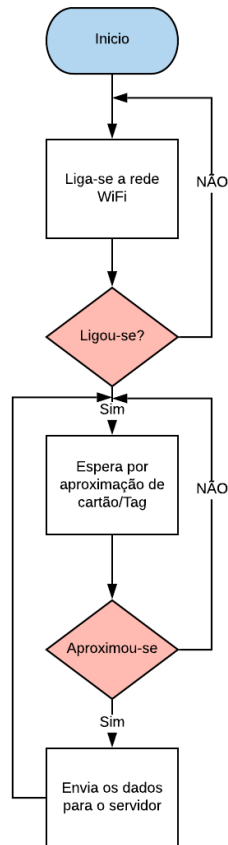


Figura 4. 14 - Fluxograma do programa desenvolvido para o controlador de acessos.

#### 4.8.4 Sistema de rega e deteção de inundação

O sistema de rega e de deteção de inundação é um sistema que permite não só supervisionar se há alguma inundação inerente a uma fuga de água no edifício, mas também faz o controlo e supervisão dos espaços verdes no edifício. Atualmente, os edifícios dispõem de espaços verdes tanto interiores como exteriores. Contudo, neste trabalho apenas se consideraram os espaços exteriores.

No caso de deteção de inundações é dado o alerta pelo detetor de inundação, tanto a nível sonoro, como no S7-1200.

No PLC, um sinal a 24 VDC na porta digital I0.6, indica inundação, o que por sua vez atuará na electroválvula presente na saída Q9.2. Neste trabalho foi considerada apenas uma zona, uma vez que se tratava de um caso genérico.

Contudo, é possível adicionar vários detetores de inundação e de acordo com estado de cada um é possível atuar em várias electroválvulas.

A Figura 4. 15 mostra o código desenvolvido no Tia Portal para esta situação. É importante realçar que a válvula tem de ser normalmente fechada, caso contrário estaria-se a abrir a circulação da água no meio e não a fechar.

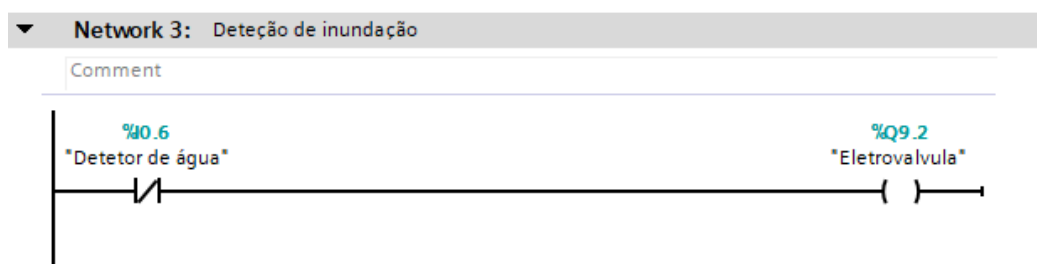
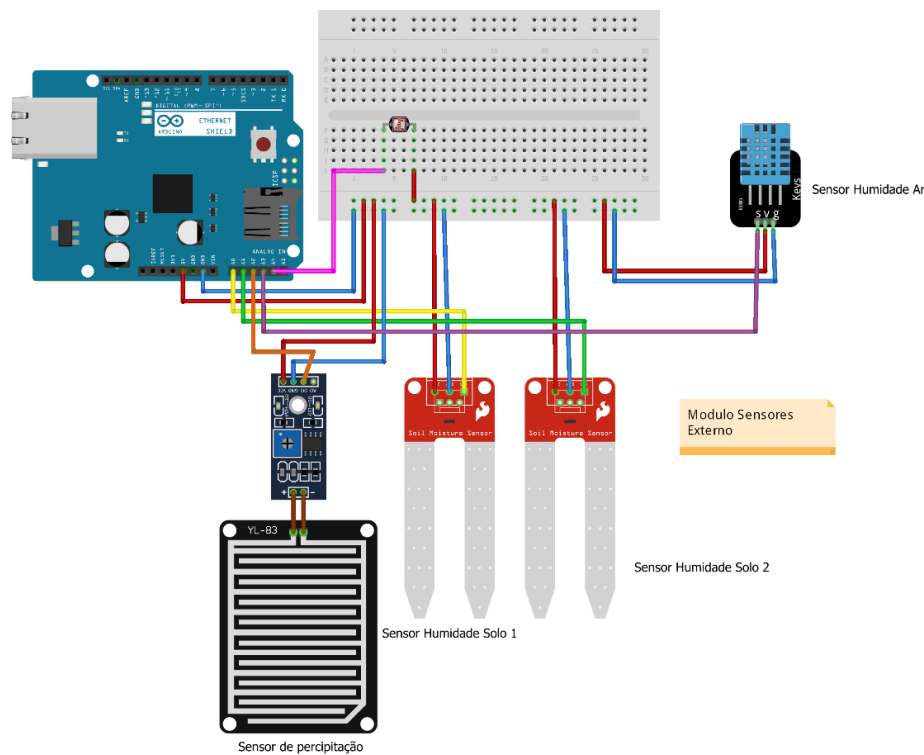


Figura 4. 15 - Programa desenvolvido para a deteção de inundação no TIA Portal.

Relativamente ao sistema de rega este foi feito de acordo com os níveis de humidade no solo, captados pelos sensores SEN0114, presentes no módulo de sensores externos e com a informação obtida pelo sensor de humidade do ar e de precipitação.

O desenvolvimento deste módulo foi feito na plataforma Arduino, sendo utilizado o Arduino Uno Rev3 e um *Shield* Ethernet, para que este módulo comunique com o servidor de dados. Na Figura 4. 16 está presente o circuito implementado para este módulo. A colocação dos sensores foi feita de modo que possam interagir da melhor maneira com o meio, ou seja, por exemplo, o sensor de humidade do solo está subterrado no solo, a 5 centímetros de profundidade. Os sensores de chuva, humidade e luminosidade estão mais expostos aos elementos ambientais, para que os valores obtidos não tenham influência de outros elementos, tais como sombras.



fritzing

Figura 4. 16 – Esquema adotado para o módulo de sensores externos (humidade do solo, humidade do ar, chuva e luminosidade do exterior).

O programa desenvolvido para este módulo está presente no Anexo E. No projeto é realizada a leitura dos diversos sensores e é feito o envio dos dados para o servidor de dados.

Após a aquisição e registo dos valores pelo módulo de sensores externos é feito o tratamento dos dados no S7-1200. Neste é feito o cruzamento dos dados obtidos pelo módulo de sensores externos com os dados obtidos nas entradas I0.3, I0.4 e I0.5. Estas entradas referem-se ao nível de água armazenada no tanque, uma vez que neste trabalho considerou-se o aproveitamento de águas pluviais para a rega dos espaços verdes.

Posto isto o tanque foi dividido em três partes iguais de forma a indicar os níveis de água armazenados neste. Assim a entrada do PLC I0.3 é referente ao nível mais baixo de água no tanque, aproximadamente um terço da água, o I0.4 ao nível intermédio, cerca de dois terços e o I0.5 ao nível mais elevado.

O fluxograma do programa implementado no Tia Portal que permite controlar o sistema de rega está descrito na Figura C. 14, sendo que inicialmente é feita a leitura dos dados dos sensores presentes no módulo externo. Após a leitura das variáveis são comparados os níveis de humidade no solo. No caso de

a humidade se encontrar abaixo dos 30% é iniciada a rega durante 10 minutos. A água para rega é proveniente de duas fontes distintas: rede pública ou pelo tanque de aproveitamento de águas pluviais. Contudo o sistema dá preferência ao tanque, sempre que este tenha água disponível.

O sensor de humidade do ar, para este algoritmo de rega não é relevante, contudo é um bom indicador de como é que o ambiente se encontra. Um outro fator a ser considerado é a precipitação, pois, caso o solo esteja com humidade abaixo dos 30% ou durante o tempo de rega começar a chover a rega é desligada. O sistema de rega é ativado por meio de um motor que está na saída do PLC Q9.1.

Na Figura C. 15, está representado o esquema de ligação entre o S7-1200 e o tanque, bem como o motor de rega e a electroválvula.

#### 4.8.5 Detecção de incêndio e videovigilância

O detetor de incêndio desenvolvido para este trabalho é apresentado na Figura 4. 17. Este detetora chama através de um sensor de infravermelhos, como foi descrito na secção 4.1.4.

Por forma a garantir que não ocorriam falsos alarmes na deteção de incêndios adicionou-se um sensor de temperatura, o LM35. Este, tem como objetivo medir a temperatura do espaço e caso seja detetado incêndio pelo sensor de chama e a temperatura medida for igual ou superior a 70°C é acionado o alarme.

Uma vez que este detetor utiliza um *Shield Ethernet*, foi feito o envio dos dados para a base de dados, registando-os para posterior consulta no SGIE.

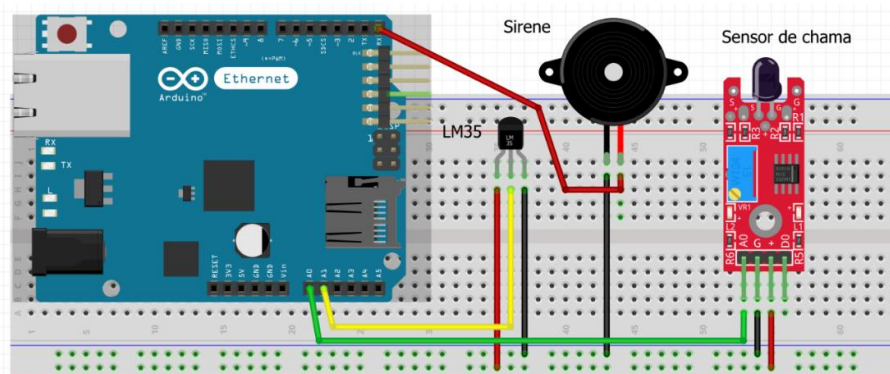


Figura 4. 17 - Detetor de incêndio, baseado em Arduino.

O fluxograma com a função implementada para este detetor está presente na Figura C. 16. Relativamente à informação que é passada para a base de dados é o local e a hora em que ocorreu a deteção, pois na interface gráfica é sinalizado o alerta de incêndio e a imagem do ou dos locais afetados.

As imagens que são apresentadas na interface gráfica são as imagens do sistema de videovigilância.

#### **4.8.6 Gestão de energia**

Após a implementação dos diversos sistemas de automação do edifício implementou-se um sistema que monitoriza o consumo e a produção de energia do edifício.

Este sistema permite medir o consumo energético do edifício, e com auxílio de um painel solar e uma bateria, produzir e armazenar energia, cumprindo um dos requisitos apresentados na seção 3.3.

Para medir o consumo do edifício, neste caso a maquete a ser implementada, utilizou-se o sensor de corrente ACS712 da Allegro. Este sensor permite medir correntes máximas de 20 A, em corrente contínua ou alternada, nos sistemas industriais, comerciais e de comunicação. Trata-se de um sensor linear, ou seja, tem um fator de escala de 100 mV por A. É muito utilizado em aplicações de fornecimento de energia, proteção de falhas de sobrecorrente e controlo de motores [61]. Para tal implementou-se o circuito presente na Figura C. 17. É possível verificar que na entrada A0 está o sinal que mede a tensão da bateria, no A1 a tensão do painel e no A2 o sinal que mede a potência do edifício.

Relativamente à produção e armazenamento de energia, apenas se dispunha de uma bateria e painel de 12 V. Como o *hardware* utilizado na implementação do SGIE, trabalha com elementos a 24 V, tais como os PLC, não foi possível ligar o sistema de produção fotovoltaica à maquete, de forma a ser uma fonte de alimentação. Contudo para satisfazer o requisito de produzir e armazenar energia, foi implementado um subsistema que ligasse um painel solar a uma bateria e uma carga.

As características do painel considerado estão presentes na Tabela C. 8 do Anexo C. Este é um painel com tensão nominal de 12 V, que ligará ao controlador de carga e à bateria de 12 V com capacidade de 12 Ah. É de notar

que a bateria disponível tem uma capacidade muito elevada, logo o tempo de carregamento será elevado, para este painel.

Feita a ligação de acordo com o esquema apresentado na Figura 4. 18, implementou-se um circuito que permite medir os parâmetros associados à tensão do painel, tensão da bateria e a potência consumida pela carga.

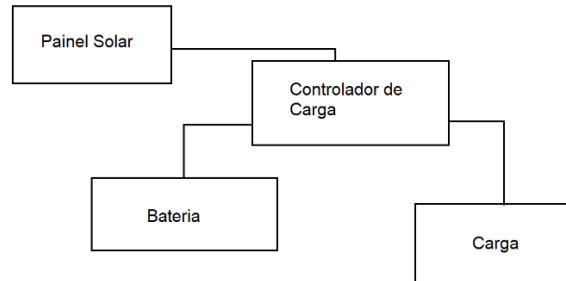


Figura 4. 18 - Diagrama de ligação do painel solar, controlador de carga e bateria.

O circuito adotado para a medição da bateria foi um divisor de tensão. Sabendo que a tensão máxima que a bateria pode atingir são os 14 VDC,  $V_{in}$ , e que a tensão máxima admitida nas entradas analógicas do Arduino é 5 VDC,  $V_{out}$ , e assumindo que a resistência  $R_1$  é de 2,2 k $\Omega$  determina-se, através da equação 4 a resistência  $R_2$  do circuito presente na Figura 4. 19:

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{in} \quad (4.4)$$

Onde  $R_2 \approx 1,2 \text{ k}\Omega$ .

Foi feito o mesmo procedimento para medir a tensão do painel fotovoltaico. Assim sabendo que o painel solar tem uma tensão de pico máxima de 18,1 V e que a entrada analógica do Arduino no máximo admite 5 VDC e sabendo que o valor da resistência  $R_1$  é de 2,2 k $\Omega$ , obtém-se através da equação 4.4, o valor de  $R_2$  foi aproximadamente 8,4 k $\Omega$ .

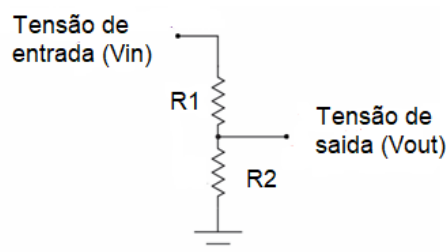


Figura 4. 19 - Circuito divisor de tensão.

Os valores da tensão da bateria e do painel solar são enviados através do microcontrolador para a base de dados. O sistema de gestão integrada por sua vez irá gerir a fonte de energia para a carga de acordo com estes dados.

#### 4.8.7 Interface de controlo manual

A interface de controlo manual tem como objetivo simular os controladores físicos que estão presentes nos edifícios.

Para tal recorreu-se à plataforma Arduino, mais propriamente à placa NodeMCU, a fim de poder implementar este controlador. A Figura 4. 20, mostra o circuito implementado, onde à placa de desenvolvimento é adicionado um *display*, três botões e um potenciômetro que fará de ajuste do *setpoint*. Os botões têm como função subir e descer no menu e o botão de “Ok” que faz com que sejam guardado os valores ajustados.

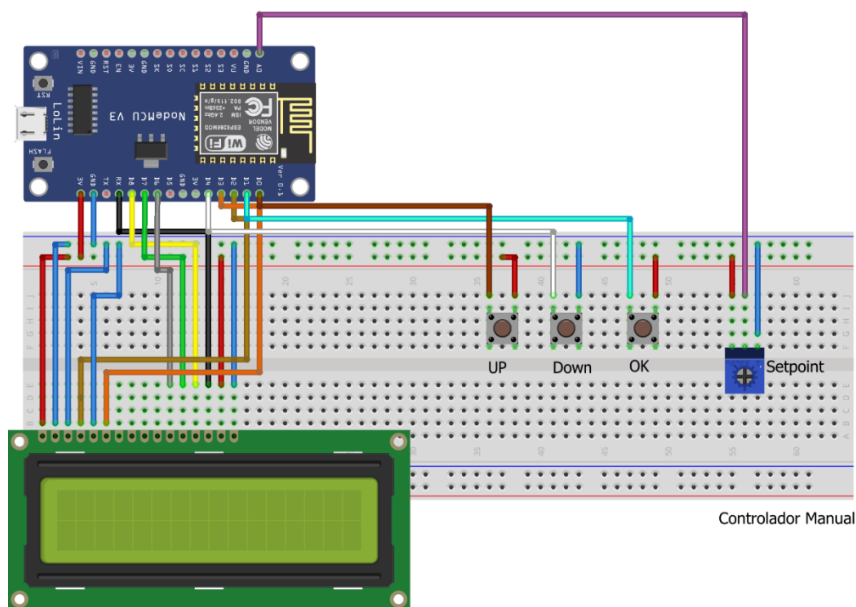


Figura 4. 20 - Esquema de ligação do módulo de controlo manual, HMI.

A comunicação entre este controlador e o sistema de gestão é estabelecida sobre a rede de Internet com ligação WiFi através da placa NodeMCU. Portanto, são definidos os parâmetros de acesso à rede como mostra a Figura 4. 21.

```
//Ligação a rede Wifi
const char* ssid = "*****";
const char* password = "*****";
```

Figura 4. 21 - Definição de parâmetros de ligação a rede local.

Depois da configuração da rede é necessário definir os parâmetros referentes ao display e aos botões, como mostra a Figura 4. 22.

```
// definição de pino para o display
const int RS = 4, EN = 0, d4 = 12 , d5 = 13, d6 = 15, d7 = 3;

LiquidCrystal lcd(RS, EN, d4, d5, d6, d7);
int up = 16;// botao para cima
int dn = 2;// botao para baixo
int ok = 5;// botao ok

int numero = 0;// variavel para o contador
```

Figura 4. 22 - Configuração adotada para apresentação de mensagens no display.

Uma vez concluídas as configurações de *hardware* no NodeMCU, implementa-se o menu que permite ao utilizador navegar entre as opções possíveis do sistema.

Na Figura C. 18 são apresentados os casos definidos para o controlador e os espaços controlados. Controla-se a temperatura e a iluminação dos três espaços. Já na Figura C. 19, está descrito como é que o programa do controlador funciona. Isto é, inicialmente ele estabelece a comunicação com a rede WiFi. Se não conseguir estabelecer esta comunicação, não avança no programa, sendo esta isto uma verificação importante, pois sem rede o controlador torna-se inútil no sistema. Após a ligação verificam-se os botões, “Up” e “Down”. É importante verificar qual o é espaço e a variável que o utilizador pretende controlar. Depois de selecionado é lido o valor ajustado e se o utilizador clicar em “Ok” esse valor é guardado na base de dados, caso contrário é descartado.

Sempre que o utilizador clicar em “Ok” o menu volta à posição inicial, ou seja, a variável “numero” é definida como zero, como mostra a Figura 4. 23.

```
lcd.clear();
numero = 0;
opcao(numero);
```

Figura 4. 23 - Função que permite limpar a memória do sistema após escolha do utilizador.

De forma a verificar se os dados são enviados corretamente para a base de dados, implementa-se um ciclo de verificação de erros, que deteta os erros no processo de envio de dados, como mostra a Figura 4. 24.

```
// Lê os erros enviados depois da ligação/envio de dados e retornal no monitor Serial
while(client.available()){
    String line = client.readStringUntil('\r');
    // Serial.print(line); mostra os erros vindos do servidor
}
```

Figura 4. 24 - Ciclo de verificação de erros no envio dos dados.

Após a implementação e testes, na Figura C. 20 do Anexo C, é apresentado o controlador desenvolvido para este trabalho. Apesar da simplicidade, este tem uma extrema importância, pois permite fazer a interação Homem-Máquina com o sistema de gestão. O código desenvolvido para o controlador está presente no Anexo F.

#### 4.8.8 Aplicação desenvolvida no LOGO!Soft

A programação do PLC LOGO! é realizada com recurso ao LOGO!Soft Comfort, desenvolvido pela Siemens, tal como o PLC.

A aplicação desenvolvida para este PLC tem como função ler as entradas analógicas e enviá-las para o mestre S7-1200. Portanto, começa-se por definir o PLC a utilizar e os parâmetros de rede, representados na Figura C. 21 do Anexo C, no “*Network View*”.

Concluídas as configurações iniciais, definem-se os endereços de memória para a partilha das variáveis lidas, como mostra a Figura C. 22 do Anexo C. É importante realçar que o parâmetro TSAP deverá tomar o valor apresentado no TIA Portal, caso contrário a comunicação não será estabelecida. Por último definiu-se os endereços de memória a serem transferidos.

Feitas as configurações de *hardware* implementam-se, no “*Diagram Editor*”, a aplicação que realiza a leitura das entradas analógicas e envia-as para as saídas de rede (NAQ), estando essa aplicação presente na Figura 4. 25. Aqui lêem-se três sensores de luminosidade e um sensor de temperatura LM35. A entrada AI1 refere-se ao sensor de temperatura do espaço 3, as entradas AI2, AI3 e AI4 são referentes aos sensores de luminosidade dos espaços 1, 2 e 3 respetivamente.

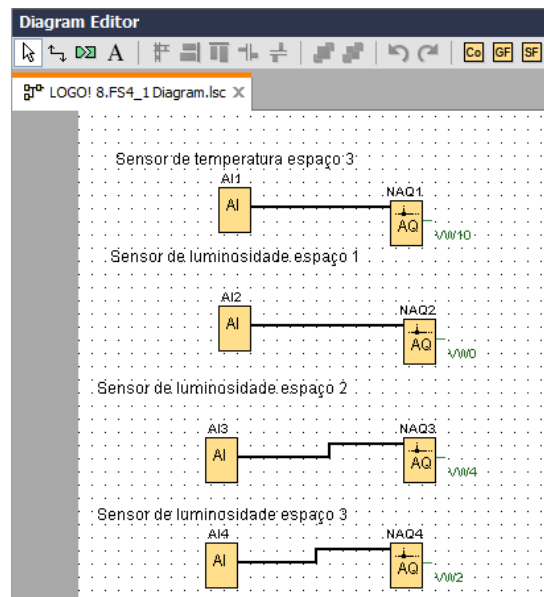


Figura 4. 25 - Aplicação desenvolvida para o PLC LOGO!.

#### 4.8.9 Base de dados

Um sistema de gestão da base de dados é uma ferramenta imprescindível para uma análise mais detalhada dos comportamentos adotados na utilização do edifício.

Uma vez que os equipamentos utilizados neste trabalho, tais como os PLC e microcontroladores, não dispõem de grande capacidade de memória, implementam-se uma base de dados no Raspberry Pi.

Para tal, instalou-se o pacote XAMPP, no Raspberry. O XAMPP (X, executa em diferentes sistemas operativos, Apache, MariaDB, PHP, Perl), é um pacote com os principais servidores *open source* do mercado, incluindo o FTP, base de dados MySQL e Apache com suporte para as linguagens PHP (*Hypertext Preprocessor*) e Perl [62].

Concluída a instalação da base de dados, acede-se ao painel de navegação, através do *browser*, para que seja configurada a base de dados. A Figura C. 23, mostra a interface do XAMPP quando é acedido pelo *browser*.

Depois de introduzir as credenciais, definidas durante a instalação, é apresentado o painel de navegação fornecido pelo phpMyAdmin, Figura C. 24 do Anexo C. Neste é possível criar e remover bases de dados, criar, remover e alterar tabelas bem como inserir, remover e editar campos, executando códigos SQL (*Structured Query Language*) e manipular campos chave [62].

Depois de efetuar todas as configurações no servidor, criou-se a base de dados “tese”, Figura 4. 26. É nesta que registou-se todas as operações inerentes ao sistema de gestão integrada, organizadas por tabelas, ou seja, por exemplo a tabela utilizadores, contém a informação dos utilizadores que estão registados e que têm acesso ao edifício, pois é com esta informação que o sistema dará ou não acesso aos utilizadores, registando essas permissões, data e local, na tabela “controlo\_acesso”.

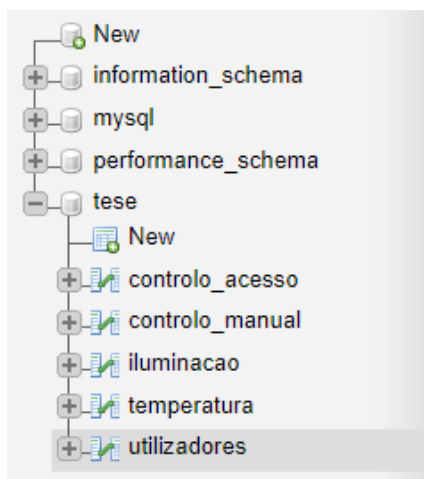


Figura 4. 26 - Criação de tabelas na base de dados.

Concluída a criação das tabelas na base de dados procedeu-se ao desenvolvimento de uma aplicação em PHP que receberá os dados provenientes dos módulos de Arduino e que os insere na base de dados. O código da aplicação para esta finalidade encontra-se disponível no Anexo G. Este recebe os dados via “get”, e dependendo da sua origem insere-os na tabela correspondente.

#### 4.8.10 Comunicação entre o Tia Portal e o sistema de gestão

A comunicação entre o Tia Portal e o SGIE é feita através do *OPC Server*. Neste é feita a partilha das variáveis de interesse de ambos os sistemas.

A Figura C. 25 mostra as variáveis que são partilhadas entre ambos, sendo que estas podem levar informação do sistema de gestão para o TIA Portal ou vice-versa. É possível verificar que para cada variável está descrita a porta física correspondente no PLC ou então a posição de memória que lhe está associada, no equipamento físico.

O mesmo acontece para o tipo de dados, ou seja, é necessário definir qual o tipo de dados a que a variável se refere, pois caso contrário a informação apresentada não corresponderá ao valor real. A velocidade de leitura das variáveis também é um parâmetro que pode ser ajustado, sendo que para este trabalho optou-se por deixar a 100 ms, como mostra a Figura C. 26.

#### 4.8.11 Maquete desenvolvida para verificação experimental

Implementou-se uma maquete para que fosse possível testar experimentalmente este projeto. Começou-se por definir três espaços diferentes, denominados de espaço 1, espaço 2 e espaço 3.

Em cada um dos espaços instalou-se a climatização e a iluminação. A climatização comportou-se como um sistema de AVAC, em que foi controlada a temperatura e foi feita a circulação de ar no espaço, Figura C. 27. Para tal, como atuadores, neste sistema existia uma ventoinha e um elemento de aquecimento com tensão de alimentação 12 V. Como sensores utiliza-se o LM35 para a medir a temperatura, Figura C. 28 . Este têm como função informar o PLC a que temperatura o espaço se encontra, a fim de poder atuar no sistema mediante o programa inserido. O controlo da climatização foi conseguido pelo utilizador com recurso ao controlador manual, descrito no ponto 4.8.7.

O sistema de iluminação foi implementado com uma fita LED, Figura C. 29, alimentada a 12 V, um interruptor e um LDR, em cada um dos espaços. O sistema de iluminação controla a quantidade de luz artificial presente no espaço, foi montado o sensor conforme a Figura 4. 27.

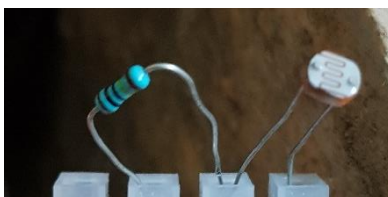


Figura 4. 27 - Sensor de luz montado na maquete.

Para simular a abertura de espaços, instalou-se um *microswitch* em cada espaço, Figura C. 30, simulando a abertura de uma porta ou janela. O propósito desta funcionalidade deve-se a necessidade de supervisionar o espaço, para minimizar o consumo de energia.

Após a implementação da climatização e da iluminação passou-se para o sistema de detecção de inundação. Foi utilizado um sensor comum por forma a exemplificar um caso genérico. Assim, no espaço 2, instala-se o detetor de água com os polos no chão, de forma a minimizar os erros na detecção, Figura C. 31 do Anexo C.

De seguida implementou-se o sistema de detecção de incêndio. Porém na simulação da maquete, por questões de segurança, optou-se por introduzir um botão *ON/OFF*, que quando o interruptor esta na posição *ON* foi detetado incêndio e *OFF* quando não foi detetado qualquer indício de fogo. Esta solução apenas fez com que fosse possível simular o sistema na maquete, pois com a montagem presente na Figura 4. 17 foi possível testar a presença de fogo.

Ainda para o sistema de incêndio, implementou-se uma câmara de CCTV, de modo a mostrar o espaço onde ocorreu o incêndio. Esta câmara foi a câmara do telemóvel, partilhada na rede através do IP. Na mesma base do sistema de câmaras utilizadas no sistema de detecção de incêndio, implementa-se o sistema de CCTV e controlo de acessos. Neste caso o *hardware* do sistema de CCTV foi reaproveitado do sistema de incêndio. O controlo de acesso foi feito mediante a leitura de um cartão ou *tag* RFID. Para verificação experimental considerou-se a supervisão do espaço 2. Após a monitorização e controlo dos espaços dentro do edifício implementou-se as funcionalidades externas no mesmo. Nestas incluem-se a iluminação, rega de jardins e aproveitamento de águas pluviais, Figura C. 32. O tanque consistiu numa garrafa em que foi inserido água para simular o aproveitamento e uso desta, e os sensores de nível que indicam qual o nível de água que o tanque têm.

Por último, implementou-se um sistema fotovoltaico, Figura 4. 28. Este têm como objetivo carregar uma bateria através de um painel solar fotovoltaico. Aqui, monitorizou-se o carregamento e a tensão da bateria, sendo feita a utilização da carga desta na iluminação.



Figura 4. 28 - Sistema fotovoltaico implementado na maquete.

#### 4.9 Interface gráfica do sistema de gestão integrada de edifícios

O principal objetivo deste trabalho foi implementar um sistema de gestão integrada em edifícios (SGIE), com autômatos programáveis e microcontroladores. Assim, depois de implementar os diversos subsistemas que fazem parte do sistema de automação de um edifício, implementou-se a interface gráfica do utilizador. Essa interface é responsável por apresentar os dados obtidos pelo sistema ao utilizador. No fundo é a HMI do sistema de gestão.

Esta interface foi desenvolvida com auxílio do *software* de desenvolvimento LabVIEW, da *National Instruments*. O LabVIEW é um *software* de engenharia de sistemas para aplicações que requeiram testes, medições e controlo com rápido acesso às informações sobre os dados do *hardware* [63]. Este *software* usa uma linguagem de programação gráfica, recorrendo a *icons*. Ao contrário das linguagens de programação baseadas em texto, onde as instruções determinam a execução do programa, o LabVIEW usa programação de fluxo de dados, onde o fluxo de dados determina a execução. No LabVIEW é possível construir uma interface de utilizador usando um conjunto de ferramentas e objetos. A interface de utilizador é conhecida como painel frontal, com as representações gráficas

das funções para controlar os objetos do sistema. A programação é feita com diagramas de blocos que se assemelham a um fluxo de dados [63], [64].

Na comunicação entre o *software* e o *hardware* é possível utilizar dispositivos GPIB, VXI, PXI, RS232, RS485 e a interface de aquisição de dados, DAQ. O LabVIEW também possui recursos embutidos que permitem ligar o sistema à Web, através do LabVIEW Web Server e do ActiveX [63].

O uso deste *software*, para o desenvolvimento da interface HMI, foi importante pois não só permite a comunicação entre os PLC, via OPC, mas também a interação entre o sistema e das bases de dados remotas, o que facilita imenso o trabalho de programação, por ser um *software* multiplataforma.

A interface gráfica do utilizador implementada é constituída por onze separadores, sendo que cada um representa um subsistema, formando o SGIE. A Figura 4. 29, mostra a página inicial, ou seja, é a primeira interface que é vista quando o programa é iniciado. Esta contempla os dados da instituição e do programa. Na parte superior encontra-se um menu que permite navegar por todas as funcionalidades do sistema.



Figura 4. 29 - Interface gráfica do sistema de gestão integrada em edifícios.

Assim da esquerda para a direita, primeiro tem-se botão “*Home*”, que ao ser clicado coloca o sistema na página inicial. De seguida tem-se o botão “*Edifício*”, que apresenta o sistema na sua forma básica, ou seja, são apresentadas as divisões do edifício e os diversos subsistemas. Depois aparece

a “Climatização”, que permite ao operador do sistema visualizar os diversos parâmetros relacionados com o aquecimento e ventilação dos espaços. Em sucessão, aparece a “Iluminação”, sendo que, tal como no separador anterior, o operador tem acesso aos parâmetros relacionados com a iluminação exterior e interior. Em quinto lugar aparece o botão “Águas”. Neste é possível monitorizar os espaços interiores e exteriores. No caso dos espaços interiores são monitorizados a deteção de inundações e o nível do tanque de aproveitamento de águas, enquanto que no exterior são monitorizados os sensores de humidade e de chuva. Também é apresentada a informação sobre os espaços verdes do edifício, tal como a percentagem de humidade do solo e o estado do sistema de rega.

Na sexta posição aparece o botão “Fogo”, isto é, o sistema de deteção de incêndio. Neste, não só é dado o alerta de incêndio, mas também ativa a câmara para mostrar as imagens do local afetado. Na posição sete do menu aparece o botão “CCTV”, este submenu apresenta o sistema de CCTV do edifício e os pontos de acesso que são controlados, neste caso com cartões RFID.

Na posição oito está apresentado o botão “Energia”. Aqui mostram-se os consumos energéticos do edifício, bem como a energia produzida a partir do sistema fotovoltaico. O nono botão refere-se aos relatórios, neste separador é apresentado o histórico de todas as operações feitas no sistema dentro do intervalo definido pelo operador. Em décimo lugar aparecem os alertas. Este ponto apresenta os alertas gerados pelos subsistemas, para que o operador possa resolver alguma falha que surja no decorrer do funcionamento do sistema global.

Na última posição aparece o botão “Ajustes”. Neste separador apresentam-se os parâmetros de interesse para o funcionamento do sistema, tais como, lista de IP atribuídos aos equipamentos e dados do servidor de dados. Estes três últimos botões não se referem especificamente ao controlo e supervisão do sistema de gestão, mas sim à manutenção do sistema de automação numa forma global. A Tabela C. 9, mostra o menu de navegação implementado na interface gráfica do utilizador com a legenda de cada separador.

A interface gráfica de utilizador permite a interação entre o utilizador e a máquina por meio de elementos gráficos.

#### 4.9.1 Separador “Edifício”

No separador “Edifício”, representa-se o edifício como um todo. Aqui são apresentados os vários sistemas implementados no edifício sobre a sua planta.

Na Figura 4. 30 é possível verificar os sistemas implementados em cada um dos espaços, as medições realizadas e os alertas gerados pelo sistema em cada espaço. Assim, nos três espaços do edifício, é feita a monitorização da temperatura, luminosidade, fuga de água, incêndios e aberturas do espaço.

Ao mesmo tempo, também é monitorizado o estado dos equipamentos, ou seja, se estão a funcionar, ou não, ou em que estado se encontram, pois no caso do sistema de climatização existem mais do que dois estados. Este pode funcionar no modo de aquecimento, arrefecimento e circulação de ar. Já a iluminação apenas apresenta dois estados, ligada ou desligada.

Ainda, neste separador, é possível verificar os sensores externos, tais como a humidade do solo, chuva, iluminação, água armazenada no tanque e energia consumida pelo edifício e produzida pelo sistema de produção fotovoltaica.

Finalmente, é possível ver a previsão do estado do tempo para a localização do edifício. Este parâmetro é relevante na gestão de recursos de alguns espaços do edifício, tanto interno como externos. O código desenvolvido para esta interface está presente na Figura H. 10 do Anexo H.

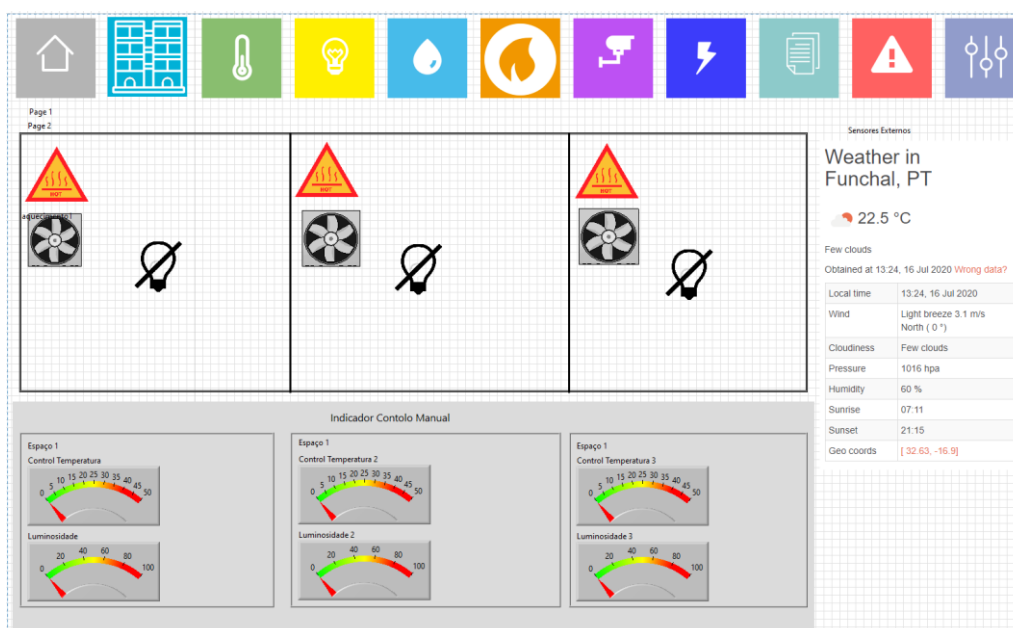


Figura 4. 30 - Interface gráfica desenvolvida para o separador "Edifício".

#### 4.9.2 Separador “Climatização”

O separador “Climatização” é responsável pela apresentação dos parâmetros relacionados com a climatização. Na Figura 4. 31, estão representados todos os elementos referentes a este sistema, desde os equipamentos que fazem a climatização aos controladores de cada espaço.



Figura 4. 31 - Interface gráfica da aplicação que monitoriza a climatização.

Também é apresentada um conjunto de termómetros que indicam a temperatura em cada um dos espaços e a temperatura ajustada pelo utilizador para cada um deles. Em cada espaço do edifício é controlado o estado da máquina, sendo apresentada uma animação para o estado da máquina. Assim se o sistema estiver a aquecer é apresentado o conjunto presente na Figura 4. 32.



Figura 4. 32 - Estado da máquina, modo de aquecimento.

Contudo se o espaço está a ser ventilado para arrefecer ou apenas a fazer circulação de ar é apresentada a Figura 4. 33.



Figura 4. 33 - Estado da máquina, modo de ventilação.

A abertura do espaço é representada com um indicador luminoso, Figura 4. 34, sendo que este apresenta dois estados, ligado ou desligado. Quando ligado, quer dizer que o espaço está aberto, e desligado o espaço encontra-se fechado.

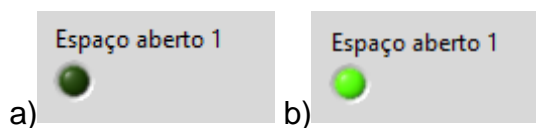


Figura 4. 34 – Indicador de abertura de espaço. a) , espaço fechado. b), espaço aberto.

Uma vez que este sistema é controlado pelos utilizadores do espaço, é importante representar essa monitorização na interface de gestão. Assim implementa-se para cada espaço um painel com um conjunto de indicadores.

Na Figura 4. 35 mostra-se esse painel de indicadores, onde há uma representação gráfica com a variação da temperatura no local e o indicador com a temperatura que o utilizador ajustou para o espaço. Este termómetro tem um limite máximo de 50 °C pois o sistema reage até esse máximo.

O código desenvolvido para a interface de climatização está presente na Figura H. 1 do Anexo H.

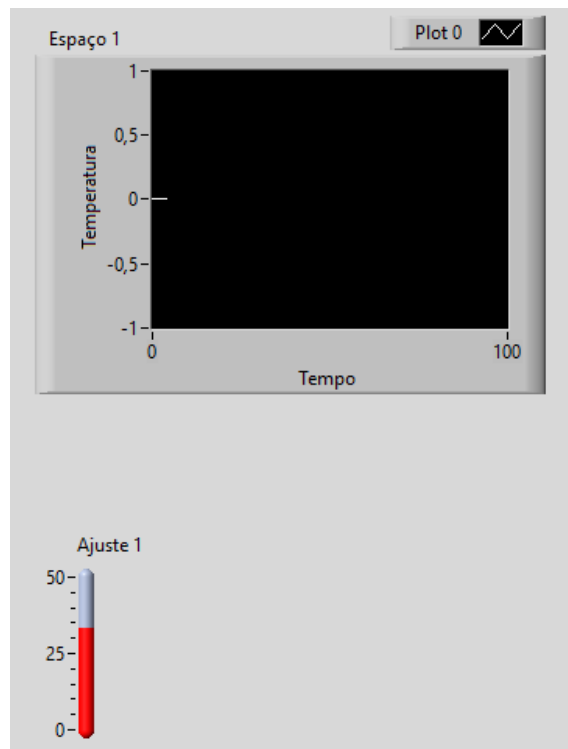


Figura 4. 35 - Indicador temporal da evolução da temperatura no espaço consoante a escolha do utilizador.

#### 4.9.3 Separador “Iluminação”

O separador “Iluminação” mostra o sistema de iluminação presente no interior do edifício. Em cada espaço é apresentado um indicador que mostra se as lâmpadas estão ligadas ou não.

Refira-se que nos sistemas de iluminação, presentes no interior do edifício, é realizada a monitorização dos espaços, ou seja, é monitorizado o movimento no espaço com recurso a sensores de movimento.

A necessidade desta monitorização advém do fato de se pretender controlar os consumos de energia para a iluminação, desligando o sistema de iluminação sempre que não se verifique qualquer movimento no espaço e após o tempo de espera definido na programação.

A Figura 4. 36, mostra a interface desenvolvida para o sistema de iluminação.

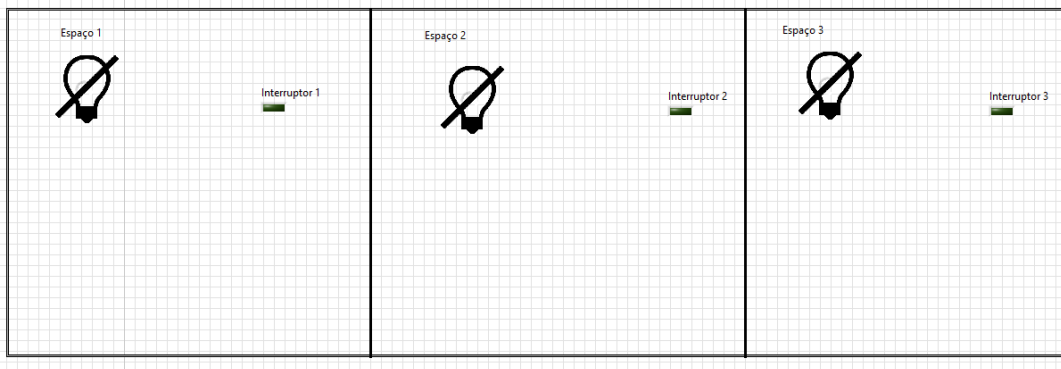


Figura 4. 36 - Interface gráfica adotada para a aplicação que monitoriza a iluminação.

O código desenvolvido para esta interface está presente na Figura H. 2 do Anexo H.

#### 4.9.4 Separador “Águas”

No separador “Águas” é apresentada a interface que mostra a gestão e controlo de águas no edifício, Figura 4. 37.

A interface mostra as fugas de água nos espaços do edifício, o nível do tanque de aproveitamento de águas da chuva, os níveis de humidade no solo e a ocorrência de precipitação.

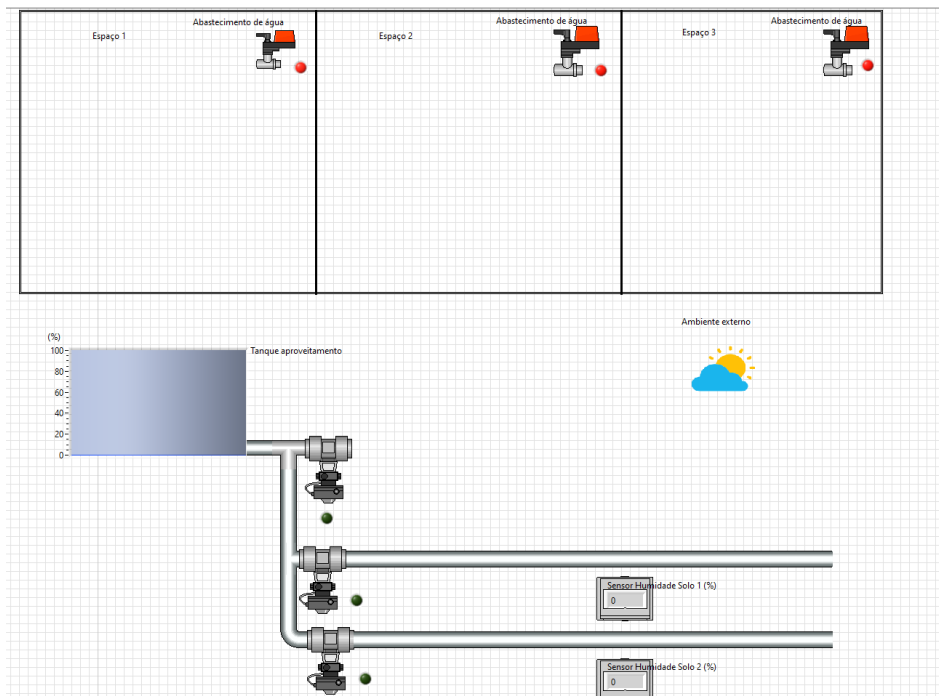


Figura 4. 37 - Interface gráfica adotada para a aplicação que monitoriza as águas.

O código desenvolvido para esta interface está presente na Figura H. 3 do Anexo H.



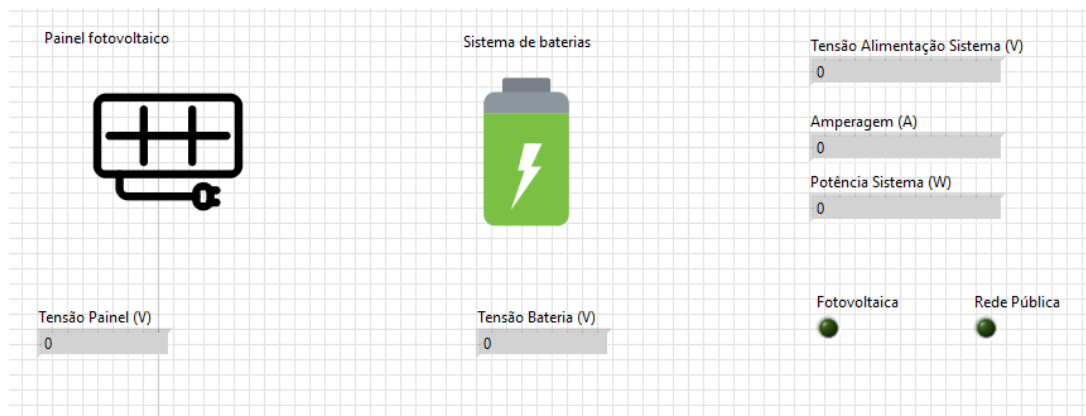


Figura 4. 39 - Interface gráfica da aplicação que monitoriza a energia.

O código implementado para esta interface está descrito na Figura H. 6 do Anexo H.

#### 4.9.8 Separador “Relatórios”

O separador relatórios é onde é disponibilizado um relatório de todas as operações efetuadas pelo sistema. O propósito desse separador é permitir ao utilizador verificar, num determinado intervalo de datas quais as operações que foram feitas pelo sistema e pelo utilizador.

A Figura H. 7 do Anexo H, mostra o código implementado para esta interface, contudo a função implementada para fazer a pesquisa na base de dados tanto para esta interface como para a interface “Alertas”, está presente na Figura H. 9.

#### 4.9.9 Separador “Alertas”

Os alertas são uma ferramenta indispensável neste tipo sistema, pois com eles é possível ver o que se está a passar no sistema. Contudo este separador tem como objetivo mostrar a lista de alertas sobre a forma de relatório. Aqui tal como acontece no separador “Relatórios”, a pesquisa é realizada entre datas. A Figura H. 8, mostra o código desenvolvido para esta interface. É de notar que ao contrário do que é mostrado no separador “Relatórios” são apresentados ao utilizador apenas as mensagens de operações que colocam a integridade do edifício ou dos seus utentes em causa. Uma vez implementadas as funcionalidades na maquete e em *software*, procedeu-se à simulação e obtenção de resultados. Posto isto no próximo capítulo apresenta-se os resultados obtidos em simulação.

## 5 Testes e resultados

Uma vez implementados, tal como descrito no capítulo anterior, os diversos subsistemas que constituem o SGIE, neste capítulo pretende-se apresentar os resultados obtidos através da simulação do sistema de gestão integrada de um edifício como um todo. Assim, de forma geral, fez-se a simulação de casos usuais no sistema, de modo a poder averiguar as diversas situações de gestão integrada do edifício.

### 5.1.1 Climatização

O primeiro sistema a ser testado foi o sistema de climatização. De acordo com o programa implementado para este sistema, verificou-se que se houver um espaço aberto, entenda-se por exemplo a abertura da janela, o sistema suspende o seu funcionamento, de modo a poupar energia.

Na interface desenvolvida para a climatização é possível verificar quando é que um espaço está aberto, ou não, através do indicador presente na Figura 5. 1.

O indicador fica a verde claro se estiver aberto e a verde escuro no caso de o espaço estar fechado.

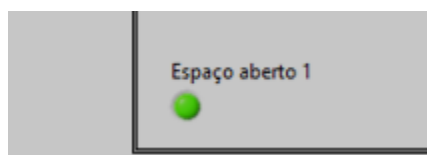


Figura 5. 1 - Indicador de espaço aberto.

A Figura I. 1 mostra que perante a abertura de todos os espaços o sistema de climatização suspende a regulação de temperatura. Aqui a suspensão da regulação de temperatura é vista como o desligar do ventilador e do elemento radiante, caso estes estejam ligados.

Outro ponto a ser simulado é quando o utilizador define uma nova temperatura, ou seja, supondo que o utilizador define a temperatura do espaço como 35 °C e a temperatura neste encontra-se pelos 20 °C, verifica-se que neste caso, Figura 5. 2, o sistema ativa o ventilador e o elemento radiante. Como mencionado na secção 4.8.1, isto só é possível se o espaço se encontrar fechado, sendo que nesse caso o indicador de espaço aberto esta a verde escuro. Ainda na Figura 5. 2, é possível ver um gráfico que mostra a evolução

da temperatura ao longo do tempo até que a temperatura o espaço atinja a temperatura definida pelo utilizador.

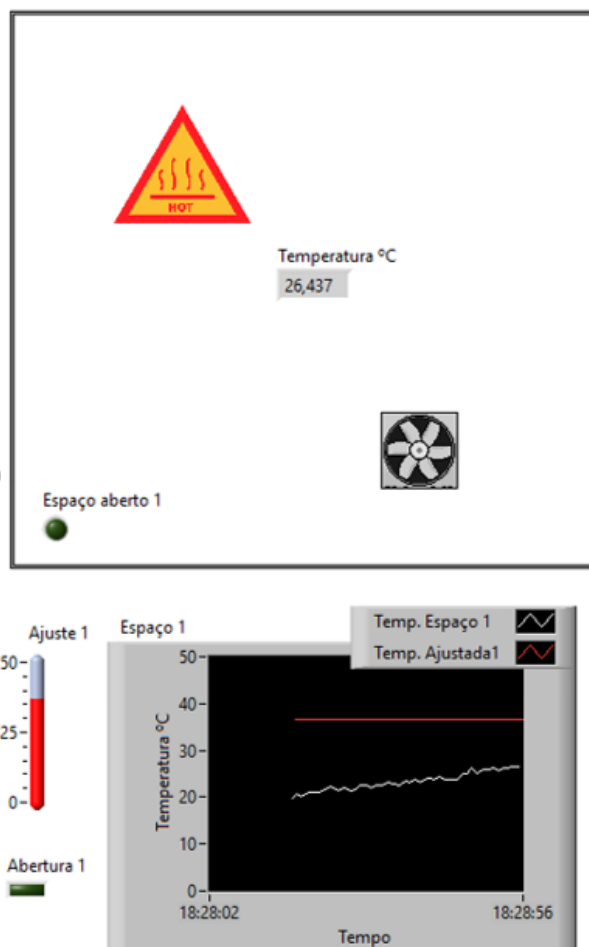


Figura 5. 2 - Situação em que a temperatura definida, ou de referência, é superior à temperatura medida.

Outro caso que também foi simulado corresponde à situação em que foi definido uma nova temperatura, mais baixa que a temperatura do espaço, mas o espaço está aberto. Aqui como é esperado verifica-se, na Figura 5. 3, que o sistema não ativa o ventilador. Do ponto de vista energético, o ideal era desligar o sistema sempre que se verificasse uma abertura do espaço, seja porta ou janela. Contudo em simulação verificou-se que a nível de conforto dos utilizadores, e uma vez que se trata de espaços comerciais, optou-se por não contabilizar as portas como abertura do espaço, mas sim apenas as janelas. Também se verifica que a evolução da temperatura no espaço é lenta, ou seja, como não há circulação de ar forçado a temperatura não desce rapidamente. A Figura I. 2 do Anexo I, mostra a situação em que a temperatura definida no espaço 1 é inferior à definida pelo utilizador e outra em que no espaço 2 é

definida uma temperatura mais baixa que a medida no espaço, mas este encontra-se aberto.

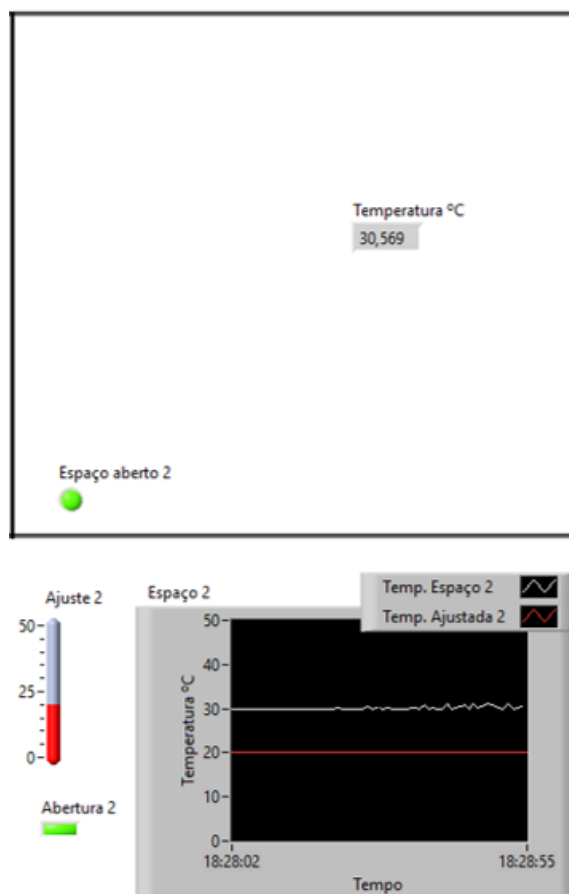


Figura 5. 3 - Situação em que o espaço se encontra aberto.

Supondo agora que o utilizador fecha o espaço. O ventilador é ligado, como mostra a Figura 5. 4, proporcionando uma circulação de ar forçada de modo a diminuir a temperatura até que atinja a temperatura definida pelo utilizador. Uma vez que é pretendido que a temperatura diminua, não se verifica a ativação do elemento radiante. Na Figura I. 3 estão representados três situações diferentes, em espaços diferentes. Esta última acontece no espaço 2, enquanto que no espaço 1 verifica-se que foi definido pelo utilizador que a temperatura do espaço deveria estar pelos 12 °C. Como era expetável o sistema baixou a temperatura até esse ponto. Aqui pretendia-se analisar a circulação de ar forçado do sistema, e concluiu-se que, com auxílio de um elemento frio, foi possível diminuir a temperatura do espaço, mesmo quando os outros tinham a temperatura elevada. Ou seja, verifica-se no diagrama temporal deste espaço que a temperatura desceu e manteve-se ao longo do tempo.

O mesmo acontece, não para uma temperatura tão baixa, no espaço 3, onde foi definida uma temperatura próxima dos 27 °C e que o sistema leva a temperatura do espaço até a temperatura de referência e mantém com uma histerese de 2 °C, como definido no programa deste sistema.

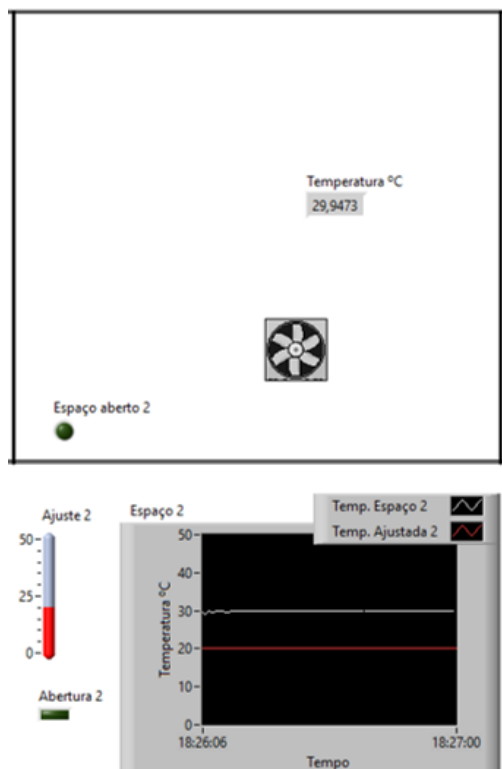


Figura 5. 4 - Situação em que a temperatura definida é inferior a temperatura no espaço e este encontra-se fechado.

Assim após a simulação dos possíveis cenários para o sistema de climatização verificou-se que estava a funcionar como foi planeado.

### 5.1.2 Iluminação

Concluída a simulação do sistema de climatização procedeu-se à simulação do sistema de iluminação. Foi implementado no ponto 4.8.2 um sistema que controla a iluminação através de dois fatores: a deteção de movimento e a quantidade de luz natural presente dentro do espaço.

Assim, iniciou-se a simulação deste sistema através da deteção de movimento. Na Figura 5. 5 a) representa-se a situação em que o utilizador ativa o interruptor e é detetado movimento dentro de espaço. Neste caso a iluminação

natural é inferior à iluminação artificial logo é mantida a iluminação artificial a 100%.

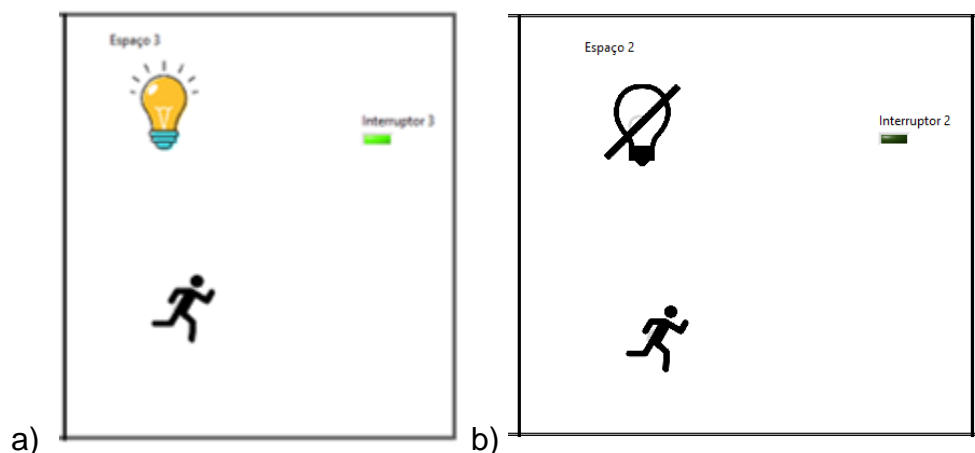


Figura 5. 5 - Situação em que é detetada movimento no espaço: a) Situação em que o interruptor está ativo. b) Situação em que o interruptor não está ativo.

Agora supondo que há deteção de movimento no espaço, mas o interruptor não está ativo, caso apresentado na Figura 5. 5 b), verifica-se que a iluminação não é ativada.

A Figura I. 4, mostra essa situação, em que no espaço 2 foi detetado movimento, mas o interruptor não foi ativado, logo a iluminação não foi ativada. Por último ainda na mesma figura, no espaço 1, foi simulada a situação em que não há movimento e o interruptor se encontra desativado, onde constata-se que a iluminação não foi ligada.

Por forma a verificar se o temporizador estava a funcionar corretamente, simulou-se no espaço 3 a situação em que não houve movimento, mas o interruptor estava ativo e por consequência a iluminação estava ligada.

Verificou-se que passados 3 minutos de ausência de movimento naquele espaço a iluminação desligou-se, mesmo com o interruptor ligado, como mostra a Figura 5. 6.

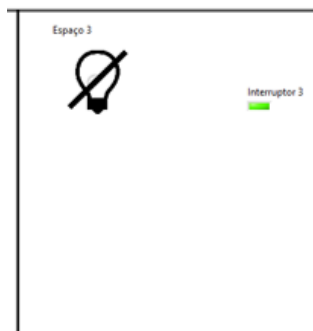


Figura 5. 6 - Situação em que não há movimento durante três minutos.

Um outro ponto a ser simulado foi a regulação da iluminação artificial de acordo com a iluminação natural obtida dentro de cada espaço.

A simulação deste cenário foi feita através da função implementada no TIA Portal, sendo que na Figura I. 5, verifica-se que o valor de tensão obtido à entrada do PLC LOGO! para os vários sensores foram superiores a 1,5 VDC. Para este caso havia mais iluminação artificial que natural, logo as lâmpadas que estavam ligadas estão a 100%, por exemplo a “Lampada 2”.

Para o caso em que a tensão esta inferior a 1,5 V verificou-se, como esperado, uma redução na iluminação artificial. Na Figura I. 6 verificou-se que a variável “sensor luz 2” apresenta 1 V na entrada analógica correspondente, logo é ativada a variável que coloca a iluminação a 50%, ou seja, a variável “Lampada 2 50” encontrou-se com valor “True”.

### 5.1.3 Detecção de inundação e rega

Nesta secção apresentam-se os resultados da simulação do sistema de deteção de inundação e rega implementado no edifício. Este sistema está dividido em duas partes, uma que representa as fugas de água, que podem provocar inundações no interior do edifício, e o aproveitamento da água das chuvas para rega. Assim, para o caso da deteção de fuga de águas dentro do edifício, simulou-se duas situações possíveis.

Primeiro, o caso em que não há fuga de água, Figura 5. 7. Aqui verificou-se que o abastecimento de água esta ativo, ou seja, o indicador têm um tom verde claro. Também é possível constatar que, como não foi detetada nenhuma anomalia, não foi acionado nenhum alarme.

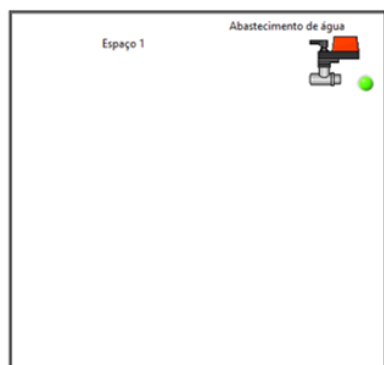


Figura 5. 7 - Situação em que não há detecção de fuga de água.

O segundo caso é quando há fuga de água. A Figura I. 7 mostra que houve fuga de água no espaço 2 e 3. Nestes foi possível constatar que foi feito o corte do abastecimento de água aos locais e acionamento do alarme. O alarme consiste num sinal sonoro, de modo a ser detetado pelos utilizadores do espaço, possibilitando assim que a fuga de água seja contida o mais rápido possível.

Relativamente ao aproveitamento de água pluviais e rega, foi mencionado na secção 4.8.4 que a água das chuvas seria armazenada num tanque, cuja capacidade foi dividida em três níveis. Este tanque por sua vez, e em sintonia com a água da rede pública, fornecia a água para a rega.

Posto isto, para simular este sistema, começou-se por verificar os níveis de água do tanque, como mostra a Figura 5. 8.

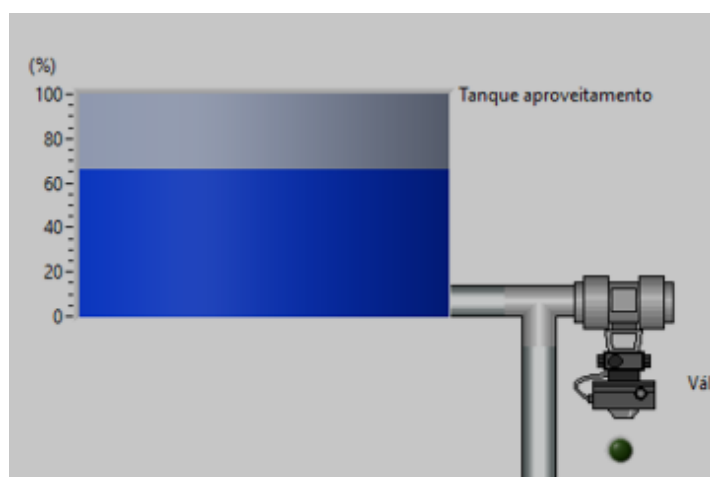


Figura 5. 8 - Tanque de aproveitamento de água.

Após a verificação do nível de água, foi medida a humidade do solo, Figura 5. 9.

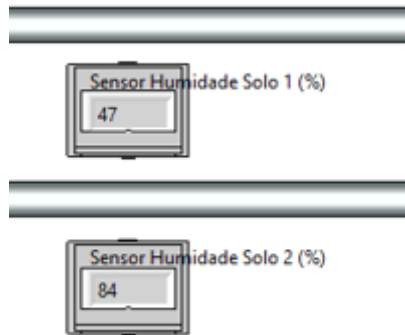


Figura 5. 9 - Medição de humidade do solo.

Como foi especificado na secção 4.8.4, se a humidade do solo estiver inferior a 30% é iniciada a rega durante os 10 minutos. Na Figura I. 9 é apresentado este caso, a verifica-se que está a ser feita a rega na zona 1, através da indicação de abertura da válvula como mostra a Figura 5. 10.

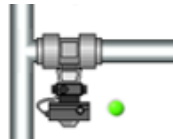


Figura 5. 10 - Indicação de válvula aberta no sistema de rega.

É importante realçar que a rega apenas é feita quando não se verifica a ocorrência de precipitação, ou seja, quando está bom tempo. Este parâmetro foi indicado na interface gráfica com a simbologia apresentada na Figura 5. 11.



Figura 5. 11 - Simbologia adotada para bom tempo.

Ainda, na Figura I. 9, foi possível constatar que a rega estava a ser feita apenas numa zona e que a água utilizada é do tanque e não da rede pública.

Contudo, se houvesse necessidade de regar mas não existisse água armazenada, esta tinha de vir da rede pública. A Figura I. 10 mostra esse cenário. Aqui a zona 2 têm humidade inferior a 30%, não chove e não existia água no tanque, logo a água veio da rede pública. Esta informação é mostrada com a mudança de cor no indicativo da válvula “Válvula abastecimento público”.

Por último, simulou-se o caso em que estava a ocorrer precipitação e a humidade do solo estava abaixo dos 30%. Verificou-se, na Figura I. 11, que é

indicado que chovia e que não era feita a rega, ou seja, as válvulas estão fechadas, de acordo com a indicação a verde escuro. Conclui-se que o sistema de rega estava a funcionar como era esperado, e que a comunicação entre os vários módulos, Arduino, S7-1200, servidor de dados e SGIE foi estabelecida como se esperava.

#### 5.1.4 Detecção de incêndio

A deteção de incêndios é uma ferramenta muito importante, tanto na prevenção de perdas de bens ou de vidas humanas.

A simulação deste sistema começou-se pela presença de chama no espaço, ou seja, no interior do edifício. Na Figura I. 12 verifica-se a presença de fogo nos três espaços. É apresentado o sinal de incêndio, Figura 5. 12, bem como a imagem de CCTV do local em questão.

Foi também acionado um sinal sonoro, que gera um sinal de alerta a quem se encontra nas redondezas, indicando a presença de um incêndio.



Figura 5. 12 - Deteção de incêndio no espaço 1.

Por fim, neste sistema simulou-se um incêndio no espaço 2, Figura I. 13. Aqui, à semelhança do que acontece quando se simulou o incêndio nos três espaços, foi acionada a imagem de CCTV do espaço e foi dado o alerta sonoro.

### 5.1.5 Controlo de acessos e videovigilância

O sistema de controlo de acessos e videovigilância visa monitorizar os utilizadores do edifício, registando os acessos concedidos ou negados pelo sistema a determinados locais. Por exemplo, para simular este sistema foram criados dois utilizadores, um com permissões e outro sem permissões de acesso ao edifício. Assim ao passar o cartão ou *tag* de identificação pelo leitor RFID, este fez a leitura da chave de acesso e enviou esta informação para a base de dados.

Este sistema, verificou se os utilizadores têm ou não acesso ao local. Uma vez que a informação é registada, esta é apresentada sob a forma de tabela no SGIE, Figura 5. 13.

Esta tabela tem a informação com a data e hora em que o utilizador pediu autorização para entrar no espaço, qual é a chave ou código de acesso, o nome do utilizador, neste caso se estiver identificado, pois caso não esteja é registado como “Desconhecido”, qual o espaço a que pretende entrar e por fim se teve acesso ou não. Esta informação pode ser filtrada pela data ou pelo código de acesso.

Controlo de acessos

ID	Data	Data/Hora	Codigo	Utilizador	Espaço	Acesso
28	21/07/2020	25/08/2020 19:42:17	79524121947149	Desconhecido	1	Negado
29	21/07/2020	25/08/2020 19:42:21	14524121847149	Miguel Ornelas	1	Concedido
30	24/08/2020	25/08/2020 15:39:08	14524121847149	Miguel Ornelas	1	Concedido
31	24/08/2020	25/08/2020 15:39:09	14524121847149	Miguel Ornelas	2	Concedido
32	24/08/2020	25/08/2020 15:39:10	14524121847149	Miguel Ornelas	3	Concedido
33	24/08/2020	25/08/2020 15:39:10	79524121947149	Desconhecido	1	Negado
34	24/08/2020	25/08/2020 15:39:11	79524121947149	Desconhecido	2	Negado
35	24/08/2020	25/08/2020 15:39:11	79524121947149	Desconhecido	3	Negado
36	25/08/2020	25/08/2020 15:14:21	14524121847149	Miguel Ornelas	1	Concedido
37	25/08/2020	25/08/2020 15:14:23	14524121847149	Miguel Ornelas	2	Concedido
38	25/08/2020	25/08/2020 15:14:24	14524121847149	Miguel Ornelas	3	Concedido
39	25/08/2020	25/08/2020 15:14:25	79524121947149	Desconhecido	1	Negado
40	25/08/2020	25/08/2020 15:14:26	79524121947149	Desconhecido	2	Negado
41	25/08/2020	25/08/2020 15:14:26	79524121947149	Desconhecido	3	Negado
42	25/08/2020	25/08/2020 15:14:27	14524121847149	Miguel Ornelas	1	Concedido
43	25/08/2020	25/08/2020 15:14:27	14524121847149	Miguel Ornelas	2	Concedido
44	25/08/2020	25/08/2020 15:14:27	14524121847149	Miguel Ornelas	3	Concedido
45	25/08/2020	25/08/2020 15:14:28	79524121947149	Desconhecido	1	Negado
46	25/08/2020	25/08/2020 15:14:28	79524121947149	Desconhecido	2	Negado
47	25/08/2020	25/08/2020 15:14:28	79524121947149	Desconhecido	3	Negado
48	25/08/2020	25/08/2020 15:14:29	14524121847149	Miguel Ornelas	1	Concedido

Figura 5. 13 - Tabela de dados com registo de permissões ao edifício.

No que toca à videovigilância, na Figura I. 14, está representada a interface gráfica com as imagens de videovigilância. Este sistema, como foi

mencionado, utiliza o *hardware* implementado para o sistema de detecção de incêndio.

### 5.1.6 Energia

Na secção 4.8.6 foi apresentado o sistema de produção de energia, através do sistema fotovoltaico. Para simular este ponto começou-se por colocar o painel solar ao sol. Este, foi ligado a um controlador de carga que por sua vez foi ligado a uma bateria de 12 VDC com capacidade de 12Ah.

Experimentalmente, e de acordo com as especificações do fabricante verificou-se que o painel solar quando foi exposto ao sol conseguiu-se produzir até 18,1 V e 0,28 A no máximo. A Figura 5. 14 mostra que a tensão no painel foi 16,53 V e a tensão da bateria 10,5 V. Nas especificações, foi definido que sempre que houvesse disponibilidade de energia renovável, o sistema deveria optar por esta. Posto isto, verificou-se que o edifício estava a ser alimentado através do sistema fotovoltaico. Na Figura 5. 14 é possível visualizar qual é a potência do sistema.



Figura 5. 14 - Interface do controlo de energia.

Por fim, para simular a ausência de sol, aplicou-se alguma sombra sobre o painel e verificou-se, na Figura I. 15, que o sistema utilizou a energia da rede pública. A escolha do sistema entre a energia proveniente do sistema fotovoltaico e a da rede pública é indicada pelo sinal apresentado na Figura 5. 15.



Figura 5. 15 - Indicação da origem da energia.

Com os resultados obtidos verificou-se que o sistema estava a funcionar corretamente, conforme foi programado.

### 5.1.7 Relatório e alertas

Relativamente aos relatórios e alertas, o sistema gera os relatórios sob a forma de tabela, como mostra a Figura 5. 16. Esta apresenta os dados registados pelo sistema na base de dados, ou seja, todas as operações feitas pelo utilizador ou pelo sistema de forma automática, marcando essas ações com o marcador 0 ou 1. Após a simulação das outras funcionalidades verificou-se que os relatórios e os alertas estavam a funcionar corretamente, no que toca ao registo dessas operações.

Registo de atividade

ID	Data	Data/Hora	Utilizador	Marcador	Mensagem
121	24/08/2020	25/08/2020 09:55:34	Sistema	0	O sensor 1 detetou movimento
122	24/08/2020	25/08/2020 09:55:46	Sistema	0	O sensor 1 detetou movimento
123	24/08/2020	25/08/2020 15:38:52	Sistema	1	O sensor 4 detetou líquidos/inundacao
124	24/08/2020	25/08/2020 15:39:08	Miguel Ornela	0	O utilizador Miguel Ornelas teve o acesso Concedido para o espaco 1
125	24/08/2020	25/08/2020 15:39:09	Miguel Ornela	0	O utilizador Miguel Ornelas teve o acesso Concedido para o espaco 2
126	24/08/2020	25/08/2020 15:39:10	Miguel Ornela	0	O utilizador Miguel Ornelas teve o acesso Concedido para o espaco 3
127	24/08/2020	25/08/2020 15:39:10	Desconhecido	0	O utilizador Desconhecido teve o acesso Negado para o espaco 1
128	24/08/2020	25/08/2020 15:39:11	Desconhecido	0	O utilizador Desconhecido teve o acesso Negado para o espaco 2
129	24/08/2020	25/08/2020 15:39:11	Desconhecido	0	O utilizador Desconhecido teve o acesso Negado para o espaco 3
130	24/08/2020	25/08/2020 15:46:47	Sistema	1	O sensor 7 detetou incendio
131	24/08/2020	25/08/2020 15:46:51	Sistema	1	O sensor 8 detetou incendio
132	24/08/2020	25/08/2020 15:46:52	Sistema	1	O sensor 9 detetou incendio
133	24/08/2020	25/08/2020 16:35:40	Sistema	1	O sensor 7 detetou incendio
134	24/08/2020	25/08/2020 16:36:03	Sistema	1	O sensor 7 detetou incendio
135	25/08/2020	25/08/2020 00:00:18	Sistema	0	O sensor 1 detetou movimento
136	25/08/2020	25/08/2020 00:00:24	Sistema	0	O sensor 2 detetou movimento
137	25/08/2020	25/08/2020 00:00:26	Sistema	0	O sensor 3 detetou movimento
138	25/08/2020	25/08/2020 00:01:29	Sistema	0	O sensor 1 detetou movimento
139	25/08/2020	25/08/2020 00:01:30	Sistema	0	O sensor 2 detetou movimento
140	25/08/2020	25/08/2020 00:01:31	Sistema	0	O sensor 3 detetou movimento
141	25/08/2020	25/08/2020 00:02:46	Sistema	0	O sensor 3 detetou movimento
142	25/08/2020	25/08/2020 00:02:47	Sistema	0	O sensor 2 detetou movimento

Figura 5. 16 - Relatório de operações disponibilizado pelo sistema.

Os alertas, no fundo, são todas as operações que são efetuadas no edifício que colocam, de alguma forma em risco os utilizadores ou equipamentos. Por exemplo, inundações ou incêndios, como mostra a Figura I. 16.

Por fim, e uma vez que o sistema conseguiu registar e apresentar as informações do que aconteceu no decorrer das operações do edifício, selecionou-se entre dois intervalos de data a informação obtida, por forma a ser mais ágil a pesquisa de alertas ou dados de relatório através do menu apresentado, Figura I. 17.

Após testar o sistema de gestão integrada implementado verificou-se que este estava a funcionar com os requisitos propostos na secção 3.3. Isto é, tanto a nível de *hardware* como de *software*, o sistema trabalhava como um todo. Na próxima secção apresentam-se as conclusões, com mais detalhe para cada sistema.

## 6 Conclusões e trabalhos futuros

Neste capítulo apresentam-se as conclusões retiradas da realização deste trabalho, bem como sugestões para a continuação de trabalhos futuros.

### 6.1.1 Conclusões gerais

A gestão integrada de edifícios é uma ferramenta indispensável, na atualidade, no que toca à gestão de edifícios de pequena, média ou grande dimensão. Com estas ferramentas é possível monitorizar e controlar sistemas simples e complexos implementados no edifício. Estas ferramentas, já presentes em alguns edifícios de grande porte, tal como centros comerciais e aeroportos, facilitam a gestão dos recursos e dos seus utilizadores, permitindo um maior conforto e segurança para todos os que o frequentam.

O sistema de gestão integrada não só é uma benesse a nível de gestão energética ou de comodidades, mas também é uma ferramenta muito importante no que toca à manutenções preventivas dos sistemas presentes nos edifícios.

Um sistema de gestão integrada é constituído por diversos subsistemas, tais como climatização, iluminação, segurança, comunicações e eficiência energética. O uso deste tipo de sistema nos edifícios visa aumentar a rentabilidade financeira dos edifícios, sem que prejudique o bem-estar dos seus utilizadores, mantendo o bom funcionamento dos equipamentos.

O SGIE apresenta inúmeras vantagens a nível a troca de informação de diversos subsistemas, pois permite o fornecimento em tempo real dos dados obtidos, envio de alarmes e armazenamento de informações em base de dados.

Um sistema de gestão integrada é constituído por sensores, atuadores controladores e interfaces próprias. Estes podem ser implementados em diversas topologias, sendo a mais comum a topologia distribuída. Esta visa que cada ação possa ser realizada por um controlador diferente.

A comunicação entre controladores pode ser feita de diversas formas. É comum utilizar-se a rede de Internet ou *ethernet* implementadas nos edifícios.

Relativamente aos controladores lógicos programáveis, estes são robustos e fiáveis, pois não só permitem implementar aplicações para as mais diversas áreas, bem como estão adaptados para que possa ser feita a sua expansão com outros módulos, como é o exemplo de comunicação ou de entradas e saídas

analógicas ou digitais. Os microcontroladores, como o Arduino, são um sistema adequado ao desenvolvimento de aplicações eletrónicas, pois permitem fazer interface com diversos sensores e partilhar informações com outros elementos em rede.

Os sensores são os “olhos” e “ouvidos” do sistema de gestão integrada de edifícios, pois com os dados obtidos a partir destes é possível monitorizar e controlar diversos espaços e equipamentos instalados. Os atuadores são importantes pois sem estes o sistema gestão integrada não reagiria aos *inputs* dos sensores.

As bases de dados são ferramentas indispensáveis para um sistema de gestão integrada, pois uma vez que a informação é registada, pode se ser consultada, tanto para gerar relatórios ou tomar decisões sobre falhas ou melhorias que se pretendam efetuar no sistema.

O SGIE implementado foi capaz de monitorizar e controlar, localmente, diversos subsistemas, tais como climatização, iluminação etc. Permitiu que os sistemas comuniquem de forma simples, trocando informações para que seja possível uma melhor gestão eficiente dos recursos.

O sistema de gestão desenvolvido baseou-se numa arquitetura centralizada, pois apesar de ser utilizado dois PLC, S7-1200 e o LOGO!, e microcontroladores, o S7-1200 era responsável por processar a informação proveniente dos diversos módulos de sensores implementados com o Arduino.

A programação deste foi feita no TIA Portal e a dos módulos de Arduino no seu *software* de desenvolvimento.

Os módulos de sensores, desenvolvidos no Arduino, foram responsáveis por monitorizar e enviar os dados para a base de dados, para posterior consulta pelo sistema de gestão do PLC S7-1200.

A interface gráfica desenvolvida para o sistema de gestão permitiu interligar os diversos subsistemas, apresentando-os em menus. Nesta também foi implementado um menu em que permite verificar o sistema a funcionar como um todo, ou seja, permite monitorizar todos os subsistemas implementados no edifício.

Foi abordados os diversos algoritmos implementados no sistema de gestão. Relativamente à climatização, implementou-se um sistema que permitisse

aquecer, arrefecer e circular o ar dentro do espaço. Ainda foi feita a monitorização da abertura do espaço. Aqui o utilizador tinha a possibilidade de definir a temperatura no controlador manual, desenvolvido para o efeito, sendo que após essa definição o sistema regulará a temperatura. É importante salvaguardar que se o espaço for aberto, o sistema suspendeu a função de climatização sobrepondo-se assim ao pedido do utilizador.

No sistema de iluminação foi implementado dois modos de funcionamento, para a poupança de energia. Esta foi monitorizada através de sensores de movimento e de luz. Se não se verificar movimento durante um tempo definido no algoritmo, e se o interruptor se encontrar ativo, a luz é apagada. Se a luz natural dentro do espaço for superior a luz artificial é reduzido automaticamente para metade a luz artificial.

O sistema de rega continha diversos sensores que analisavam a humidade do solo e as condições climatéricas. Não adianta regar com chuva e muito menos quando a humidade no solo é alta. Foi feito um aproveitamento da água, proveniente das chuvas, num tanque monitorizado. Foi sempre dada preferência a água do tanque para a rega, minimizando o consumo de água da rede pública.

O controlo de acessos foi implementado com cartões de RFID. Isso permite uma maior gestão de acessos aos espaços.

A gestão dos utilizadores foi feita no sistema de gestão integrada, sendo os dados armazenados na base de dados.

A deteção de incêndios é um fator determinante na gestão de um edifício, pois permite uma rápida evacuação dos utilizadores.

O sistema implementado, a partir do módulo Arduino, conseguiu detetar chamas através da análise de imagens por infravermelho, mas também se optou por implementar um sensor de temperatura de modo a reduzir os falsos alarmes.

Este módulo foi responsável por detetar e gerar o alarme de incêndio, bem como comunicar esse evento para o sistema de gestão integrada.

Por fim, no sistema de gestão integrada, foi possível consultar os relatórios e alertas gerados pelo sistema. Nos relatórios foi apresentadas todas as ações efetuadas no sistema, tanto pelo utilizador como automaticamente. Os alertas, consistem em ações que possam pôr em causa a integridade dos utilizadores e do edifício. De modo a filtrar as informações obtidas, tanto nos relatórios como

nos alertas, foi implementada uma função de pesquisa na base de dados. Os resultados obtidos tanto em *hardware* como em *software*, e na aplicação desenvolvida, foram de encontro com os resultados esperados.

### **6.1.2 Trabalhos futuros**

Como continuação deste trabalho sugere-se as implementações a nível das comunicações, ou seja, implementar a comunicação entre os terminais remotos e a base de dados através de outros meios de comunicação, bem como implementar níveis de segurança entre utilizadores e gestores do sistema de gestão integrada de edifícios. Também é de notar que com a crescente utilização da Internet e de dispositivos móveis, seria de interesse desenvolver uma interface gráfica ou aplicação móvel que permitisse uma gestão integrada não só localmente, mas também remotamente.

## Referências bibliográficas

- [1] G. Pradeep, P. Chandra, and S. Prasad, "Building Management System," *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, vol. 8, no. 11, pp. 1999–2003, Sep. 2019, doi: 10.35940/ijitee.K2161.0981119.
- [2] L. Ler, "Intelligent Building Automation System," 2006, Acedido a: Jun. 24, 2020. [Online]. Disponível: [https://eprints.usq.edu.au/2507/1/LER\\_ENG\\_LOO.pdf](https://eprints.usq.edu.au/2507/1/LER_ENG_LOO.pdf).
- [3] R. R. Calejo, "Gestão de Edifícios - 'FM - Facilities Management'" Faculdade de Engenharia. Universidade do Porto, 2008.
- [4] I. M. M. V. Couras, "Gestão técnica de edifícios: aplicação em edifício escolar." Instituto Politécnico do Porto. Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2011.
- [5] EDP, "Aquecimento e Arrefecimento Ventilação Humidificação e Desumidificação," 2020. Acedido a: Aug. 01, 2020. [Online]. Disponível: [https://www.edp.pt/media/112451/avac\\_edp\\_pme.pdf](https://www.edp.pt/media/112451/avac_edp_pme.pdf).
- [6] S. Wang, *Intelligent Buildings and Building Automation*. New York, Spon Press, 2009.
- [7] F. D. M. Pinto, "Desenvolvimento de um Protótipo de um Sistema Domótico," *Instituto Superior Técnico*, 2010.
- [8] P. Domingues, P. Carreira, R. Vieira, and W. Kastner, "Building automation systems: Concepts and technology review," *Computer Standards & Interfaces*, vol. 45, pp. 1–12, Mar. 2016, doi: 10.1016/j.csi.2015.11.005.
- [9] W, Köhler. *Simulation of a KNX network with EIBsec protocol extensions*. 2008. PhD Thesis.
- [10] M. Goossens -Eiba, "The EIB System for Home & Building Electronics," Brussels, 1998. Acedido a: Jun. 24, 2020. [Online]. Disponível: [http://www.eiba.ru/download/eib02\\_system.pdf](http://www.eiba.ru/download/eib02_system.pdf).
- [11] "Domótica Protocolo de comunicação EIB/KNX." <https://docplayer.com.br/48525537-Domotica-protocolo-de-comunicacao-eib-knx.html> (Acedido a Aug. 31, 2020).

- [12] K. Association, “KNX System arguments.” Acedido a: Aug. 31, 2020. [Online]. Disponível: [http://knx.com.ua/attachments/article/132/KNX-basic\\_course\\_full.pdf](http://knx.com.ua/attachments/article/132/KNX-basic_course_full.pdf).
- [13] D. S. de Costa Palma, “FEUP KNX–Domótica KNX/EIB de Baixo Custo.” Tese de Mestrado, 2008. Disponível em <http://paginas.fe.up.pt/~ee05241>, 2008.
- [14] R. Nunes, “Análise comparativa de tecnologias para Domótica,” *III Jornada de Engenharia de Automação, Controlo e Instrumentação*, 2002.
- [15] Contimetra, “Sistema LON (Conceito),” *Contimetra*, 2007, Acedido a: Jun. 25, 2020. [Online]. Disponível: [https://www.contimetra.com/PagAC\\_Conteudos/SCI/documentacaocontimetra/LON-conceito.pdf](https://www.contimetra.com/PagAC_Conteudos/SCI/documentacaocontimetra/LON-conceito.pdf).
- [16] L. North Beach Consulting, “A Guide to a Basic Understanding of the LonTalk Protocol,” Richmond, 2003. Acedido a: Jun. 24, 2020. [Online]. Disponível: <http://www.circon.com/wpcontent/uploads/2011/03/LonWorks-Fundamentals.pdf>.
- [17] Cypress, “Neuron Chip Technical Reference Manual,” vol. 1810, no. 800. Cypress Semiconductor, San Jose, CA, 2002, Acedido a: Aug. 02, 2020. [Online]. Disponível: [http://www.loncontrol.com/Neuron\\_TRM.pdf](http://www.loncontrol.com/Neuron_TRM.pdf).
- [18] L. North Beach Consulting, “LonTalk Protocol.” Richmond, 2003, Acedido a: Jun. 24, 2020. [Online]. Disponível: <http://www.circon.com/wpcontent/uploads/2011/03/LonWorks-Fundamentals.pdf>.
- [19] E. Corporation, “Introduction to the LonWorks Platform.” Acedido a: Jun. 24, 2020. [Online]. Disponível: [www.echelon.com](http://www.echelon.com).
- [20] H. Merz, T. Hansemann, and C. Hübner, “Building Automation Communication Systems with EIB/KNX, LON and BACnet.” Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009.
- [21] “O protocolo Modbus em detalhes.” [Online] Disponível: <https://www.ni.com/pt-pt/innovations/white-papers/14/the-modbus-protocol-in-depth.html> (Acedido a Jun. 25, 2020).
- [22] J. M. A. do Nascimento e P. B. de Lucena, “Protocolo Modbus,” *Redes para Automação Industrial, Universidade do Rio Grande do Norte*, 2003.

- [23] F. José, T. Vidal, P. Sérgio, and C. Vilela, "PROFIBUS PA E PROFIBUS DP," *Universidade Federal do Rio Grande do Norte*, 2003.
- [24] SAMSON, "PROFIBUS-PA," Frankfurt. Acedido a: Jul. 05, 2020. [Online]. Disponível: <http://www.samson.de>.
- [25] C. César, "O que é o PROFIBUS?" Smar, 2003, Acedido a: Jul. 02, 2020. [Online]. Disponível: <https://www.smar.com/brasil/profibus>.
- [26] Setra, "What is the difference between BACnet, Modbus and LonWorks?" <https://www.setra.com/blog/what-is-the-difference-between-bacnet-modbus-and-lonworks> (Acedido a Jun. 25, 2020).
- [27] W. Bolton, *Programmable logic controllers*. Oxford, Elsevier, pp.1-21, 2015.
- [28] K. Kamel and E. Kamel, *Programmable logic controllers: Industrial control*. McGraw Hill Professional, 2013.
- [29] F. Marcos, "IEC 61131-3: a norma para programação." Acedido a: Apr. 29, 2020.[Online].Disponível: [https://www.plcopen.org/sites/default/files/downloads/intro\\_iec\\_march04\\_portuguese.pdf](https://www.plcopen.org/sites/default/files/downloads/intro_iec_march04_portuguese.pdf).
- [30] G. Bruno, S. Fernando, and B. Nelso, "Desenvolvimento de um controlador lógico programável modular dedicado ao controle e ao acionamento de equipamentos automatizados," Santa Catarina. Acedido a: Jun. 25, 2020. [Online]. Disponível: <https://periodicos.ifsc.edu.br/index.php/publicacoes/article/download/85/49>.
- [31] M. V. Miguel, *Instalaciones Domóticas*. Editorial Paraninfo, 2011.
- [32] C. T. García, *Instalaciones Domóticas*. Ediciones de la U, 2014.
- [33] S. C. Sugarman, *HVAC fundamentals*. Crc Press, 2005.
- [34] R. McDowall, *Fundamentals of HVAC Systems*. Academic Press, 2007.
- [35] D. da República, "Diário da República, 1.<sup>a</sup> série-N.º 220-12 de Novembro de 2008." Acedido a: Jul. 07, 2020. [Online]. Disponível: <https://dre.pt/application/conteudo/439866>.
- [36] B. Bendt, "Diretiva do parlamento europeu e do conselho que altera a Diretiva 2010/31/UE relativa ao desempenho energético dos edifícios e a Diretiva 2012/27/UE sobre a eficiência energética," 2017. Acedido a: Jul. 05, 2020. [Online]. Disponível: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32018L0844>.

- [37] Europarl, “Edifícios mais inteligentes e com pontos de carregamento para veículos elétricos,” 2018. [Online]. Disponível: <https://www.europarl.europa.eu/news/pt/press-room/20180411IPR01516/edificios-mais-inteligentes-e-com-pontos-de-carregamento-para-veiculos-eletricos> (Acedido a Jul. 07, 2020).
- [38] TI, “LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors,” 2017. Acedido a: May 20, 2020. [Online]. Disponível: [www.ti.com](http://www.ti.com).
- [39] C. A. Viliotti, L. B. Vieira, L. R. Ferreira, G. P. Dias, and P. C. N. Rinaldi, “Adaptation of a manual spray for herbicide application at specific site,” *Planta Daninha*, vol. 27, no. 1, pp. 205–209, 2009, doi: 10.1590/s0100-83582009000100026.
- [40] G. V. Tagliaferro, “Instrumentação e controlo.” Acedido a: Aug. 31, 2020. [Online]. Disponível: <http://www.dequi.eel.usp.br/~tagliaferro/Notas de aula inst. Escola de Engenharia de Lorena - USP>.
- [41] Eletrofun.pt, “Sensor de nível,” 2020. [Online]. Disponível: [https://www.electrofun.pt/485-large\\_default/sensor-nivel-agua-10w.jpg](https://www.electrofun.pt/485-large_default/sensor-nivel-agua-10w.jpg) (Acedido a May 20, 2020).
- [42] Joy-It, “KY-026 Flame-sensor module,” 2017. Acedido: Feb. 09, 2021. [Online]. Disponível: <https://moviltronics.com/wpcontent/uploads/2019/10/KY-026.pdf>.
- [43] Xindar, “Xindar - Pinguu,” 2020. Acedido a: May. 21, 2020. [Online]. Disponível: <https://xindaronline.com/wpcontent/uploads/2016/09/8436533581686-102x102.jpg>.
- [44] Velleman, “VMA422 - Datasheet,” 2018. Acedido a: Feb. 11, 2021. [Online]. Disponível: [https://www.velleman.eu/downloads/29/vma422\\_a4v01.pdf](https://www.velleman.eu/downloads/29/vma422_a4v01.pdf).
- [45] Electra.pt, “Manual do utilizador para o detetor eminimal,” Venda do Pinheiro, 2018. Acedido a: May 21, 2020. [Online]. Disponível: [https://electra.pt/galeria/product/product\\_5b59d4c973021\\_eminimal-manual-pt.pdf](https://electra.pt/galeria/product/product_5b59d4c973021_eminimal-manual-pt.pdf).
- [46] H. Berger, *Automating with SIMATIC S7-1200: Configuring, Programming and Testing with STEP 7 Basic*. John Wiley & Sons, 2013

- [47] S. Ricardo, “A automação industrial é a tecnologia de aplicação,” *Robótica - Revista Técnico-Científica*, Nº87, Lisboa, pp. 99–100, 2012.
- [48] Siemens, “S7-1200.” Acedido a: May. 18, 2020. [Online]. Disponível: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:ac83e37763fddde6ce537648c578934955600791/width:3840/quality:high/version:1547043813/simatic-s7-1200-cpu-1212c.png>.
- [49] Siemens, “LOGO! - Siemens.” Acedido a: Jul. 03, 2020. [Online]. Disponível: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ww/Catalog/DatasheetDownload?downloadUrl=tedservices%252FDatasheetService%252FDatasheetService%253Fcontrol%253D%25253C%25253Fxml%252Bversion%25253D%2525221.0%252522%252Bencoding%25253D%252522UTF-8%252522%25253F%25>.
- [50] Siemens, “LOGO!-Soluções em micro automação,” 2016.
- [51] Arduino.cc, “Arduino Uno R3,” Italy. Acedido a: Feb. 11, 2021. [Online]. Disponível: <https://www.farnell.com/datasheets/1682209.pdf>.
- [52] Espressif.com, “ESP8266 Technical Reference,” 2020. Acedido a: Aug. 03, 2020. [Online]. Disponível: [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp8266-technical\\_reference\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp8266-technical_reference_en.pdf).
- [53] Farnel.com, “Arduino Ethernet Shield Overview.” Acedido a: Feb. 11, 2021. [Online]. Disponível: <http://www.farnell.com/datasheets/1638960.pdf>
- [54] Velleman, “VMA405 - Módulo RFID,” Gavere, 2019. Acedido a: Jul. 09, 2020. [Online]. Disponível: [www.arduino.org](http://www.arduino.org).
- [55] Raspberrypi.org, “Raspberry Pi 4 Computer Model B,” London, 2020. Acedido a: Jul. 09, 2020. [Online]. Disponível: [www.raspberrypi.org](http://www.raspberrypi.org).
- [56] M. A. Leitão, “Implementação de um Servidor OPC UA em linguagem C# para comunicação com dispositivos através do protocolo Modbus/Ethernet em tempo real,” Porto Alegre, 2010.
- [57] N. Akshay, K. U. Sravanth, R. Varanasi, and J. A. Reddy, “Real Time Automated Control of Industrial Processes with PLC – LabVIEW Communication,” vol. 1, pp. 35–38, 2012, doi: 10.1.1.669.6796.
- [58] H. Hans-Petter, “OPC Lab Work.” Notodden, Acedido a: Sep. 06, 2020. [Online]. Disponível: <https://www.halvorsen.blog>.
- [59] Siemens AG, *S7-1200 Easy Book*. Nurnberg, 2015.

- [60] N. Semiconductors, "MFRC522 Standard performance MIFARE and NTAG frontend." Acedido a: Jul. 14, 2020. [Online]. Disponível: <https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/MFRC522.pdf>.
- [61] Allegromicro.com, "ACS712," Manchester, 2020. Acedido a: Dec. 05, 2020. [Online]. Disponível: <https://www.allegromicro.com/-/media/files/datasheets/acs712-datasheet.ashx>.
- [62] Apachefriends.org, "XAMPP Installers and Downloads for Apache Friends." [https://www.apachefriends.org/pt\\_br/index.html](https://www.apachefriends.org/pt_br/index.html) (Acedido a Aug. 09, 2020).
- [63] G. Johnson and R. Jennings, *LabVIEW Graphical Programming*. McGraw-Hill Professional, 2006.
- [64] N. Instruments, "LabVIEW Basics I - Introduction Course Manual," Austin, 2006.
- [65] Token, "CDS Light-Dependent Photoresistors," 2010. Acedido a: May 20, 2020. [Online]. Disponível: <http://www.token.com.tw/>.
- [66] Xunzel, "Solarpower 05W 12V." 2016, Acedido a: Feb. 10, 2021. [Online]. Disponível: <https://storage.googleapis.com/mauser-public-files/mauser.pt/catalog/userfiles/xunzel-solarpower-portu-tz.pdf>.

## Anexo A – Estrutura das mensagens utilizada pelos protocolos de comunicação

Nesta secção pretende-se dar continuidade a exposição teórica sobre a forma como foram estruturadas as mensagens utilizadas pelos protocolos de comunicação.

### A.1 - Estrutura da mensagem X10

As mensagens trocadas no sistema X10 têm a configuração presente na Figura 2. 4, sendo que está dividida em quatro campos, Tabela A. 1:

- Código de início – A sequência (1 1 1 0) identifica o início da trama. Esta sequência é exatamente a indicada. Aqui não se verifica a regra do envio de cada *bit* e depois o seu complementar;
- Código da casa – é um conjunto de 4 *bits* que identificam a casa;
- Código do dispositivo ou código da função – é formado por um conjunto de 4 *bits* e seus complementos, que identificam o número de um dispositivo;
- Dispositivo ou função – é o *bit* e respetivo complemento que é responsável por identificar se o campo anterior se refere ao número de um dispositivo ou ao código de uma função, *bit* “0” ou “1”, respetivamente [14].

Tabela A. 1 - Estrutura da mensagem X10.

Código de início	Código de casa	Código do dispositivo ou código da função	Dispositivo ou função
1110	4 <i>bits</i> (e respetivos complementos)	4 <i>bits</i> (e respetivos complementos)	1 <i>bit</i> (e complemento)

Assim é possível distinguir um máximo de 16 casas, ou seja,  $2^4$ . Para um dado código de casa não é possível ultrapassar os 16 dispositivos, contudo num edifício é possível usar diferentes códigos de casa, possibilitando o uso até 256 dispositivos diferentes. É de notar que o comando X10 envolve duas ações, ativar o dispositivo e indicar a função a executar. Aqui verifica-se que o dispositivo ativo permanece sempre ativo até que outro seja ativado, isto torna possível o envio de múltiplos comandos enquanto este permanecer ativo [14].

Conclui-se que na tecnologia X10 as tramas são enviadas em duplicado o que aumenta a fiabilidade da comunicação, mas uma vez que o meio é ruidoso a garantia de que os dois envios sejam bem-sucedidos é baixa, tornando o comando mais moroso. Como vantagem, este sistema apresenta uma simplicidade e facilidade de instalação muito elevada a um baixo custo. Mas em contrapartida o baixo ritmo de comunicação, a baixa fiabilidade e um número limitado de funções que se restringem, basicamente, ao controlo de iluminação e à capacidade de ligar e desligar equipamentos [14].

## A.2 - Estrutura da mensagem Modbus

O protocolo Modbus faz uso de um formato de mensagens bem definidas, em que cada mensagem apresenta o mesmo formato. Esta inicia-se pelo endereçamento, ou seja, endereço do dispositivo para o qual se destina a mensagem, código da função, o bloco de dados com as informações complementares e por fim os erros e a verificação destes. A sequência das mensagens é sempre igual, o que faz com que este protocolo seja eficiente [22].

Assim o formato das mensagens definidas pelo protocolo Modbus é estabelecido da seguinte forma:

- Endereço do dispositivo ou endereço para *broadcast*;
- Código da função que indica qual a ação que deve ser realizada;
- Parâmetros necessários para as funções;
- Campo *checksum* para verificar a integridade dos dados.

Relativamente ao formato das respostas, seguem o mesmo modelo de uma *query*, porém, são ajustados obedecendo ao formato da função requerida:

- Confirmação da função;
- Parametros pertinentes das funções;
- Campo *checksum*.

Caso ocorra algum erro de comunicação, ou caso o escravo não esteja apto para atender a função requisitada, o dispositivo escravo monta uma mensagem denominada *exception*, a qual justifica o não atendimento da função. A Figura A 1, representa esquematicamente o formato da mensagem Modbus.

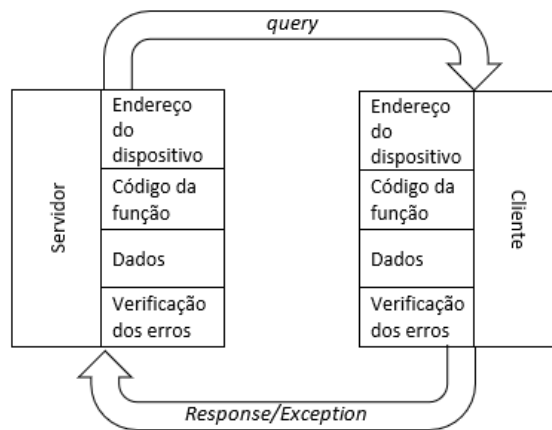


Figura A 1 - Modelo de mensagens Modbus, adaptado de [22],[24] e [25].

### A.3 – Arquitetura e comunicação do protocolo Profibus

A transmissão de dados entre várias estações no Profibus é feita por mensagens ou telegramas. A rede que constitui o sistema Profibus é composta por múltiplas estações, incluindo mestres e escravos. As estações mestres permitem o controlo das comunicações *bus*. As estações escravas apenas podem responder aos pedidos de um mestre. As estações mestre estão organizadas em duas classes. A classe 1 que inclui os PLC, controladores, sistemas SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*), entre outros. Já a classe 2 inclui ferramentas de configuração e de diagnóstico. Como escravos são indetificados os blocos I/O (*Input/Output*), transmissores, elementos mecânicos e *drivers*. A velocidade desta rede pode variar entre os 9,6 kbps até aos 12,0 Mbps [30].

## Anexo B – Tabela de comparação entre as tecnologias adotadas para o BACnet

Tabela B. 1 - Comparação entre tecnologias adotadas para automação e o BACnet [20].

Rede LAN	Custo do sistema por nó	Velocidade de transmissão	Vantagens	Desvantagens
Ethernet	Elevado	10-100Mbps	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Padrão internacional;</li> <li>-Disponibilidade na maioria dos edifícios;</li> <li>-Variedade de ligação (UTP, coaxial, fibra ótica);</li> <li>-Muito rápido;</li> <li>-Interface fácil com PCs;</li> <li>-Sem ferramentas especiais de desenvolvimento;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Custos elevados;</li> <li>-Limitações de distância;</li> <li>-Não determinista;</li> </ul>
ArcNet	Médio	150k-7.5Mbps	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Standard da ANSI;</li> <li>-Respostas imediatas;</li> <li>-Velocidade escalável;</li> <li>-Variedade de ligação (UTP, coaxial, fibra ótica);</li> <li>- Sem ferramentas especiais de desenvolvimento;</li> <li>-Performance elevada para um custo médio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-<i>Chip</i> de uma única fonte;</li> <li>-Demasiado caro para os controladores;</li> <li>-Limitações de distância.</li> </ul>
MS/TP Master Slave/Token Passing	Reduzido	9.6k-76Kbps	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Standard da ANSI;</li> <li>-Respostas imediatas;</li> <li>-Velocidade escalável;</li> <li>-Variedade de ligação (UTP, coaxial, fibra ótica);</li> <li>- Sem ferramentas especiais de desenvolvimento;</li> <li>-Performance elevada para um custo médio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Comunicação única (EIA-485);</li> <li>-Velocidades de transmissão; muito limitadas.</li> </ul>
PTP point to point	Reduzido	9.6K-56Kbps	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Melhor escolha para conexões dial-up;</li> <li>- Especialmente concebidos para aplicações ponto-a-ponto;</li> <li>- Acomoda modernos padrões modem (V.32 bis V.42).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Aplicações ponto-a-ponto;</li> <li>-Velocidades transmissão muito limitadas.</li> </ul>

## Anexo C – Implementação do SGIE

As imagens presentes neste anexo são referentes às implementações de funções, descrição de *hardware* e circuitos implementados no sistema de gestão integrada.

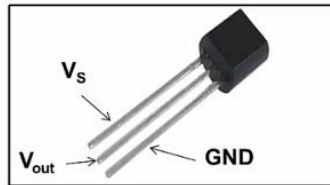


Figura C. 1 - Pinout do circuito integrado LM35, sensor de temperatura [38].

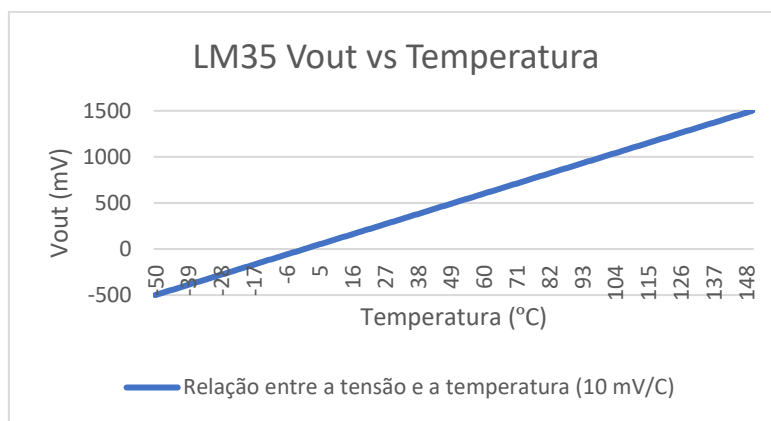


Figura C. 2 - Relação entre a tensão de saída e a temperatura [38].

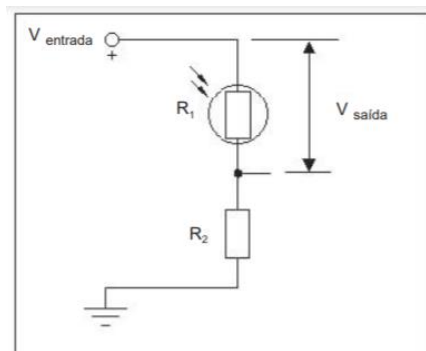


Figura C. 3 - Circuito de condicionamento utilizado para o sensor de luz [65].

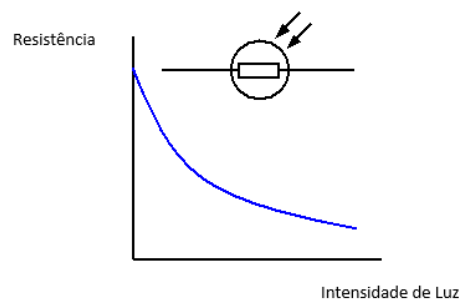


Figura C. 4 - Influência da intensidade de luz na resistência do LDR [65].

Tabela C. 1 - Datasheet do LDR PGM5616. Adaptado de [65].

Modelo	PGM5616D	
Vmax (VDC)	150	
Pmax (mW)	100	
Temperatura (°C)	-30 +70	
Spectral Peak (nm)	560	
Photo Resistance (10 lx) (kΩ)	5 ~10	
Dark Resistance (MΩ) min	1,0	
γ min	0,6	
Tempo de Resposta (ms)	Subida	20
	Descida	30

Tabela C. 2 - Datasheet do sensor de chama KY-026, adaptado de [42].

Funcionalidade	Descrição
Controlador	LM393
Tensão de alimentação	3 – 5 VDC
Corrente de saída	15 mA
Sensibilidade	760 ~ 1100 nm
Angulo de detecção	60°
Temperatura de funcionamento	- 25°C a 85°C
Tipo e saída	Digital e analógica

Tabela C. 3 - Datasheet detetor eMINIMAL [45].

Tensão de Alimentação	220-240 VAC
Frequência	50/60 Hz
Luz ambiente	<3-2000 lux
Regulação do tempo	Min: 10 s Max: 8 min
Cargas	800 W
Velocidade de detecção	0,6 – 1,5 m/s
Angulo de detecção	120/360°
Distancia de detecção	Max: 8 m
Consumo	~ 0,5 W
Altura de montagem	2,2 – 4 m

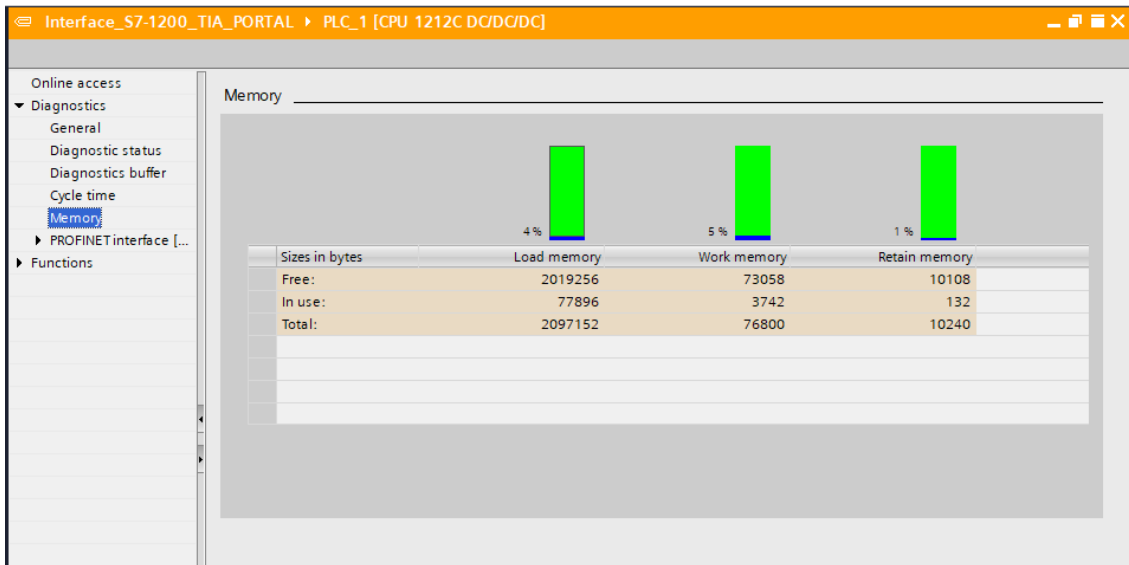


Figura C. 5 - Capacidade de memória do S7-1200.

Basic instructions	
Name	Description
▶ General	
▶ Bit logic operations	
▶ Timer operations	
▶ Counter operations	
▶ Comparator operations	
▶ Math functions	
Extended instructions	
Technology	
Name	Description
▶ Counting	
▶ CTRL_HSC_EXT	Extended high-spee...
▶ Others	
▶ PID Control	
▶ Compact PID	
▶ Auxiliary functions	
▶ Motion Control	
▶ MC_Power	Enable/disable axis
▶ MC_Reset	Acknowledge error...
▶ MC_Home	Home axis, set ho...
▶ MC_Halt	Pause axis
▶ MC_MoveAbsolute	Position axis absolu...
▶ MC_MoveRelative	Position axis relativ...
▶ MC_MoveVelocity	Move axis at predef...
▶ MC_MoveJog	Move axis in Jog m...
▶ MC_CommandTable	Run axis command...
▶ MC_ChangeDynamic	Change Dynamics s...
▶ MC_WriteParam	Write parameters of...
▶ MC_ReadParam	Read parameters of...
Communication	
Optional packages	

Figura C. 6 - Funções disponibilizadas no TIA Portal.

Tabela C. 4 - Comparação das características dos diferentes modelos do Siemens LOGO!, adaptado de [49].

Função	Descrição	Tensão de alimentação	Entradas	Saídas	Referência Siemens LOGO!
<b>LOGO! Basic (Módulo com display)</b>	LOGO! 12/24RCE	12/24 VDC	8 digitais	4 reles (10 A)	6ED1052-1MD00-0BAB
	LOGO! 24CE	24 VDC	8 digitais	4 transístor (24V, 0.3A)	6ED1052-1CC01-0BA8
	LOGO! 24RCE (AC/DC)	24 VAC /VDC	8 digitais	4 reles (10 A)	6ED1052-1HB00 -0BA8
	LOGO! 230RCE (AC/DC)	115 ... 230 VAC/VDC	8 digitais	4 reles (10 A)	6ED1052-1FB00 -0BA8
<b>LOGO! Pure (modulo sem display)</b>	LOGO! 12/24 RCEo*	12/24 VDC	8 digitais	4 reles (10 A)	6ED1052-2MD00-0BA8
	LOGO! 24CEo*	24 VDC	8 digitais	4 transístor (24V, 0.3A)	6ED1052-2CC01-0BA8
	LOGO! 24RCEo (AC/DC)	24 VAC /VDC	8 digitais	4 reles (10 A)	6ED1052-2HB00-0BA8
	LOGO! 230RCEo (AC/DC)	115 ... 230 VAC/VDC	8 digitais	4 reles (10 A)	6ED1052-2FB00-0BA8

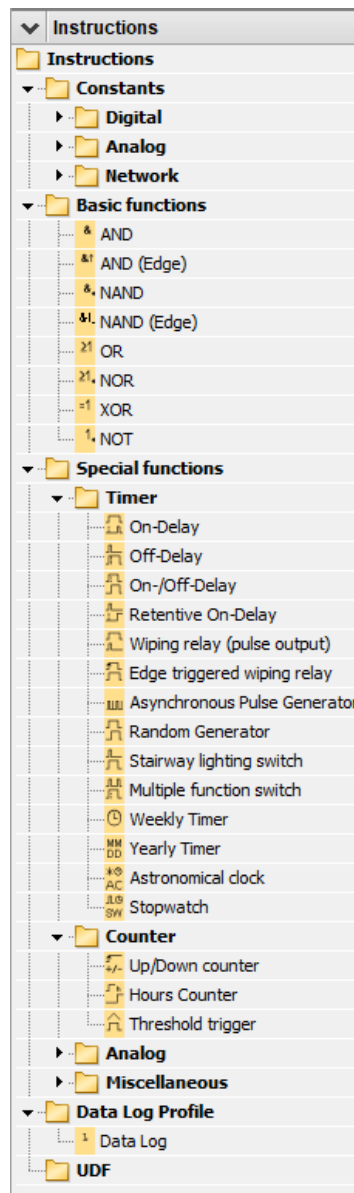


Figura C. 7 - Funções disponibilizadas pelo LOGO!Soft.

Tabela C. 5 - Características da placa NodeMCU ESP8266 [52].

<b>Processador</b>	ESP8266-12E
<b>Memória</b>	Flash 4 Mb / Dados 96 kb / Instruções 64 kb
<b>Arquitetura</b>	RISC 32 bits
<b>Padrão WiFi</b>	802.11 b/g/n
<b>I/O</b>	1 pino analógico com resolução de 10 bits 9 pinos digitais com interrupção, PWM, I2C e one wire
<b>Alimentação</b>	USB 5 VDC ou externa 3,3 VDC
<b>Programação</b>	USB ou WiFi (OTA – Over The Air)

Tabela C. 6 - Função de cada pino da placa NodeMCU [52].

NodeMCU	Função	ESP8266-12E
A0	Entrada analógica	A0
D0	I/O, PULL-DOWN	GPIO16
D1	I/O, SCL	GPIO5
D2	I/O, SDA	GPIO4
D3	I/O, PULL-UP	GPIO0
D4	I/O, PULL-UP, BUILTIN_LED	GPIO2
D5	I/O, SCK	GPIO14
D6	I/O, MISO	GPIO12
D7	I/O, MOSI	GPIO13
D8	I/O, PULL-DOWN, SS	GPIO15
GND	Ground	GND
5V	VCC 5 V	-
3V3	VCC 3,3 V	3v3
RST	Reset	RST
TX	TXD	TXD
RX	RXD	RXD

Tabela C. 7 - Entradas e saídas do PLC S7-1200 e funções associadas.

Nome da variável	Tipo de dados	Endereço lógico
Interruptor 1	Bool	%I0.3
Interruptor 2	Bool	%I0.4
Interruptor 3	Bool	%I0.5
Ventilador 1	Bool	%Q8.1
Ventilador 2	Bool	%Q9.4
Ventilador 3	Bool	%Q9.5
Aquecedor 1	Bool	%Q9.0
Aquecedor 2	Bool	%Q9.1
Aquecedor 3	Bool	%Q9.2
Lampada 1	Bool	%Q9.6
Lampada 2	Bool	%Q9.7
Lampada 3	Bool	%Q8.0
Lampada 1 50	Bool	%Q8.6
Lampada 2 50	Bool	%Q8.7
Lampada 3 50	Bool	%Q8.5
Switch1	Bool	%I8.5
Switch2	Bool	%I8.6
Switch3	Bool	%I8.7

Nome da variável	Tipo de dados	Endereço lógico
Temp Ajustada 1	Real	%MD10
Temp Ajustada 2	Real	%MD14
Temp Ajustada 3	Real	%MD18
Conv LM35	DWord	%MD0
Entrada analogica 1	UInt	%IW64
Entrada analogica 2	UInt	%IW66
Conv LDR 2	DWord	%MD2
Conv LDR 1	DWord	%MD1
Conv LDR 3	DWord	%MD4
Movimento 1	Bool	%M22.0
Movimento 2	Bool	%M26.0
Movimento 3	Bool	%M30.0
Valvula 1	Bool	%M30.1
Valvula 2	Bool	%M30.2
Valvula publica	Bool	%M30.3
Rega 1	Bool	%Q0.0
Rega 2	Bool	%Q0.1
Valvula Separadorstecimento Público	Bool	%Q0.2
Nivel 1	Bool	%I0.0
Nivel 2	Bool	%I0.1
Nivel 3	Bool	%I0.2
Quantidade	Real	%MD32

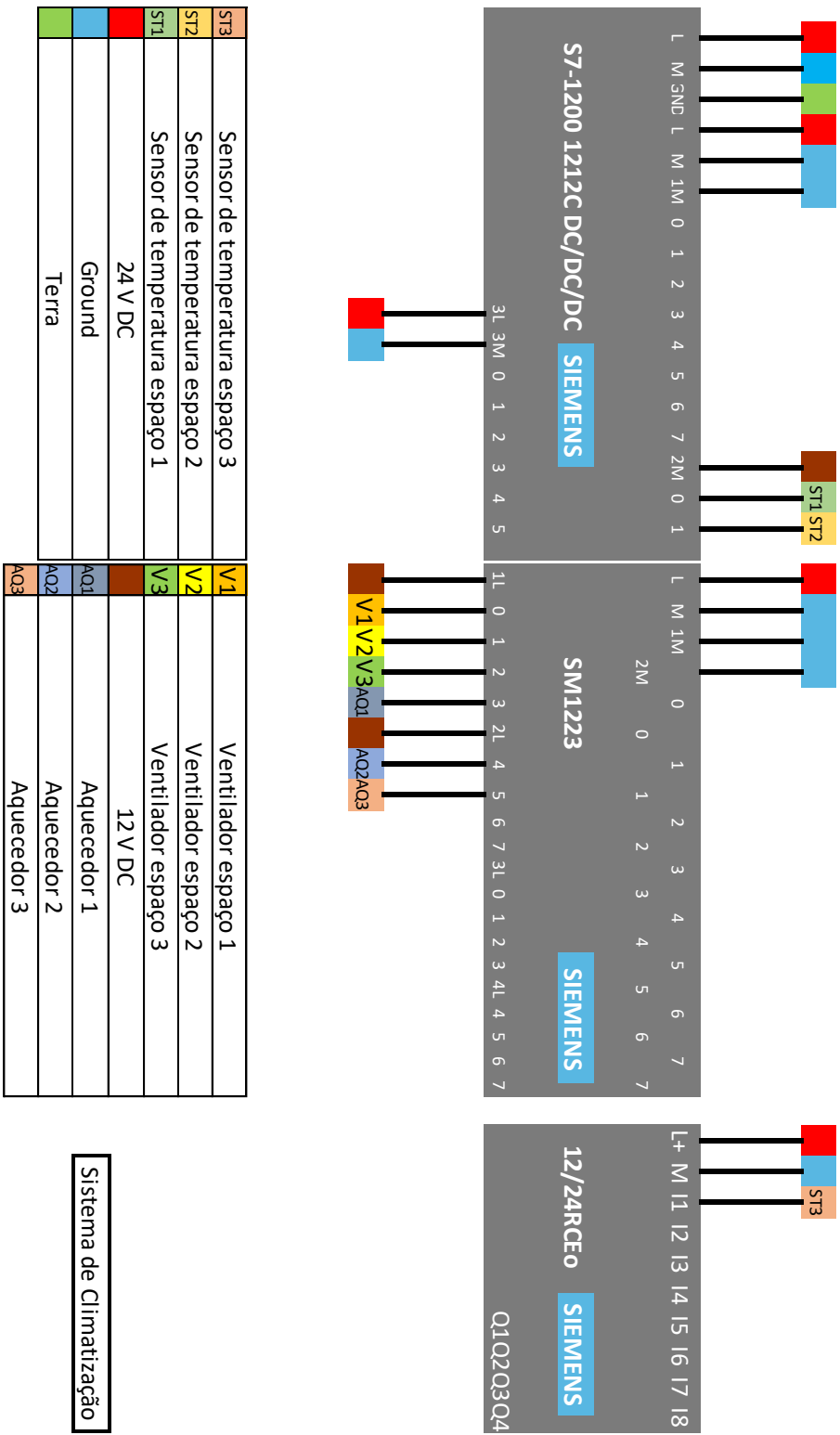


Figura C. 8 - Esquema de ligação do PLC para o sistema de climatização.

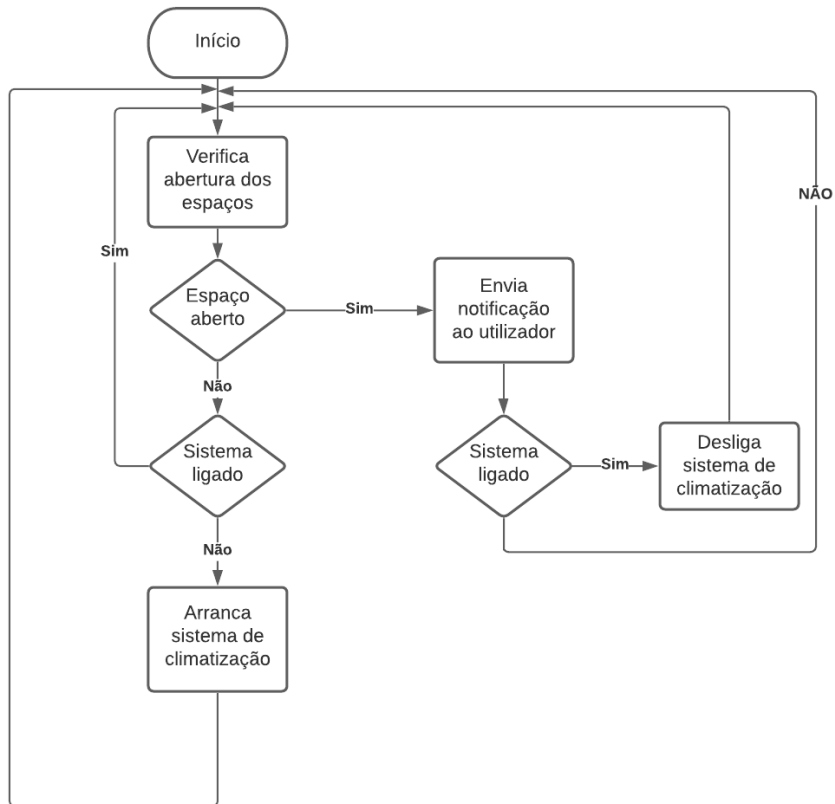


Figura C. 9 - Função implementada no PLC S7-1200: verificação da abertura dos espaços.

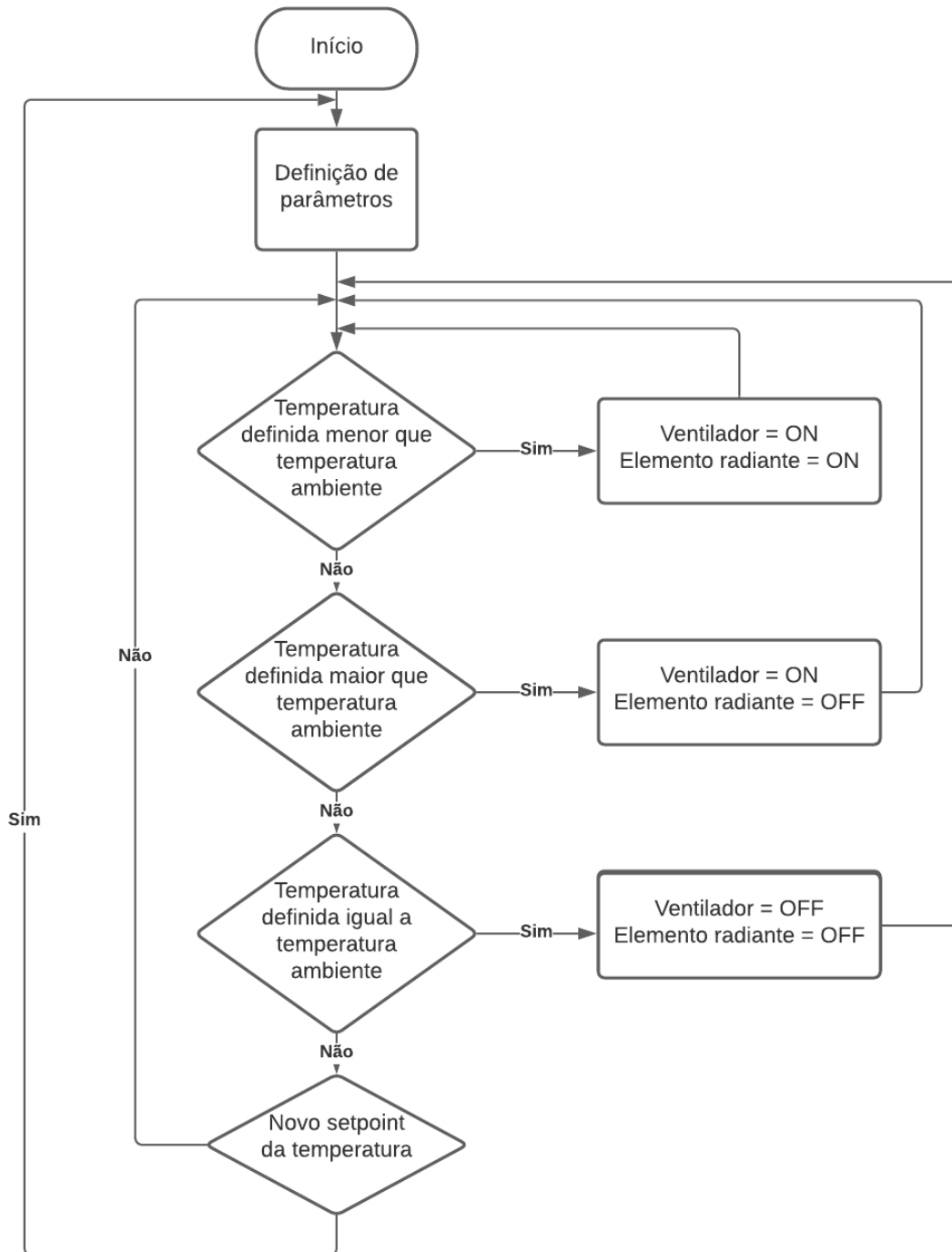


Figura C. 10 - Função implementada no PLC S7-1200: controlo de temperatura nos espaços.

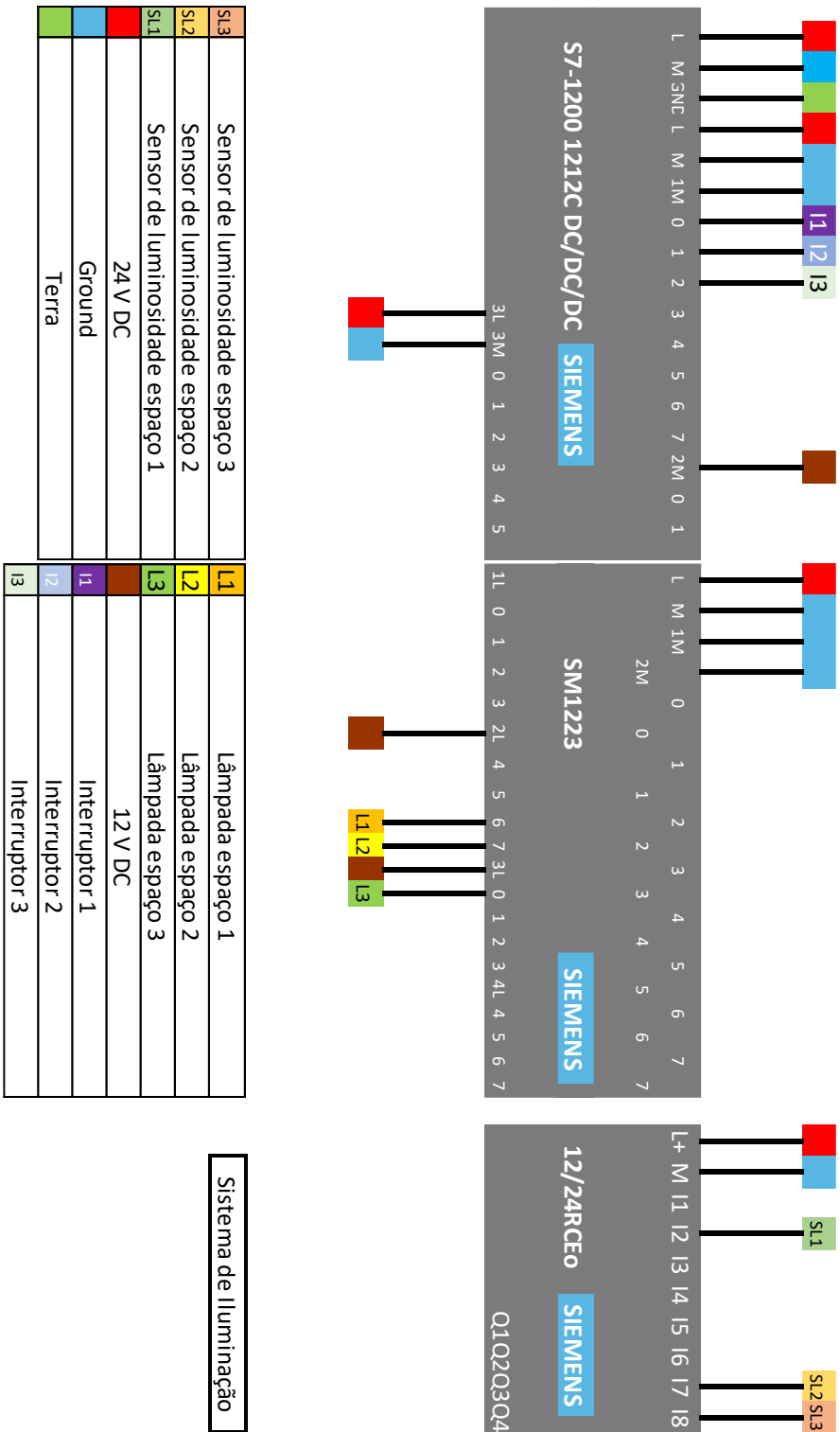


Figura C. 11 - Esquema de ligação do PLC S7-1200 e LOGO para o sistema de iluminação.

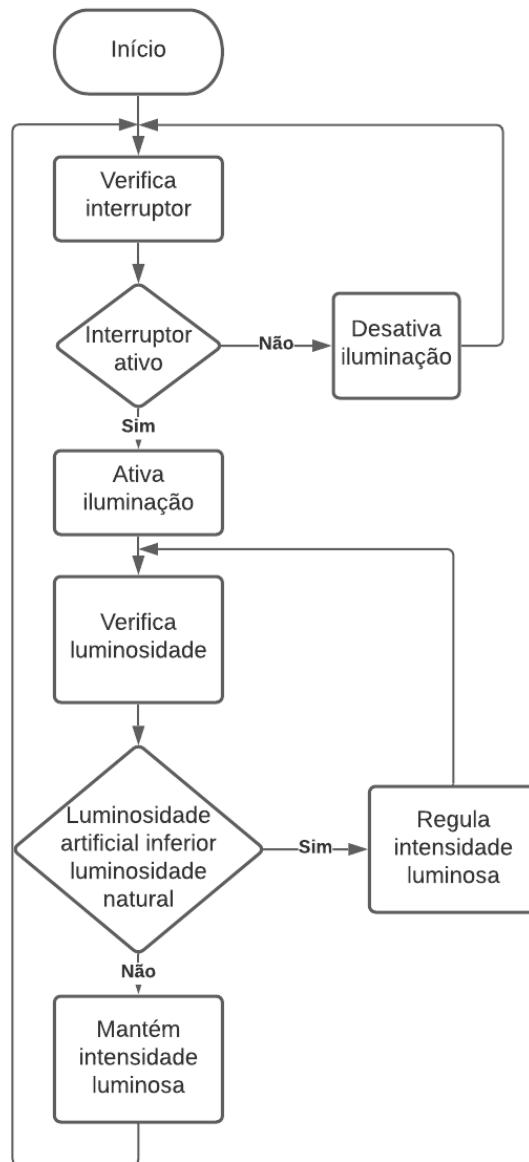


Figura C. 12 - Função implementada no PLC S7-1200 para controlar o sistema de iluminação.

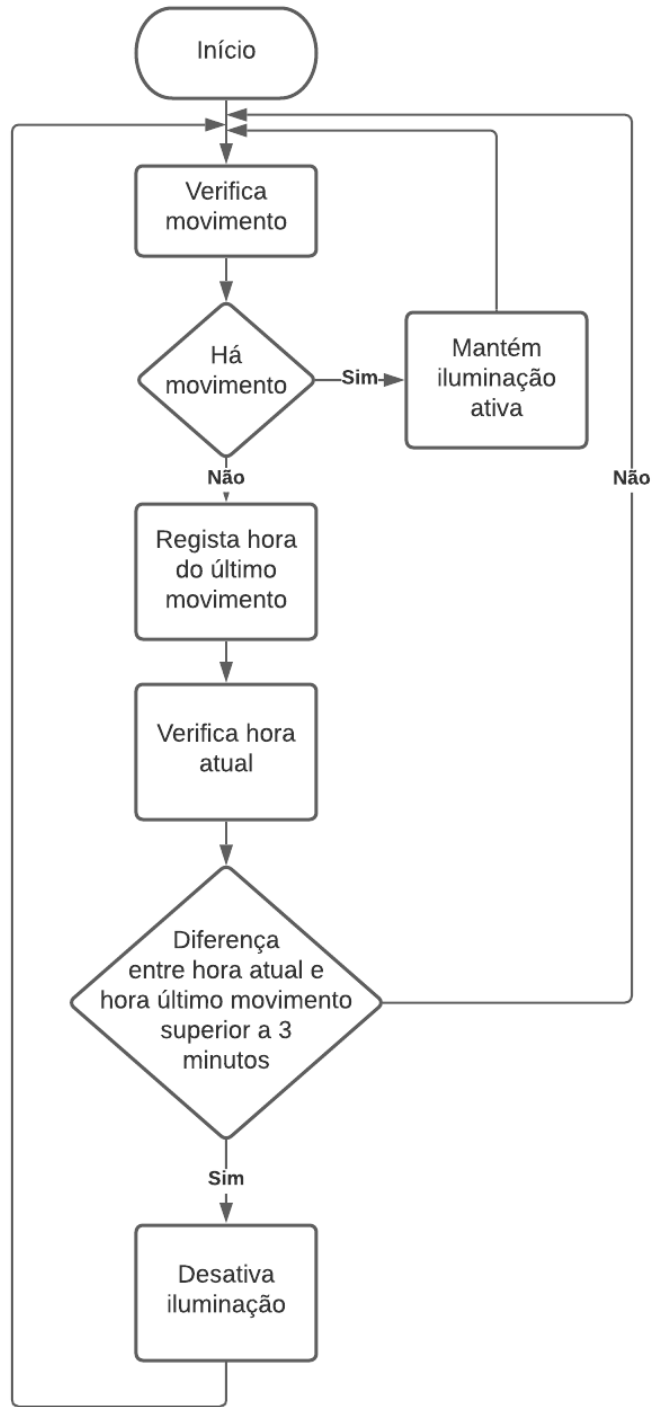


Figura C. 13 - Função implementada no PLC S7-1200 para controlar o sistema de iluminação através da deteção de movimento.

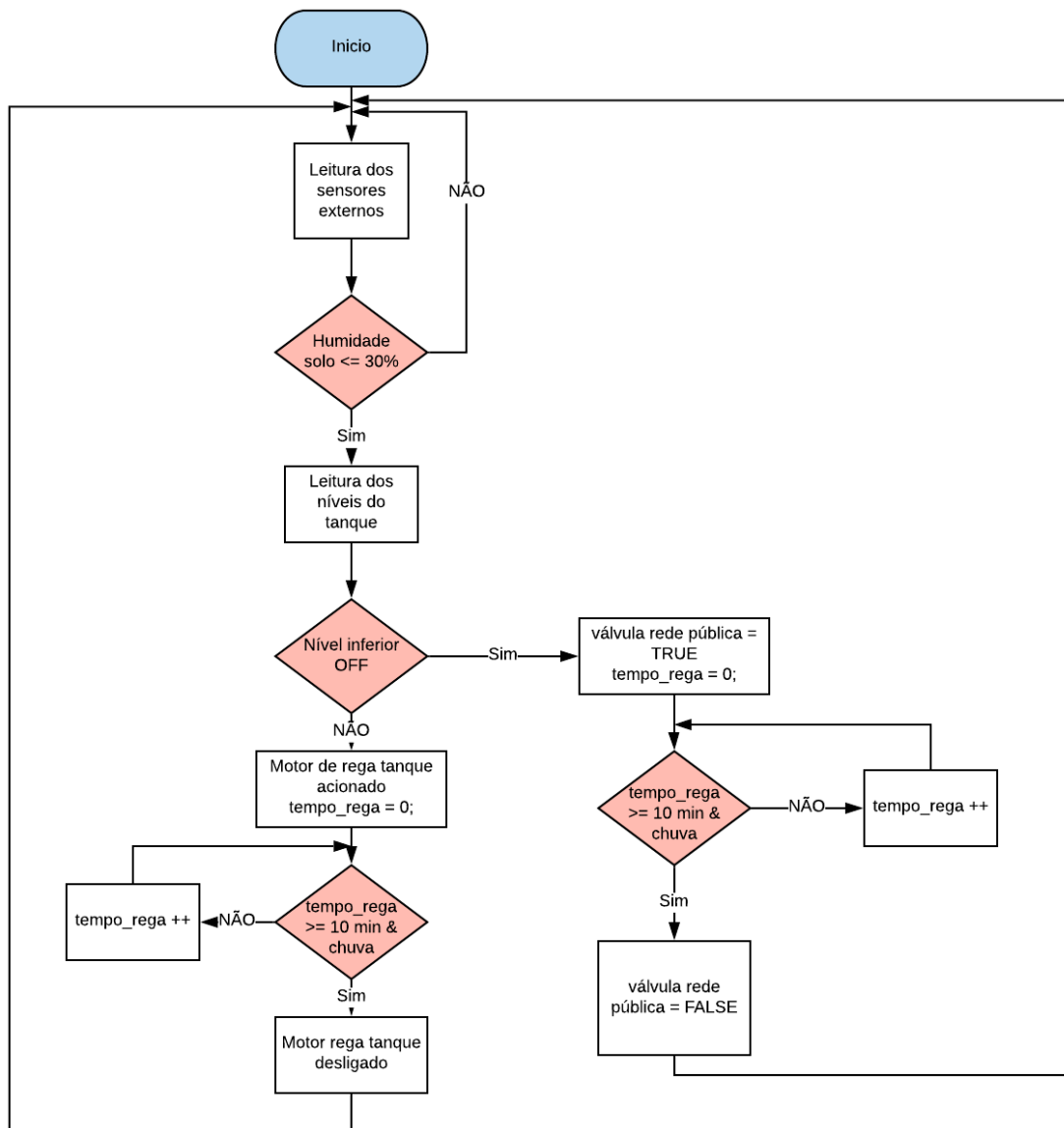


Figura C. 14 - Programa desenvolvido para o sistema que controla a rega.

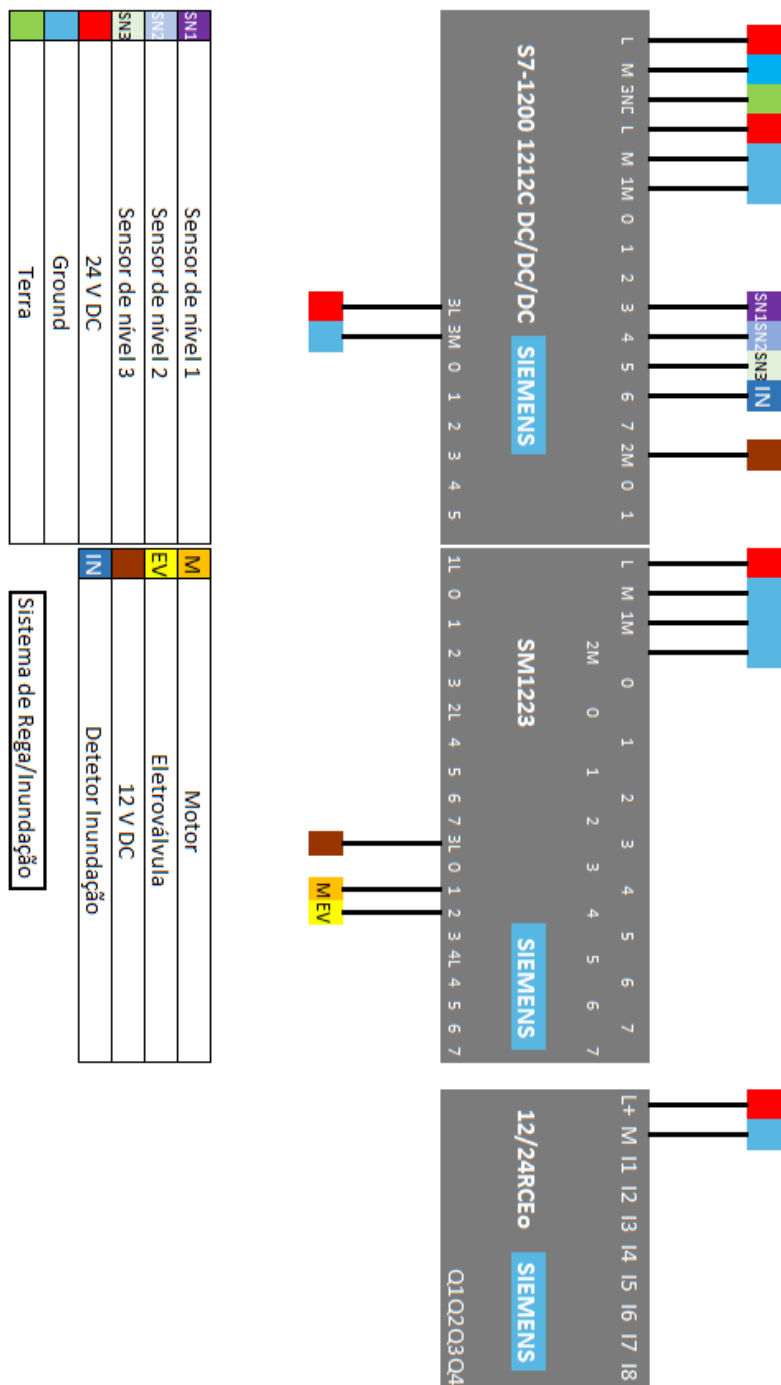


Figura C. 15 - Esquema de ligação do PLC S7-1200 para o sistema de rega/inundação.

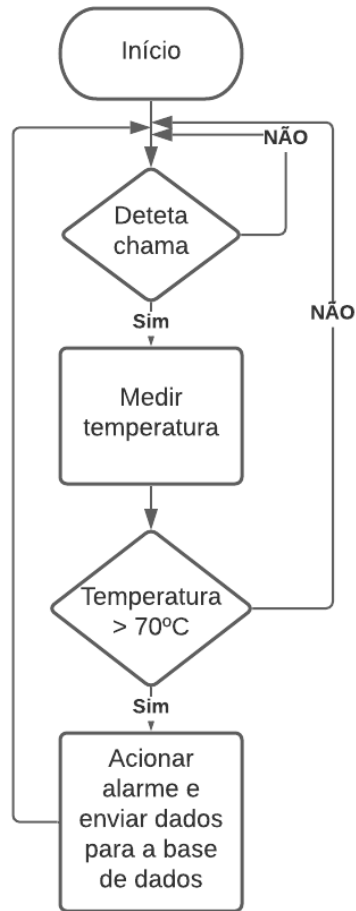


Figura C. 16 - Fluxograma da função implementada para o detetor de incêndio.

Tabela C. 8 - Características do painel solar [66]

Potência máxima (Pmax)	5 W
Tensão de circuito aberto (Voc)	21,80 V
Tensão máxima de pico (Vmpp)	18,10 V
Corrente em curto circuito (Isc)	0,30 A
Corrente máxima de pico (Impp)	0,28 A
Tolerância – Potência	0 ~ +6%
Modelo	e.zell5+

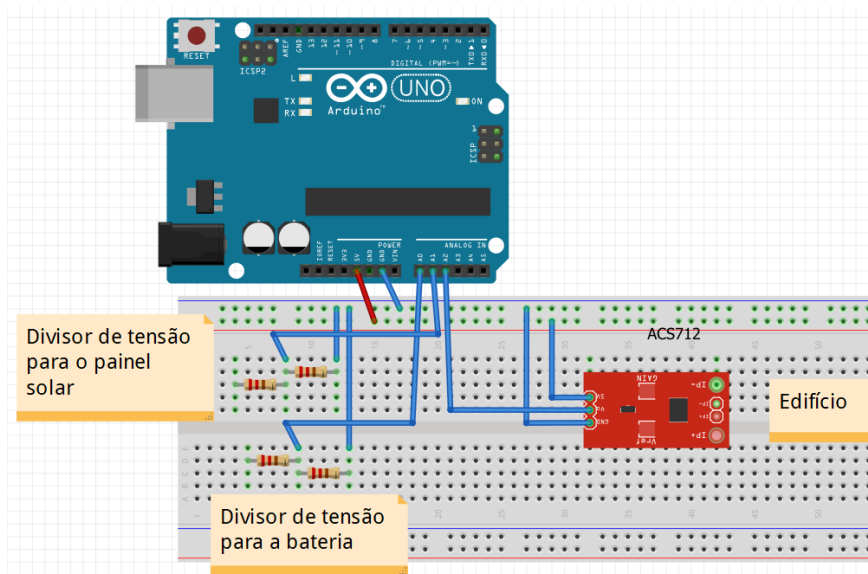


Figura C. 17 - Circuito implementado para medição de parâmetros relacionados com a energia produzida e consumida pelo edifício.

```

void opcao(int var){//função que mostra as opções no display de acordo com o menu
  switch (var){
    case 1:
      lcd.setCursor(0, 0);
      lcd.print("1 - Temp. Esp. 1");
      break;
    case 2:
      lcd.setCursor(0, 0);
      lcd.print("2 - Temp. Esp. 2");
      break;
    case 3:
      lcd.setCursor(0, 0);
      lcd.print("3 - Temp. Esp. 3");
      break;
    case 4:
      lcd.setCursor(0, 0);
      lcd.print("4 - Ilum. Esp. 1");
      break;
    case 5:
      lcd.setCursor(0, 0);
      lcd.print("5 - Ilum. Esp. 2");
      break;
    case 6:
      lcd.setCursor(0, 0);
      lcd.print("6 - Ilum. Esp. 3");
      break;
    default:
      lcd.setCursor(0, 0);
      lcd.print("Home");
      lcd.setCursor(0, 1);
      lcd.print("Sel. Up & Down");
      break;
  }
}

```

Figura C. 18 - Implementação do menu de navegação para o controlador manual.

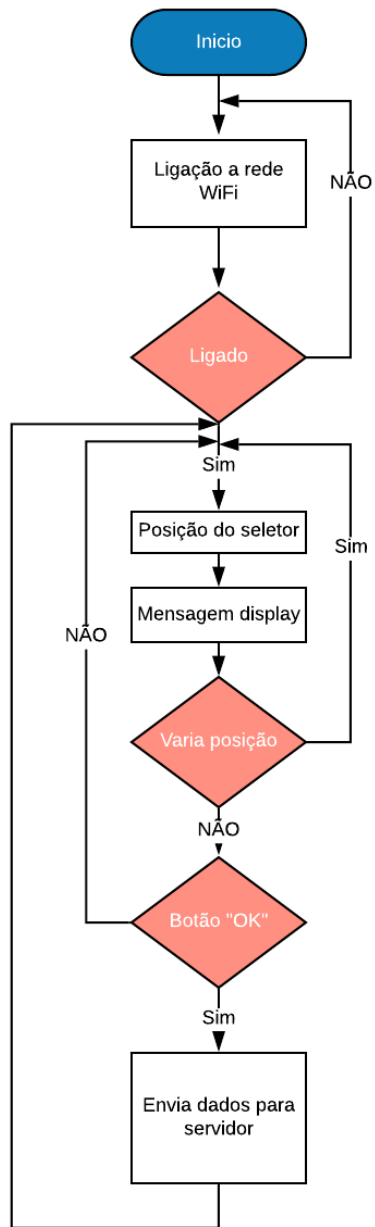


Figura C. 19 - Fluxograma do programa implementado para o controlador manual.

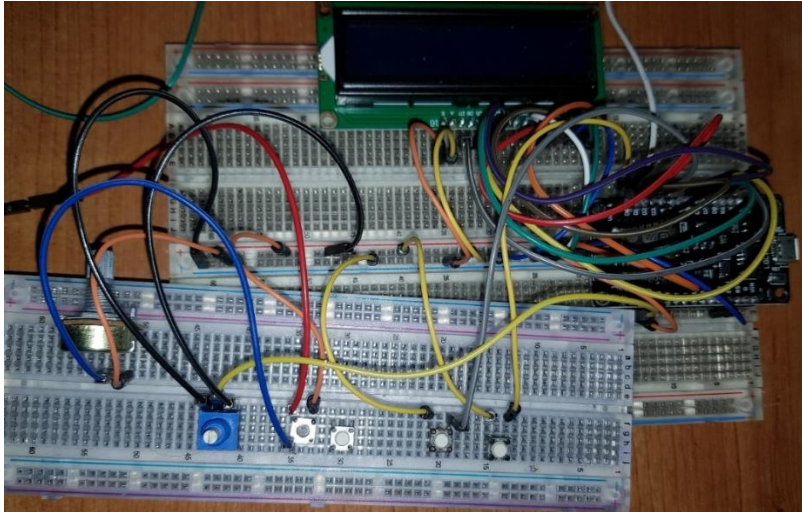


Figura C. 20 - Interface HMI implementada.

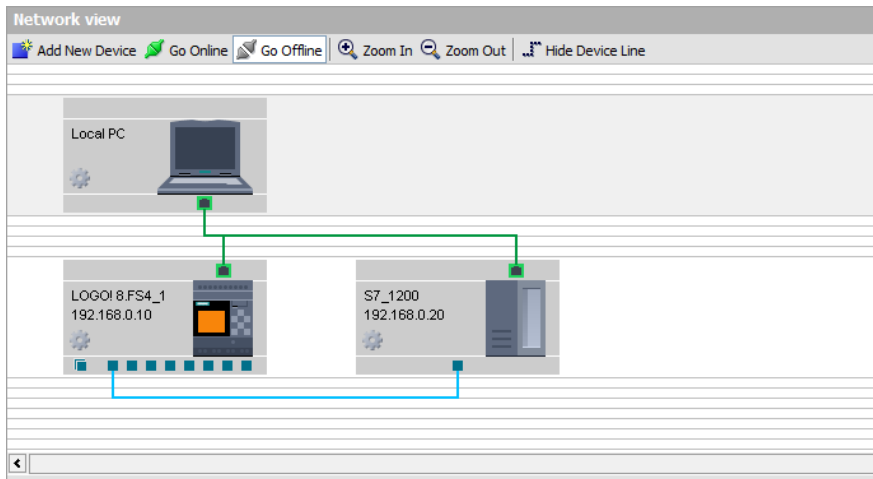


Figura C. 21 - Esquema de rede adotado para a comunicação entre o LOGO! e o S7-1200.

ID	Address	Length (Bytes)	Direction	Address	Length (Bytes)
1	VB 10	4	-->	DB101.DBB10	4
2	VB 0	4	-->	DB101.DBB0	4
3	VB 2	4	-->	DB101.DBB2	4
4	VB 1	4	-->	DB101.DBB1	4

Figura C. 22 - Configuração de parâmetros de rede e atribuição de endereços as variáveis compartilhadas.

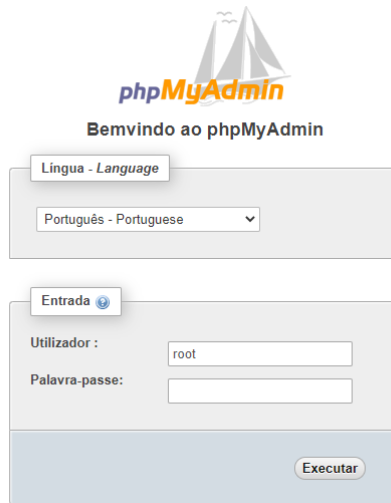


Figura C. 23 - Interface de entrada no software de gestão da base de dados.

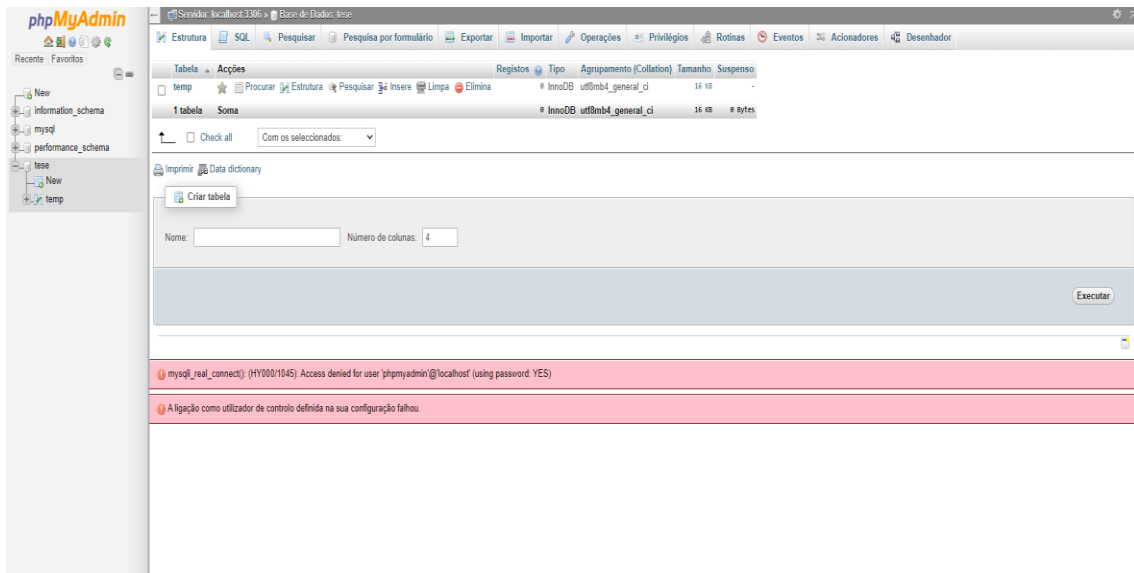


Figura C. 24 - Painel de navegação phpMyAdmin.

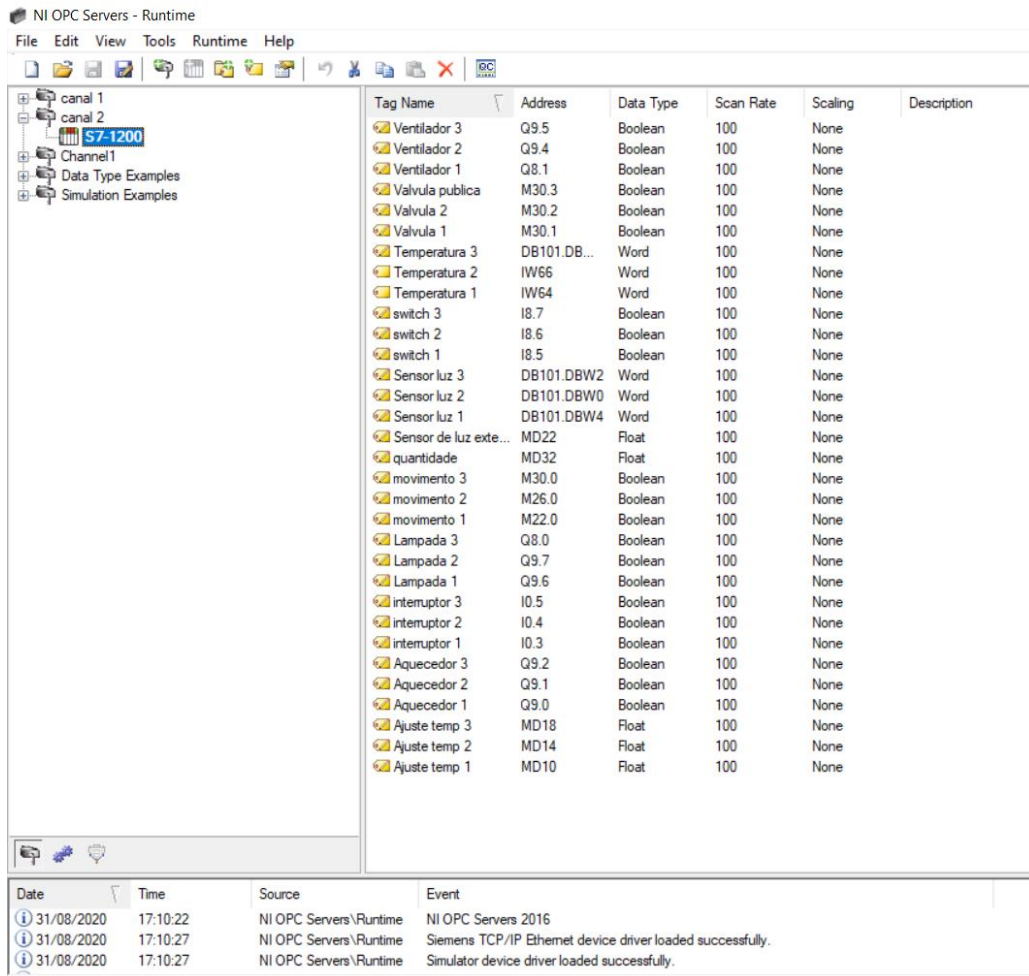


Figura C. 25 - Lista de variáveis partilhadas no OPC Server.

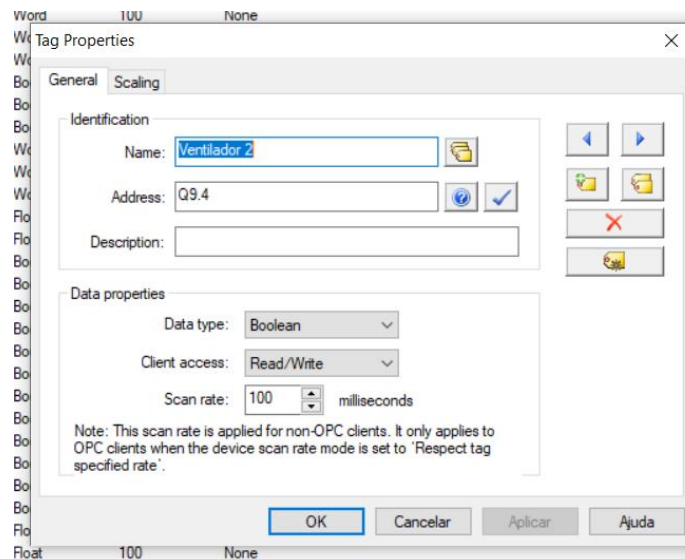


Figura C. 26 - Definição dos parâmetros relativos a cada variável partilhada.



*Figura C. 27 - Ventilador e elemento radiante implementado na maquete, para simular o sistema de climatização.*



*Figura C. 28 - Sensor de temperatura, LM35, montado na maquete.*



*Figura C. 29 - Sistema de iluminação montado com fita de led na maquete.*



*Figura C. 30 - Microswitch que simula a abertura dos espaços.*



*Figura C. 31 - Montagem do detetor de inundação no espaço 2 da maquete.*



Figura C. 32 - Implementação do tanque de aproveitamento das águas pluviais, com os respectivos sensores de nível.

Tabela C. 9 - Correspondência entre símbolos e nomes do menu.

Símbolo	Legenda
	Home
	Edifício
	Climatização
	Iluminação
	Águas
	Incêndio
	CCTV
	Energia
	Relatórios
	Alertas
	Ajustes

A Tabela C. 10, contém as variáveis criadas para a utilização durante a execução do programa. Estas são responsáveis por armazenar os valores para posterior envio ou utilização pelo programa.

*Tabela C. 10 - conversor DC [DB1].*

Nome	Tipo de dados	Valor inicial
sensor luz 1	Real	0.0
sensor luz 2	Real	0.0
sensor luz 3	Real	0.0
valor de saída analogia 1	Real	0.0
norm_x Logo8	Real	0.0
valor de saída analógica 3	Real	0.0
valor de saída analogia 2	Real	0.0
norm_sl1	Real	0.0
norm_sl2	Real	0.0
norm_sl3	Real	0.0

A Tabela C. 11 é responsável por receber os dados provenientes do PLC LOGO! e armazenar para posterior processamento.

*Tabela C. 11 - Logo [DB101].*

Nome	Tipo de dados	Valor inicial
Data	Array[0..99] of Byte	0.0

O código apresentado abaixo, Figura C. 33 e Figura C. 34, refere-se às funções implementadas no TIA Portal para o controlo de temperatura e controlo de iluminação.

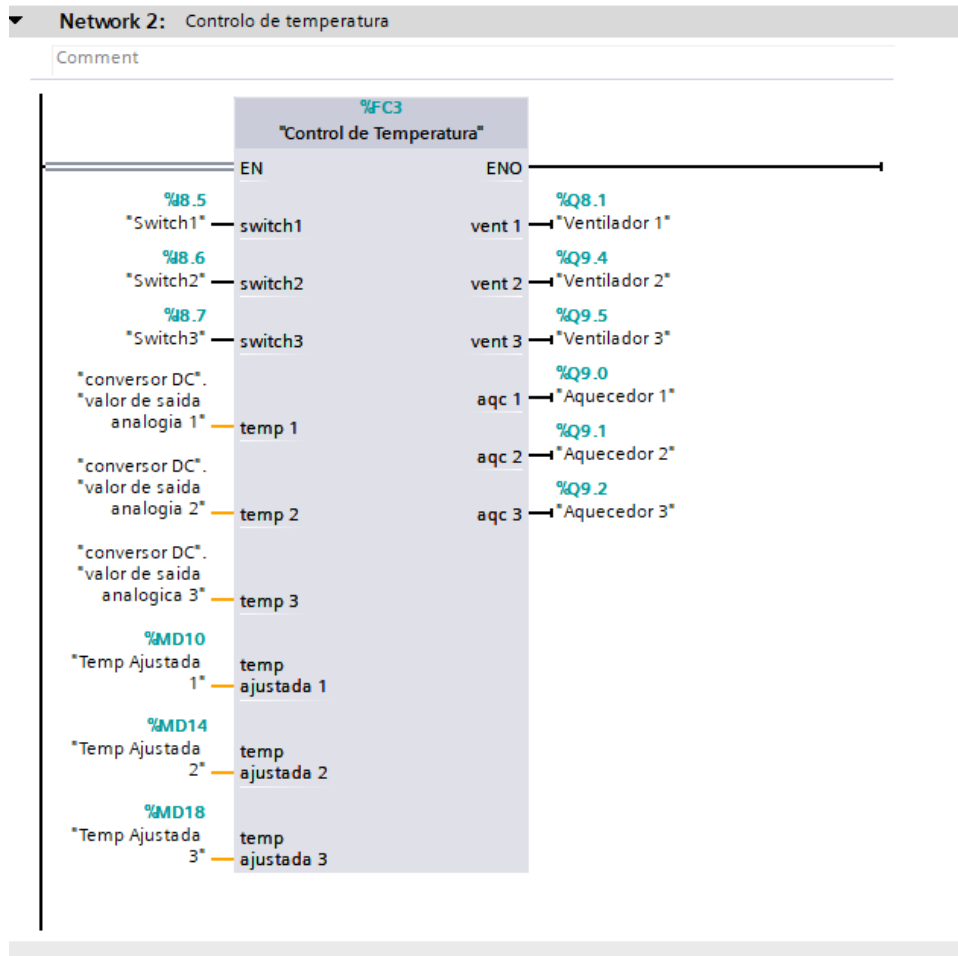


Figura C. 33 - Função controlo de temperatura.

Abaixo apresenta-se o código que foi implementado para a função controlo de temperatura.

```
// é deixado uma margem para que os reles não estejam sempre a ligar a
desligar
// aumentando assim a fiabilidade do equipamento
// para o espaço 1
IF (#switch1 = TRUE) THEN
  IF ((#"temp 1") < (#"temp ajustada 1" - 2)) THEN
    #"aqc 1" := #"vent 1" := TRUE;
  ELSIF ((#"temp 1") > (#"temp ajustada 1" + 2)) THEN
    #"aqc 1" := FALSE;#"vent 1" := TRUE;
  ELSIF (((#"temp 1") = (#"temp ajustada 1" - 2)) OR ((#"temp 1") = (#"temp
ajustada 1" + 2))) THEN
    #"aqc 1" := #"vent 1" := FALSE;
  END_IF;
ELSIF (#switch1 = FALSE) THEN
  #"aqc 1" := #"vent 1" := FALSE;
END_IF;
//para o espaço 2
IF (#switch2 = TRUE) THEN
  IF ((#"temp 2") < (#"temp ajustada 2" - 2)) THEN
    #"aqc 2" := #"vent 2" := TRUE;
  ELSIF ((#"temp 2") > (#"temp ajustada 2" + 2)) THEN
    #"aqc 2" := FALSE;
    #"vent 2" := TRUE;
  ELSIF (((#"temp 2") = (#"temp ajustada 2" - 2)) OR ((#"temp 2") = (#"temp
ajustada 2" + 2))) THEN
    #"aqc 2" := #"vent 2" := FALSE;
  END_IF;
//para o espaço 3
IF (#switch3 = TRUE) THEN
  IF ((#"temp 3") < (#"temp ajustada 3" - 2)) THEN
    #"aqc 3" := #"vent 3" := TRUE;
  ELSIF ((#"temp 3") > (#"temp ajustada 3" + 2)) THEN
    #"aqc 3" := FALSE;
    #"vent 3" := TRUE;
  ELSIF (((#"temp 3") = (#"temp ajustada 3" - 2)) OR ((#"temp 3") = (#"temp
ajustada 3" + 2))) THEN
    #"aqc 3" := #"vent 3" := FALSE;
  END_IF;
END_IF;
```

```

        #"aqc 2" := #"vent 2" := FALSE;
    END_IF;
ELSIF (#switch2 = FALSE) THEN
    #"aqc 2" := #"vent 2" := FALSE;
END_IF;
//para o espaço 3
IF (#switch3 = TRUE) THEN
    IF ((#"temp 3" < (#"temp ajustada 3" - 2)) THEN
        #"aqc 3" := #"vent 3" := TRUE;
    ELSIF ((#"temp 3" > (#"temp ajustada 3" + 2)) THEN
        #"aqc 3" := FALSE;
        #"vent 3" := TRUE;
    ELSIF (((#"temp 3" = (#"temp ajustada 3" - 2)) OR ((#"temp 1" = (#"temp
ajustada 3" + 2)))) THEN
        #"aqc 3" := #"vent 3" := FALSE;
    END_IF;
ELSIF (#switch3 = FALSE) THEN
    #"aqc 3" := #"vent 3" := FALSE;
END_IF;
//este bloco tem como função controlar os aquecedores, quando ha diferença
entre a temperatura no espaço e a
//temperatura ajustada pelo utilizador
//Mas tambem tem como função reduzir o consumo dos aquecedores quando há uma
abertura do espaço, ou seja
//sempre que houver uma interrupção no switch este desligara o aquecedor

```

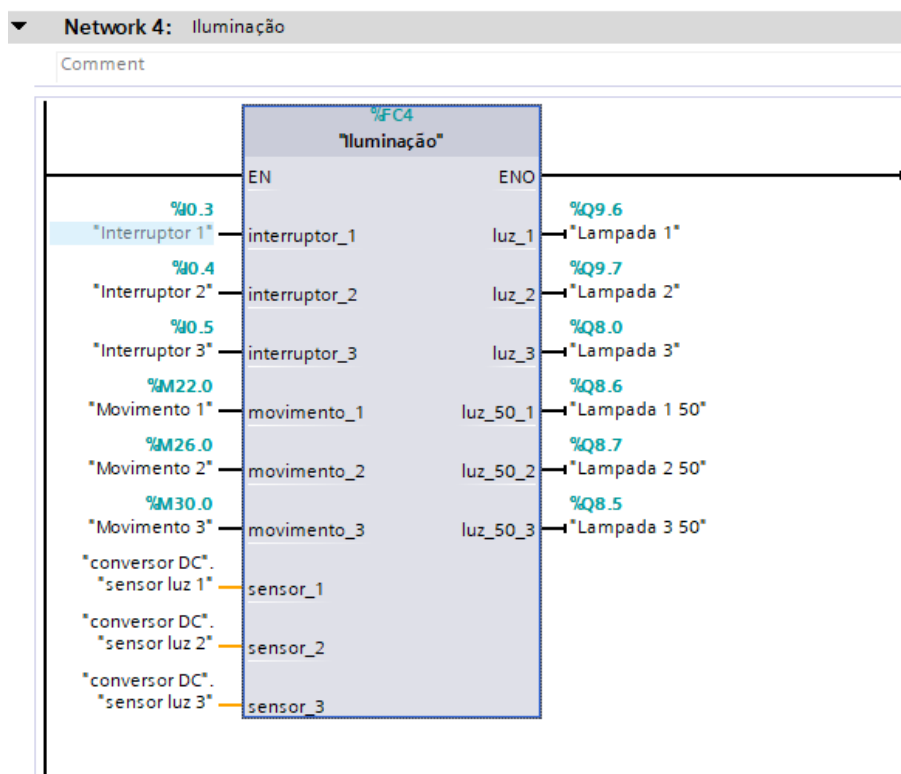


Figura C. 34 - Função implementada para controlo da iluminação

Abaixo apresenta-se o código que foi implementado para a função controlo da iluminação.

```

//Este bloco é responsável por controlar a iluminação
//ou seja mesmo que o interruptor seja acionado, mas se a luz interior for
igual ou superior a exterior
//a iluminação não é acionada
IF (#interruptor_1 = TRUE) THEN
  IF (#movimento_1 = TRUE) THEN
    IF (#sensor_1 <= 15) THEN
      #luz_1 := FALSE;
      #luz_50_1 := TRUE;
    ELSE
      #luz_1 := TRUE;
      #luz_50_1 := FALSE;
    END_IF;
  ELSE
    #luz_50_1 := #luz_1 := FALSE;
  END_IF;
END_IF;

IF (#interruptor_2 = TRUE) THEN
  IF (#movimento_2 = TRUE) THEN
    IF (#sensor_2 <= 15) THEN
      #luz_2 := FALSE;
      #luz_50_2 := TRUE;
    ELSE
      #luz_2 := TRUE;
      #luz_50_2 := FALSE;
    END_IF;
  ELSE
    #luz_50_2 := #luz_2 := FALSE;
  END_IF;
END_IF;

IF (#interruptor_3 = TRUE) THEN
  IF (#movimento_3 = TRUE) THEN
    IF (#sensor_3 <= 15) THEN
      #luz_3 := FALSE;
      #luz_50_3 := TRUE;
    ELSE
      #luz_3 := TRUE;
      #luz_50_3 := FALSE;
    END_IF;
  ELSE
    #luz_50_3 := #luz_3 := FALSE;
  END_IF;
END_IF;

```

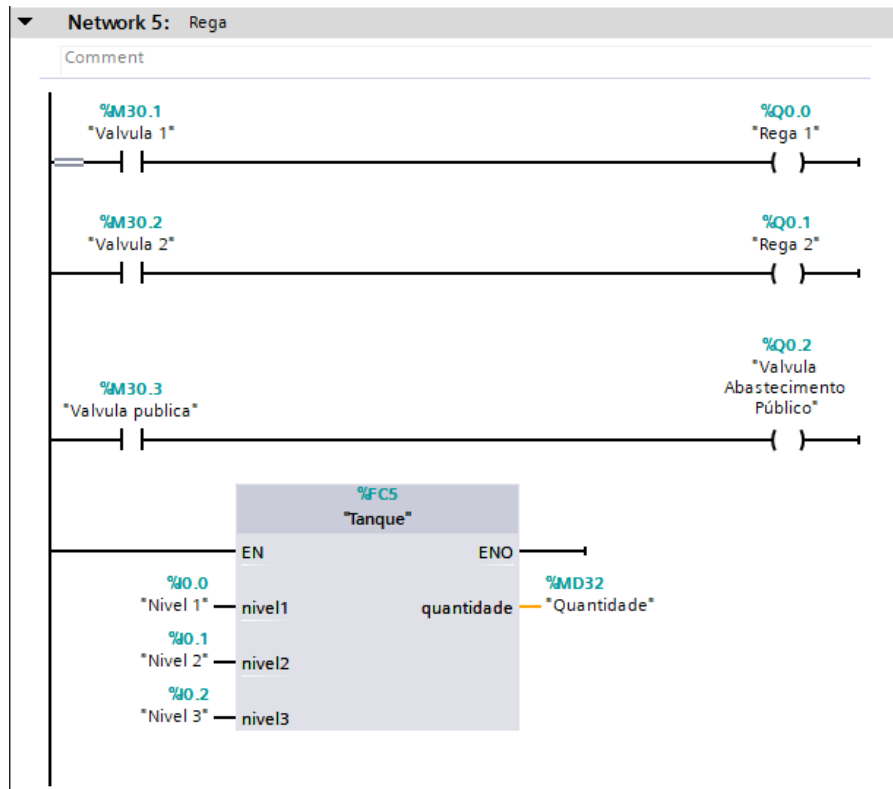


Figura C. 35 - Função controlo da rega.

Abaixo apresenta-se o código que foi implementado para a função de controlo da rega.

```

IF (#nivel1 = FALSE AND #nivel2 = FALSE AND #nivel3 = FALSE) THEN
    #quantidade := 90;
END_IF;
IF (#nivel1 = FALSE AND #nivel2 = FALSE AND #nivel3 = TRUE) THEN
    #quantidade := 50;
END_IF;
IF (#nivel1 = FALSE AND #nivel2 = TRUE AND #nivel3 = TRUE) THEN
    #quantidade := 11;
END_IF;
IF (#nivel1 = TRUE AND #nivel2 = TRUE AND #nivel3 = TRUE) THEN
    #quantidade := 9;
END_IF;
IF (#nivel1 = TRUE AND #nivel2 = TRUE AND #nivel3 = FALSE) OR
   (#nivel1 = TRUE AND #nivel2 = FALSE AND #nivel3 = FALSE) OR
   (#nivel1 = TRUE AND #nivel2 = FALSE AND #nivel3 = TRUE) THEN
    #quantidade := 0;
END_IF;

```

## Anexo D – Código implementado para o controlo de acessos

```
/*
 *
 * NodeMCU com a RC522
 *
 * Ligações
 * -----
 *           MFRC522      Node
 *           Reader/PCD   MCU
 * Sinal     Pin          Pin
 * -----
 * RST/Reset  RST          D1 (GPIO5)
 * SPI NSS    SDA (NSS)    D2 (GPIO4)
 * SPI MOSI   MOSI         D7 (GPIO13)
 * SPI MISO   MISO         D6 (GPIO12)
 * SPI SCK    SCK          D5 (GPIO14)
 * 3.3V       3.3V         3.3V
 * GND        GND          GND
 */

#include <SPI.h>
#include <MFRC522.h>
#include <ESP8266WiFi.h>

//Ligação a rede Wifi
const char* ssid      = "*****";
const char* password  = "*****";

//definição do servidor para onde sera enviado os dados
const char* host = "*****";//Endereço do servidor

constexpr uint8_t RST_PIN = 5;
constexpr uint8_t SS_PIN = 4;

MFRC522 rfidd(SSS_PIN, RSST_PIN); // Definição dos pinos na função

MFRC522::MIFARE_Key key;

// Inicialização da variavel de armazenamento da chave
byte nuidPICC[4];

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  SPIbegin();
  rfidd.PCD_Init();

  //Ligação a rede e atribuição de IP
  Serial.print("Ligando a ");
  Serial.print(ssid);
  WiFimode(WIFI_STA);
  WiFibegin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("");
  Serial.println("WiFi connected");
  Serial.println("IP address: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
}

void loop() {
```

```

WiFiClient client;
const int httpPort = 80;
if (!client.connect(host, httpPort)) {
  Serial.println("connection failed");
  return;
}

// Look for new cards
if (! rfid.PICC_IsNewCardPresent())
  return;

// Verify if the NUID has been readed
if (! rfid.PICC_ReadCardSerial())
  return;

Serial.print(F("PICC type: "));
MFRC522::PICC_Type piccType = rfid.PICC_GetType(rfid.uid.sak);
Serial.println(rfid.PICC_GetTypeName(piccType));

// Check is the PICC of Classic MIFARE type
if (piccType != MFRC522::PICC_TYPE_MIFARE_MINI &&
    piccType != MFRC522::PICC_TYPE_MIFARE_1K &&
    piccType != MFRC522::PICC_TYPE_MIFARE_4K) {
  Serial.println(F("Your tag is not of type MIFARE Classic."));
  return;
}

// Store NUID into nuidPICC array
for (byte i= 0;i<4;i++) {
  nuidPICC[i]=rfid.uid.uid Byte[i];
  if(i == 3){
    String url = "/~server/node.php?id=0"; // caminho para o ficheiro que
executa as instruções recebidas no servidor
    url += "&t1=";
    url += nuidPICC[0];
    url += "&t2=";
    url += nuidPICC[1];
    url += "&t3=";
    url += nuidPICC[2];
    url += "&t4=";
    url += nuidPICC[3];
    Serial.println(url); //mostra como fica a url

    client.print(String("GET ") + url + " HTTP/1.1\r\n" +
                  "Host: " + host + "\r\n" +
                  "Connection: close\r\n\r\n");
    unsigned long timeout = millis();
    while (client.available() == 0) {
      if (millis() - timeout > 5000) {
        Serial.println(">>> Client Timeout !");
        client.stop();
        return;
      }
    }

    while(client.available()){
      String line = client.readStringUntil('\r');
    }
  }
}

Serial.print(F("Chave do cartão:"));
printDec(rfid.uid.uidByte, rfid.uid.size);
Serial.println();

rfid.PICC_HaltA();

```

```
    rfid.PCD_StopCryptol();  
}  
  
void printDec(byte *buffer, byte bufferSize) {  
    for (byte i = 0; i < bufferSize; i++) {  
        Serial.print(buffer[i] < 0x10 ? " 0" : " ");  
        Serial.print(buffer[i], DEC);  
    }  
}
```

## Anexo E – Código do módulo sensores externos

```
//Software responsável por ler os sensores e enviar para a base de dados remota
#include <Ethernet.h>
#include <SPI.h>
//para o sensor de humidade e temperatura
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 2
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

byte mac[] = { 0x00, 0xAA, 0xBB, 0xCC, 0xDE, 0x01 }; //MAC ADDRESS
EthernetClient client;

long previousMillis = 0;
unsigned long currentMillis = 0;

//para o sensor de luz
int pinoLDR = A0;
int ldr = 0;
//para o sensor de chuva
int pinochuva_D = 0;
int pinochuva_A = A1;
int chuva = 0;
int chove = 0;
//para a humidade no solo
int pinohumidade_A1 = A2;
int humidadesolo_A1 = 0;
int pinohumidade_A2 = A3;
int humidadesolo_A2 = 0;

String data;

void setup() {
  //inicialização das portas dos sensores
  pinMode(pinochuva_D, INPUT);
  dht.begin();

  Serial.begin(115200);

  if (Ethernet.begin(mac) == 0) {
    Serial.println("Falhou a ligação usando o DHCP");
  }
  delay(1000); // Tempo para inicializar o sistema
}

void loop(){
  //leitura dos pinos analogicos
  ldr = analogRead(pinoLDR);
  chuva = analogRead(pinochuva_A);
  humidadesolo_A1 = analogRead(pinohumidade_A1);
  humidadesolo_A2 = analogRead(pinohumidade_A2);
  float h = dht.readHumidity();//Em %
  float t = dht.readTemperature();//Em graus °C
  delay(500);

  if(digitalRead(pinochuva_D)){
    chove = 0;
    Serial.println("Não esta a chover");
  }else{
    chove = 1;
    Serial.println("Esta a chover");
  }

  //construção do link de dados
  data = "GET ~/server/node.php";
}
```

```

data += "?il=";
data += ldr;
data += "&chove=";
data += chove;
data += "&chuva=";
data += chuva;
data += "&humsolo1=";
data += humidadesolo_A1;
data += "&humsolo2=";
data += humidadesolo_A2;
data += "&temperatura=";
data += t;
data += "&humidade=";
data += h;

    if (client.connect("188.93.231.14",80)) { // endereço do servidor
        client.println(data);
        client.println("HTTP/1.1");
        client.println("Host: 188.93.231.14");
        client.println("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded");
        client.print("Content-Length: ");
        client.println(data.length());
        client.println();

    }

    if (client.connected()) {
        client.stop(); // deliga-se do servidor
    }

    delay(3000); // espera 1s para enviar novamente os dados
    Serial.println(data);
}

```

## Anexo F – Código implementado para interface de controlo manual

```
#include "LiquidCrystal.h"
#include <ESP8266WiFi.h>

//Ligação a rede Wifi
const char* ssid = "*****";
const char* password = "*****";

//definição do servidor para onde sera enviado os dados
const char* host = "*****";//Endereço do servidor

// definição de pino para o display
const int RS = 4, EN = 0, d4 = 12 , d5 = 13, d6 = 15, d7 = 3;

LiquidCrystal lcd(RS, EN, d4, d5, d6, d7);
int up = 16;// botao para cima
int dn = 2;// botao para baixo
int ok = 5;// botao ok

int numero = 0;// variavel para o contador

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  lcd.begin(16, 2);
  pinMode(up, INPUT_PULLDOWN_16);
  pinMode(dn, INPUT_PULLUP);
  pinMode(ok, INPUT);

  //Ligação a rede e atribuição de IP
  Serial.print("Connecting to ");
  Serial.println(ssid);
  WiFi.mode(WIFI_STA);
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("");
  Serial.println("WiFi connected");
  Serial.println("IP address: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
}

void opcao(int var) { //função que mostra as opções no display de acordo com o
menu
  switch (var) {
    case 1:
      lcd.setCursor (0,0);
      lcd.print("1 - Temp. Esp. 1");
      break;
    case 2:
      lcd.setCursor (0,0);
      lcd.print("2 - Temp. Esp. 2");
      break;
    case 3:
      lcd.setCursor (0,0);
      lcd.print("3 - Temp. Esp. 3");
      break;
    case 4:
      lcd.setCursor (0,0);
      lcd.print("4 - Ilum. Esp. 1");
```

```

        break;
    case 5:
        lcd.setCursor (0,0);
        lcd.print("5 - Ilum. Esp. 2");
        break;
    case 6:
        lcd.setCursor (0, 0);
        lcd.print("6 - Ilum. Esp. 3");
        break;
    default:
        lcd.setCursor (0,0);
        lcd.print("Home");
        lcd.setCursor (0, 1);
        lcd.print("Sel. Up & Down");
        break;
    }
}

void loop() {
    //Serial.print("connecting to ");
    //Serial.println(host);

    WiFiClient client;
    const int httpPort = 80;
    if (!client.connect(host, httpPort)) {
        Serial.println("connection failed");
        return;
    }

    //definição de maximo e minimo no contador do menu
    if (numero < 0) {
        numero = 6;
    } else if (numero > 6 ) {
        numero = 0;
    }
    //leitura dos botoes
    if (digitalRead(up) == 1) {
        lcd.clear();
        numero = numero + 1;
        opcao(numero);
        while (digitalRead(up) == 1) {} //nao faz nada se tiver sempre clicado
    }
    if (digitalRead(dn) == 0) {
        lcd.clear();
        numero = numero - 1;
        opcao(numero);
        while (digitalRead(dn) == 0) {} //nao faz nada se tiver sempre clicado
    }
    if (digitalRead(ok) == 1) {
        Serial.println("opção");
        Serial.println(numero);
        Serial.println(analogRead(A0));
        lcd.clear();
        numero = 0;
        opcao(numero);

        int data = 10;
        String url = "~/server/node.php"; // caminho para o ficheiro que executa as
        instruções recebidas no servidor
        url += "?t1=";
        url += data;
        url += "&t2=";
        url += data;
        url += "&t3=";
        url += data;

        // This will send the request to the server
        client.print(String("GET ") + url + " HTTP/1.1\r\n" +

```

```

        "Host: " + host + "\r\n" +
        "Connection: close\r\n\r\n");
unsigned long timeout = millis();
while (client.available() == 0) {
    if (millis() - timeout > 5000) {
        Serial.println(">>> Client Timeout !");
        client.stop();
        return;
    }
}

// Read all the lines of the reply from server and print them to Serial
while (client.available()) {
    String line = client.readStringUntil('\r');
    // Serial.print(line); mostra os erros vindos do servidor
}

while (digitalRead(ok) == 1) {} //nao faz nada se tiver sempre clicado
}
if (numero >= 1 && numero <= 6 ) {
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(analogRead(A0)); //apresentação do valor ajustado pelo utilizador
} else {} //não mostra nada no caso da variavel numero ser 0
delay(150);}

```

## Anexo G – Código PHP desenvolvido para aplicação que recebe e envia os dados provenientes dos módulos de Arduino para a base de dados

```
<?php
function opencon(){
$servername = "localhost";
$username = "root";
$password = "*****";
$dbname = "db_tese";

$conn = new mysqli($servername, $username, $password,$dbname) or die("Connect
failed: %s\n". $conn -> error);
return $conn;
}

function closecon($conn){
    $conn -> close();
}

function insere($conn, $length, $tabela){
    //esta função faz com que não haja valores repetidos e seguidos na base de
    dados
    // o link deve ser desta forma
    // http://....php?eq=1&s1=0...s3=0
    for($i = 1; $i<$length; $i++){
        $v = "v";
        $v .= $i;
        $sensor = $i;
        echo $sensor;
        $valor = $_GET[$v];
        $sql = "SELECT valor FROM $tabela WHERE sensor = '$sensor' ORDER BY id
DESC LIMIT 1";
        $result = $conn->query($sql);
        if ($result->num_rows > 0) {
            while($row = $result->fetch_assoc()) {
                if($row['valor'] != $valor ){
                    $sql = "INSERT INTO $tabela (sensor, valor) VALUES
($sensor, $valor)";
                    if (!$conn->query($sql)) {die("Erro na gravação dos dados
no BD ")};
                }else{
                    //nao faz nada
                }
            }
        }else{
            $sql = "INSERT INTO $tabela (sensor, valor) VALUES ($sensor,
$valor)";
            if (!$conn->query($sql)) {
                //Gravar log de erros
                die("Erro na gravação dos dados no BD");
            }
        }
    }
}

function value($conn, $sensor){
    $sql = "SELECT valor FROM sensor WHERE sensor = '$sensor' ORDER BY id DESC
LIMIT 1";
    $result = $conn->query($sql);
    if ($result->num_rows > 0) {
        while($row = $result->fetch_assoc()) {
            if($row['valor'] == 1 ){
                $valor = 0;
            }
        }
    }
}
```



```

        break;
        case(5):
            $user = "Sistema";
            $marcador = 1;
            $msg = "O sensor ".$sensor." detetou liquidos/inundacao";
            $sql = "INSERT INTO log (user, msg, marcador) VALUES ('$user',
'$msg', $marcador)";
            if (!$conn->query($sql)) { die("Erro na gravação dos dados no
BD"); }
            break;
        case(6):
            $user = "Sistema";
            $marcador = 1;
            $msg = "O sensor ".$sensor." detetou liquidos/inundacao";
            $sql = "INSERT INTO log (user, msg, marcador) VALUES ('$user',
'$msg', $marcador)";
            if (!$conn->query($sql)) { die("Erro na gravação dos dados no
BD"); }
            break;
        case(7):
            $user = "Sistema";
            $marcador = 1;
            $msg = "O sensor ".$sensor." detetou incendio";
            $sql = "INSERT INTO log (user, msg, marcador) VALUES ('$user',
'$msg', $marcador)";
            if (!$conn->query($sql)) { die("Erro na gravação dos dados no
BD"); }
            break;
        case(8):
            $user = "Sistema";
            $marcador = 1;
            $msg = "O sensor ".$sensor." detetou incendio";
            $sql = "INSERT INTO log (user, msg, marcador) VALUES ('$user',
'$msg', $marcador)";
            if (!$conn->query($sql)) { die("Erro na gravação dos dados no
BD"); }
            break;
        case(9):
            $user = "Sistema";
            $marcador = 1;
            $msg = "O sensor ".$sensor." detetou incendio";
            $sql = "INSERT INTO log (user, msg, marcador) VALUES ('$user',
'$msg', $marcador)";
            if (!$conn->query($sql)) { die("Erro na gravação dos dados no
BD"); }
            break;
        case(10):
            $user = "Sistema";
            $marcador = 0;
            $msg = "O sensor ".$sensor." detetou chuva";
            $sql = "INSERT INTO log (user, msg, marcador) VALUES ('$user',
'$msg', $marcador)";
            if (!$conn->query($sql)) { die("Erro na gravação dos dados no
BD"); }
            break;
    }
}
//leitura de variaveis
$temperatura1 = $_GET['t1'];
$temperatura2 = $_GET['t2'];
$temperatura3 = $_GET['t3'];
$iluminacao = $_GET['il'];
$chove = $_GET['chove'];
$chuva = $_GET['chuva'];
$humsolo1 = $_GET['humsolo1'];
$humsolo2 = $_GET['humsolo2'];
$temperatura = $_GET['temperatura'];
$humidade = $_GET['humidade'];

```

```

$eq = $_GET['eq'];//sabe qual o equipamento esta a tentar comunicar os dados
//valores de eq
/*
0 - PLC
1 - Controlador manual
2 - Sensores externos
3 - controlo de acessos
4 - LabView
*/

$temperatura1 = (filter_input(INPUT_GET, 't1',
FILTER_SANITIZE_NUMBER_FLOAT)/100);
$temperatura2 = (filter_input(INPUT_GET, 't2',
FILTER_SANITIZE_NUMBER_FLOAT)/100);
$temperatura3 = (filter_input(INPUT_GET, 't3',
FILTER_SANITIZE_NUMBER_FLOAT)/100);

$conn = opencon();

if($eq == 0){
    // PLC
}else if($eq == 1){
    //a variavel $length é o total de sensores mais 1
    $length = 4;
    $tabela = "clima";
    insere($conn, $length, $tabela);
}else if($eq == 2){
    $length = 5;
    $tabela = "luz";
    insere($conn, $length, $tabela);

}else if($eq == 3){
    //Controlo de acessos - Sensores de Switch
    $s = $_GET['s'];
    switch($s){
        case(1):
            $sensor = 1;
            value($conn, $sensor);
            break;
        case(2):
            $sensor = 2;
            value($conn, $sensor);
            break;
        case(3):
            $sensor = 3;
            value($conn, $sensor);
            break;
        case(4):
            $sensor = 4;
            value($conn, $sensor);
            break;
        case(5):
            $sensor = 5;
            value($conn, $sensor);
            break;
        case(6):
            $sensor = 6;
            value($conn, $sensor);
            break;
        case(7):
            $sensor = 7;
            value($conn, $sensor);
            break;
        case(8):
            $sensor = 8;
            value($conn, $sensor);
            break;
    }
}

```

```

        case(9) :
        $sensor = 9;
        value($conn, $sensor);
        break;
        case(10) :
        $sensor = 10;
        value($conn, $sensor);
        break;
    }

}else if($seq == 4){
    $length = 4;
    $tabela = "agua";
    insere($conn, $length, $tabela);

}else if($seq == 5){
    $codigo = $_GET['cod'];
    $user = $_GET['user'];
    $local = $_GET['local'];
    if($codigo == '14524121847149'){
        $val = "Concedido";
    }else{
        $val = "Negado";
    }
    $sql = "INSERT INTO acessos (codigo, user, local, acesso) VALUES
('$codigo', '$user', '$local', '$val')";
    if (!$conn->query($sql)) {die("Erro na gravação dos dados em acessos");}
    $marcador = 0;
    $msg = "O utilizador ".$user." teve o acesso ".$val." para o espaço
".$local;
    $sql = "INSERT INTO log (user, msg, marcador) VALUES ('$user', '$msg',
$marcador)";
    if (!$conn->query($sql)) { die("Erro na gravação dos dados no BD"); }

}else if($seq == 15){
    //a variavel $length é o total de sensores mais 1
    $length = 5;
    $tabela = "potencia";
    insere($conn, $length, $tabela);
}
else{
    echo "dados enviados de origens desconhecidas - Nao tem permissão para
aceder ao servico";
}
closecon($conn);

?>

```

# Anexo H – Código da interface do sistema de gestão

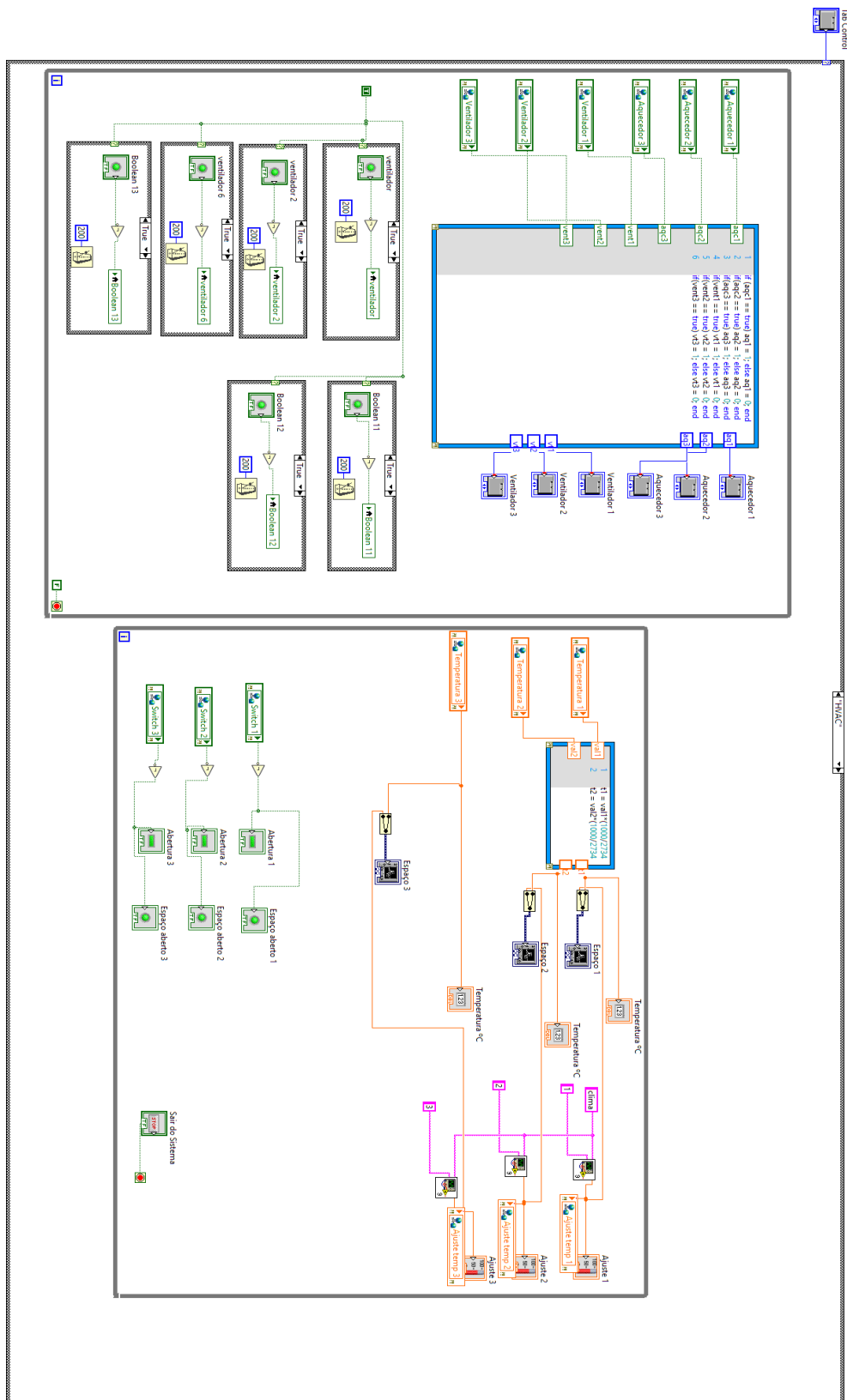


Figura H. 1 - Código para interface "AVAC".

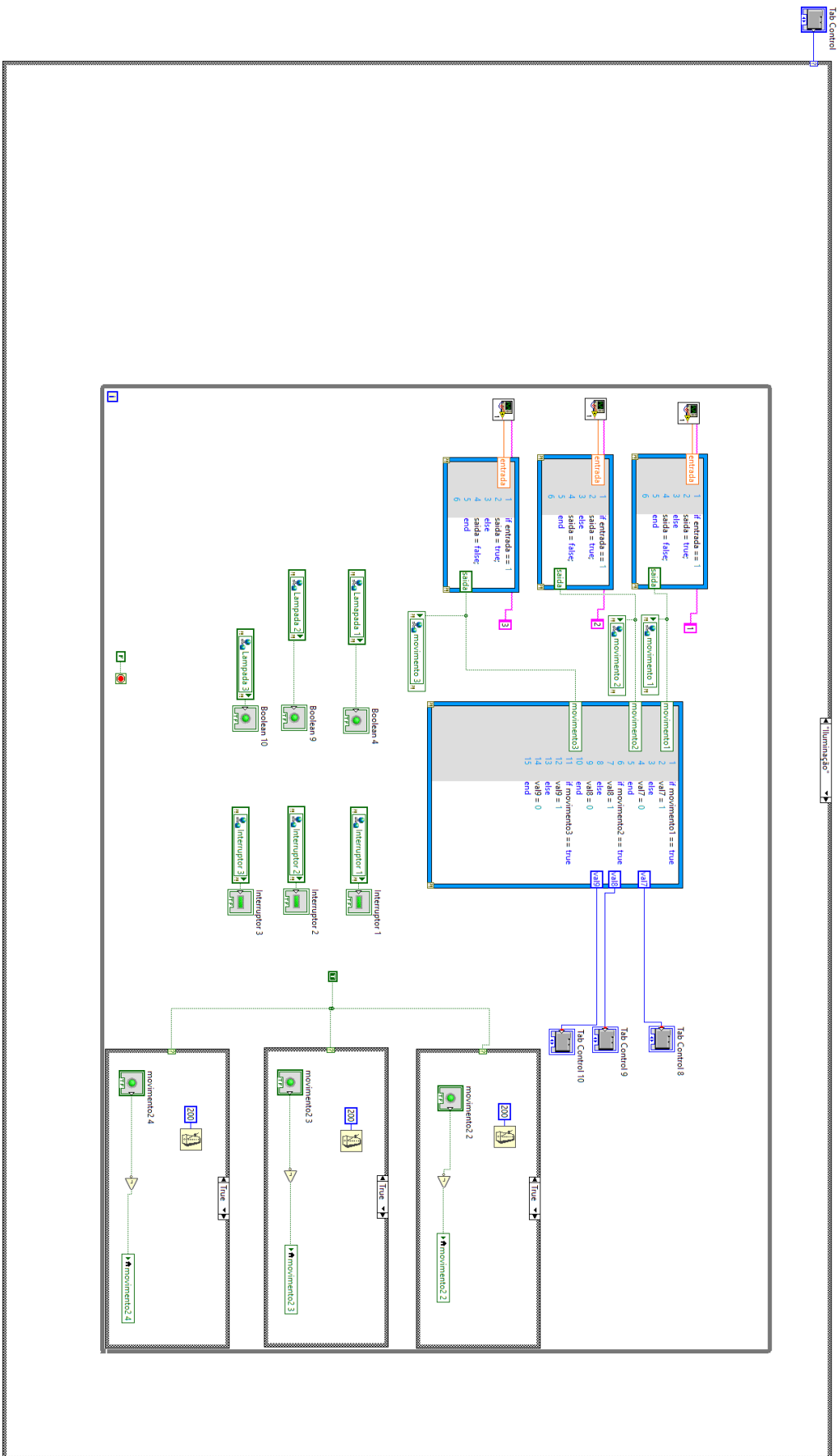


Figura H. 2 - Código para interface "Iluminação".

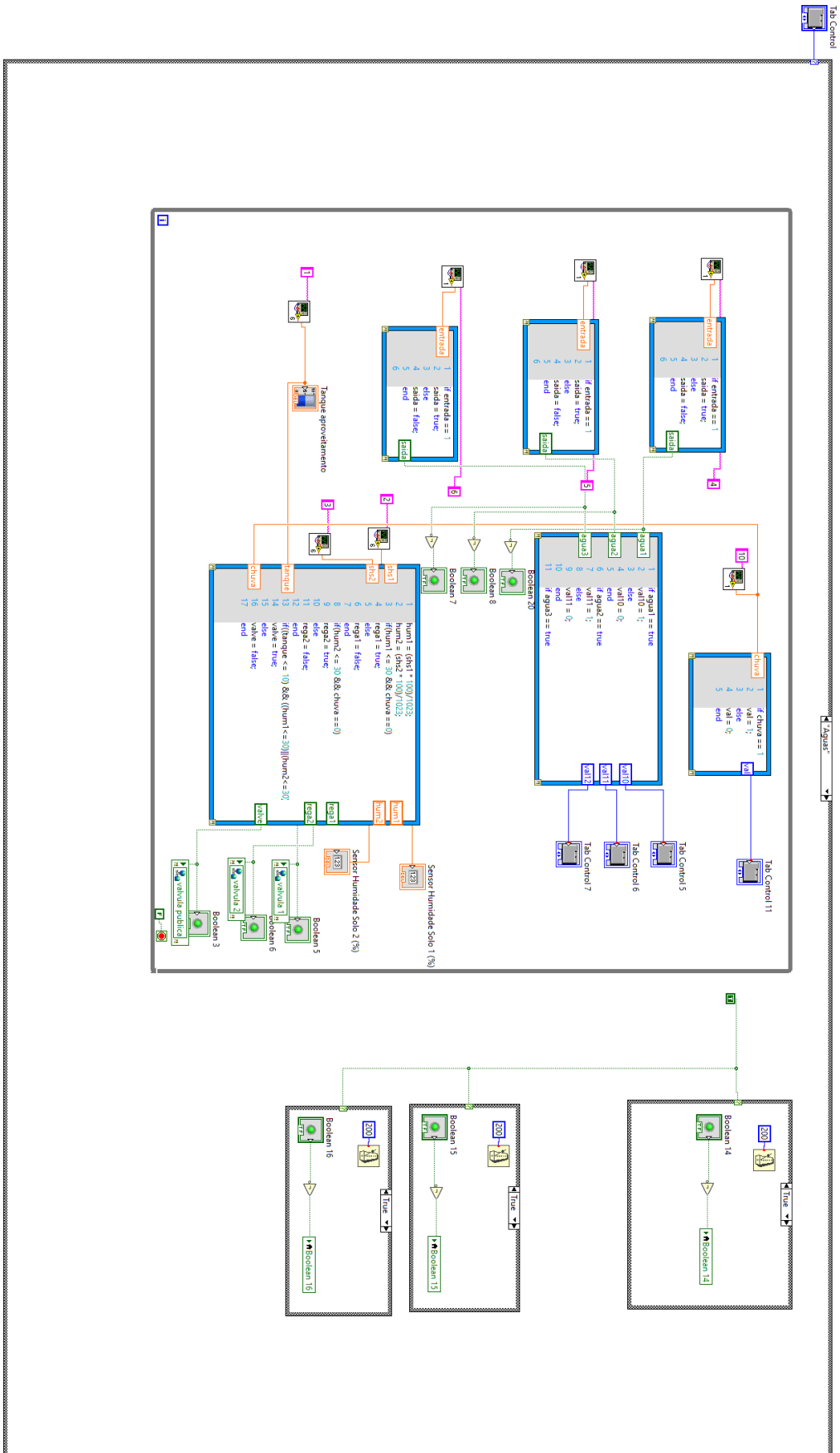


Figura H. 3 - Código para interface "Águas".

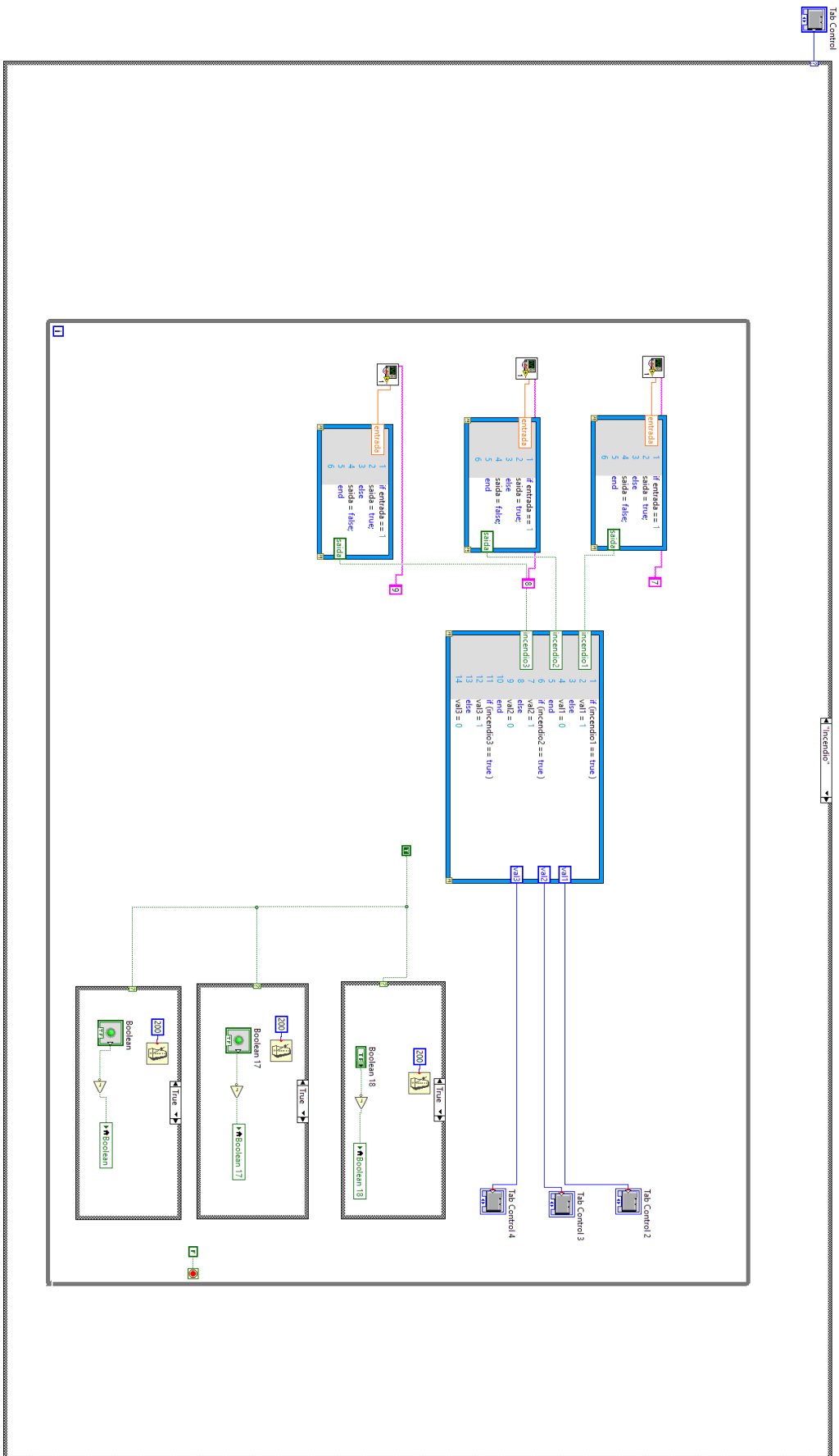


Figura H. 4 - Código para interface "Incêndio".

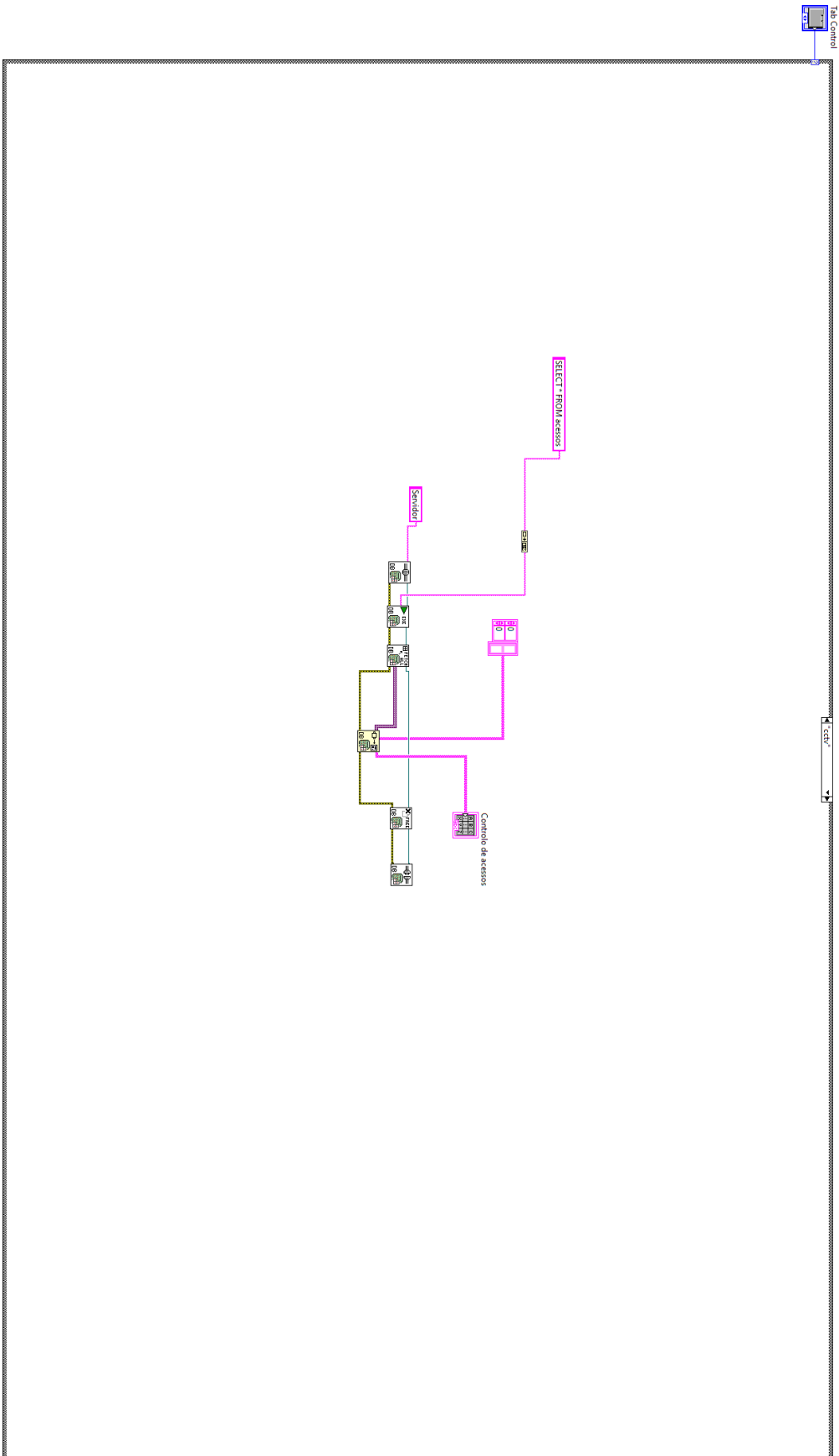


Figura H. 5 - Código para interface "CCTV e controlo de acessos".

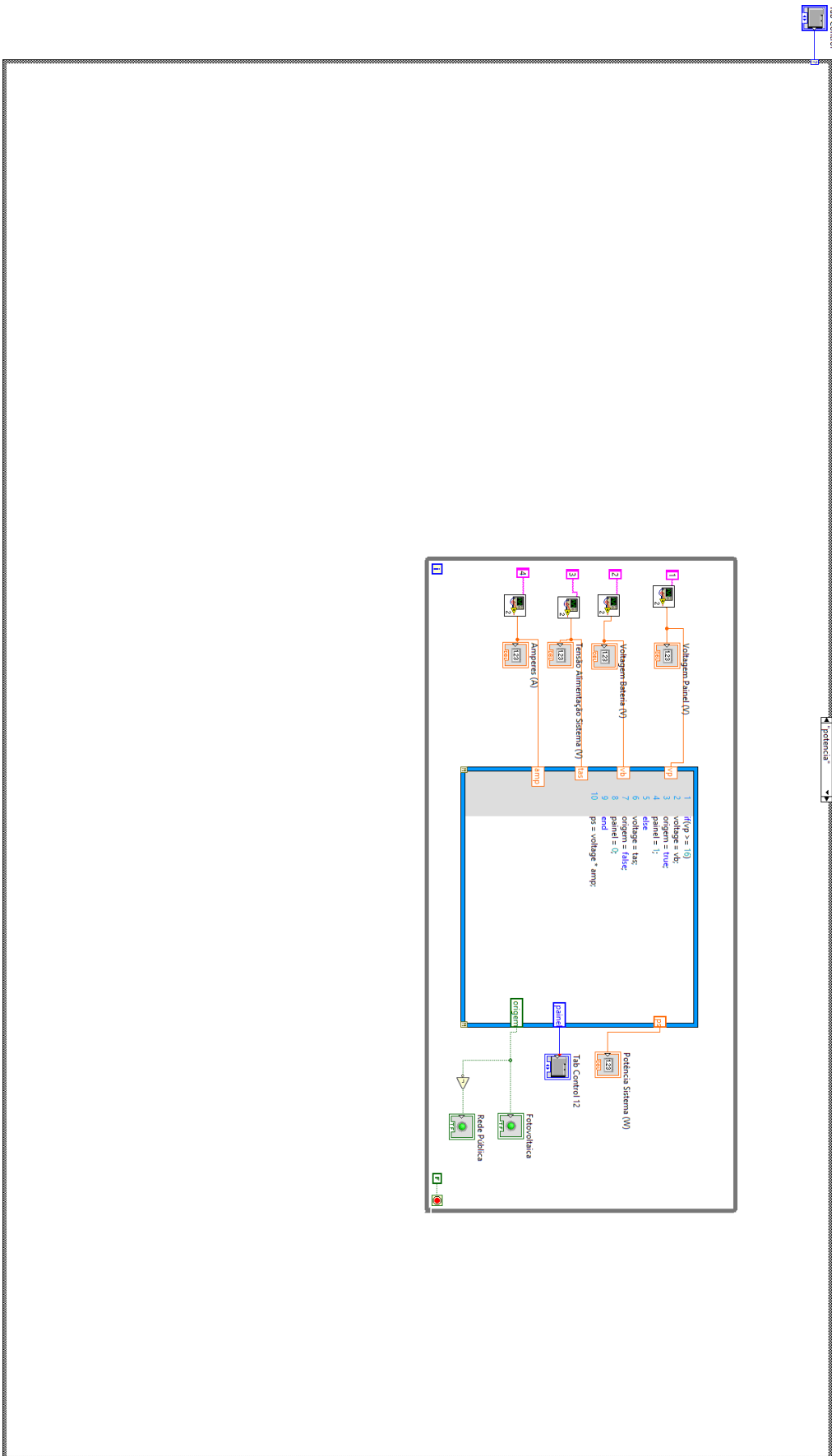


Figura H. 6 - Código para interface "Energia".

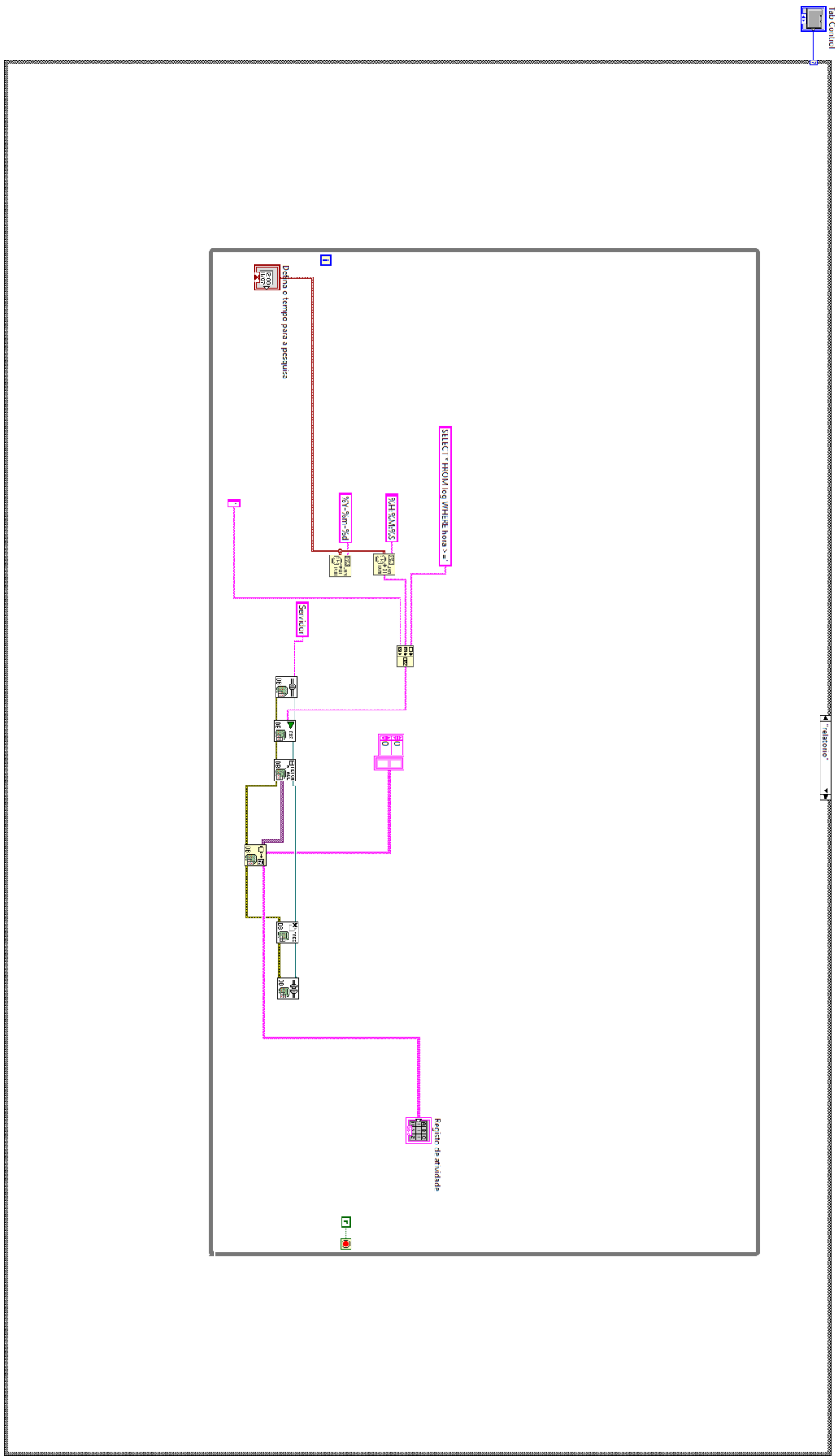


Figura H. 7 - Código para interface "Relatório".

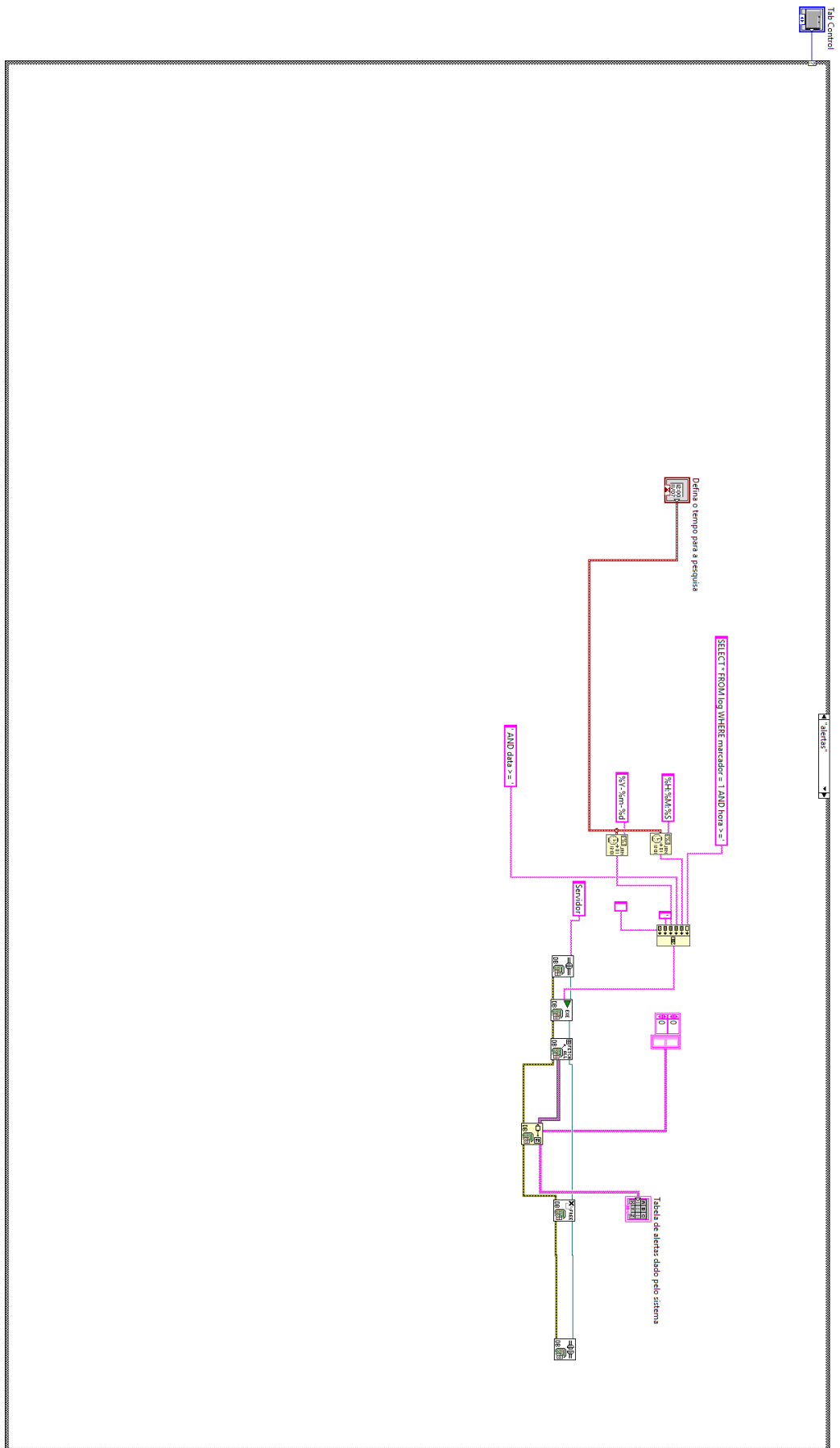


Figura H. 8 - Código para interface "Alertas".

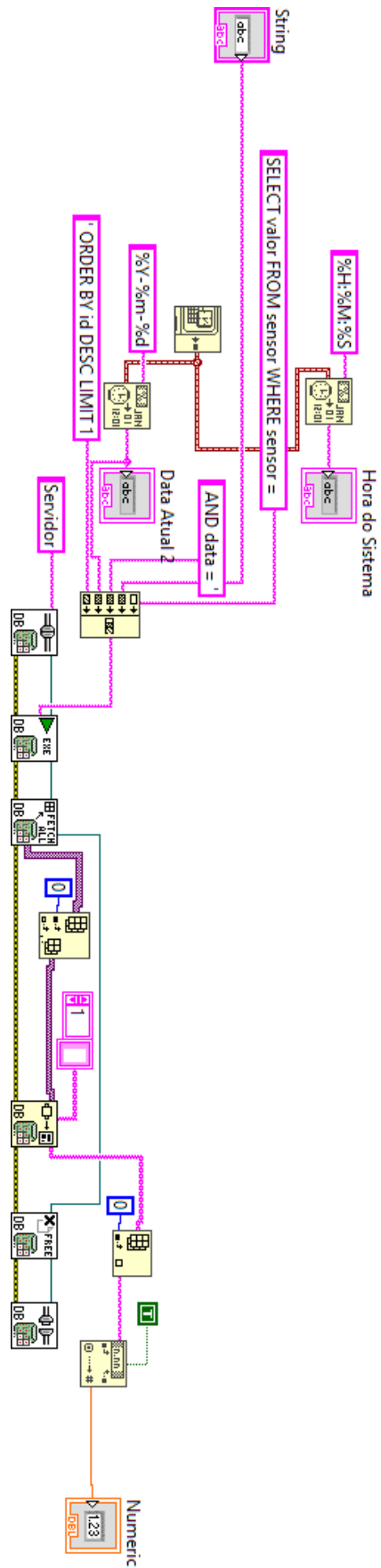


Figura H. 9 - Código para a pesquisa na base de dados.

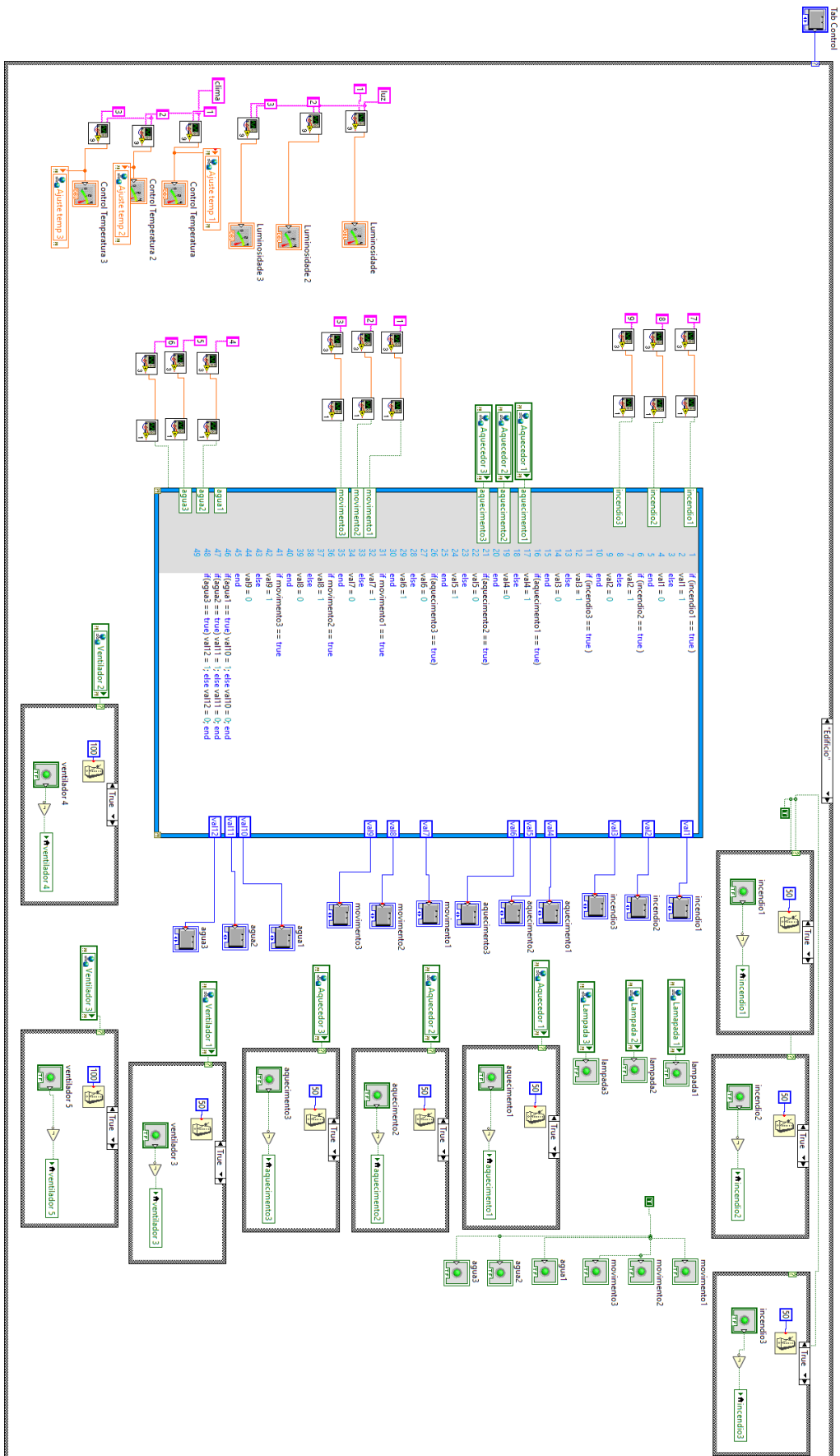


Figura H. 10 - Código para interface "Edifício".

# Anexo I – Simulações e resultados

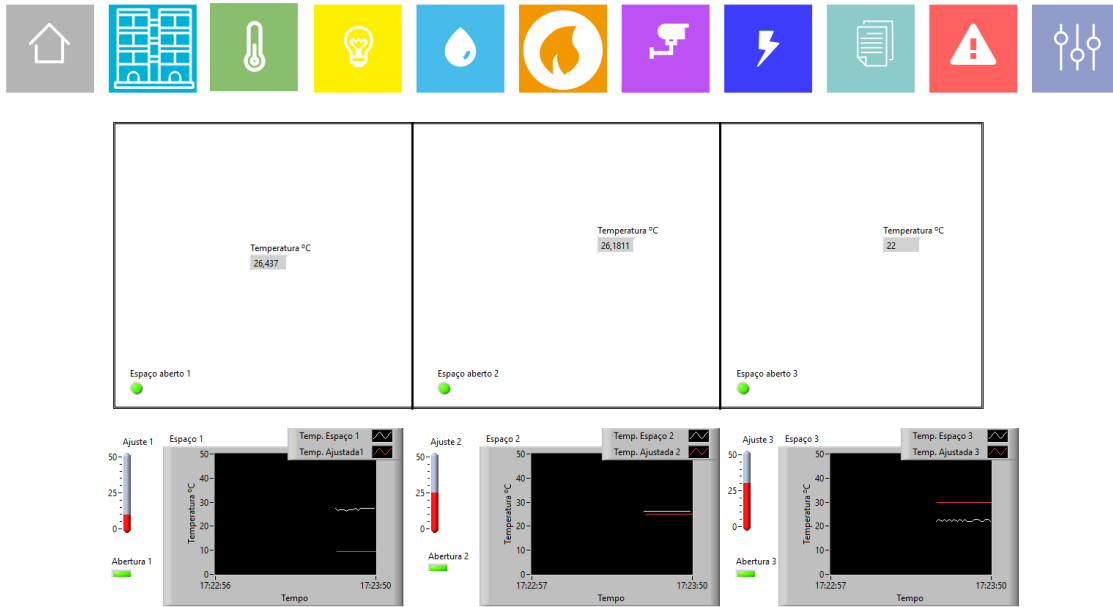


Figura I. 1 - Resultado obtido quando os espaços estão abertos.

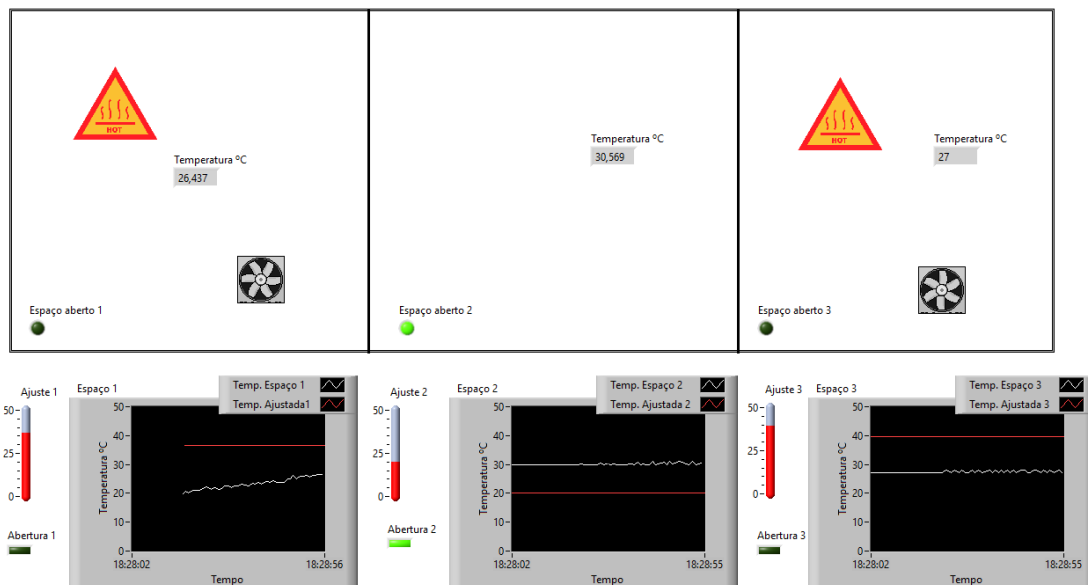


Figura I. 2 - Resultado obtido quando o utilizador define a temperatura, com o “espaço 2” aberto.

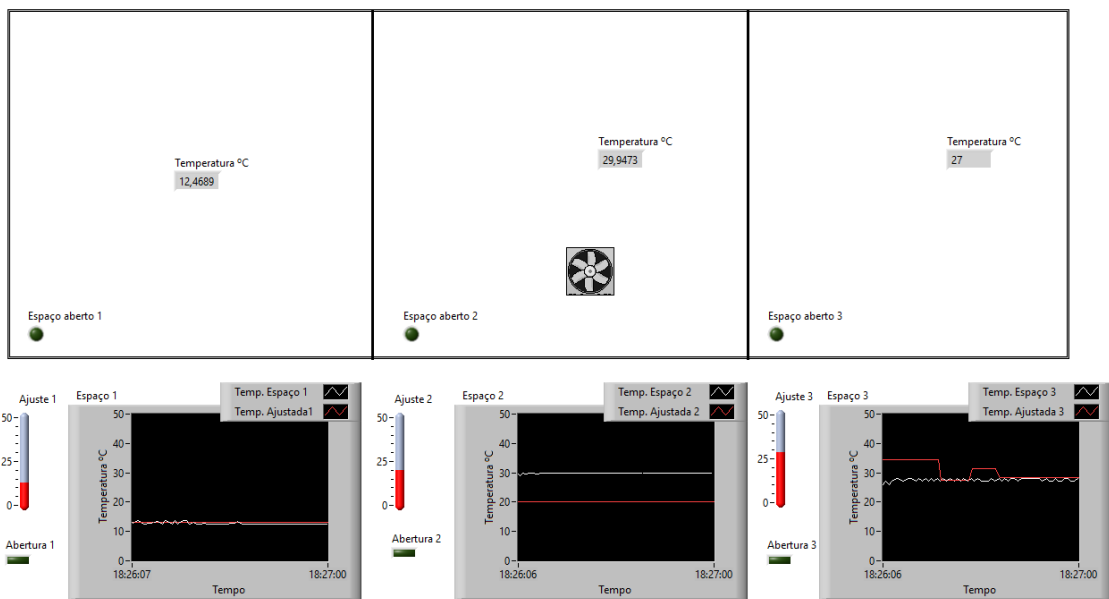


Figura I. 3 - Resultado obtido quando foi definido a temperatura, com os espaços fechados.

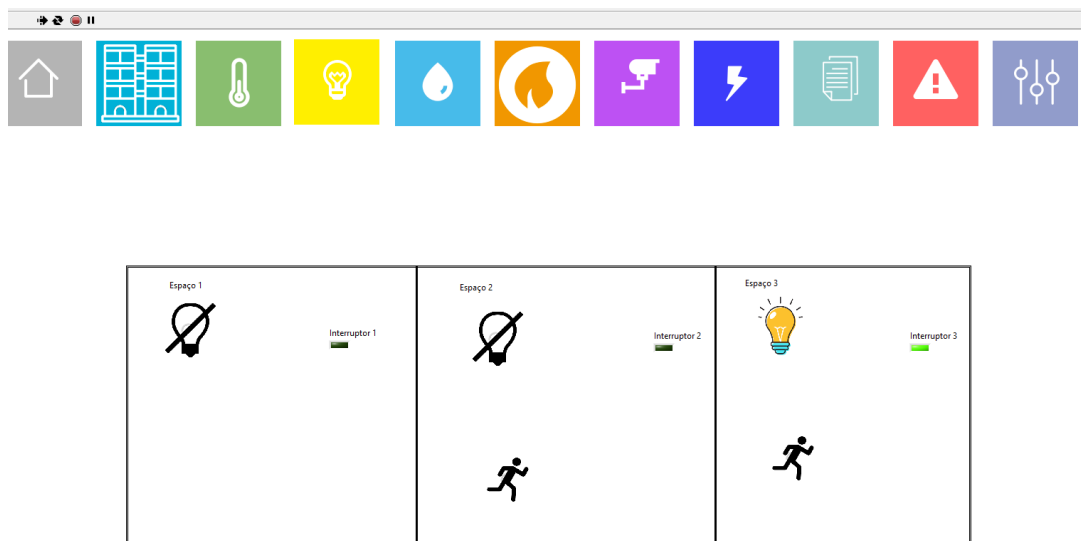


Figura I. 4 - Resultado obtido quando foi detetado movimento em dois espaços, em que o interruptor estava "On" e "Off".

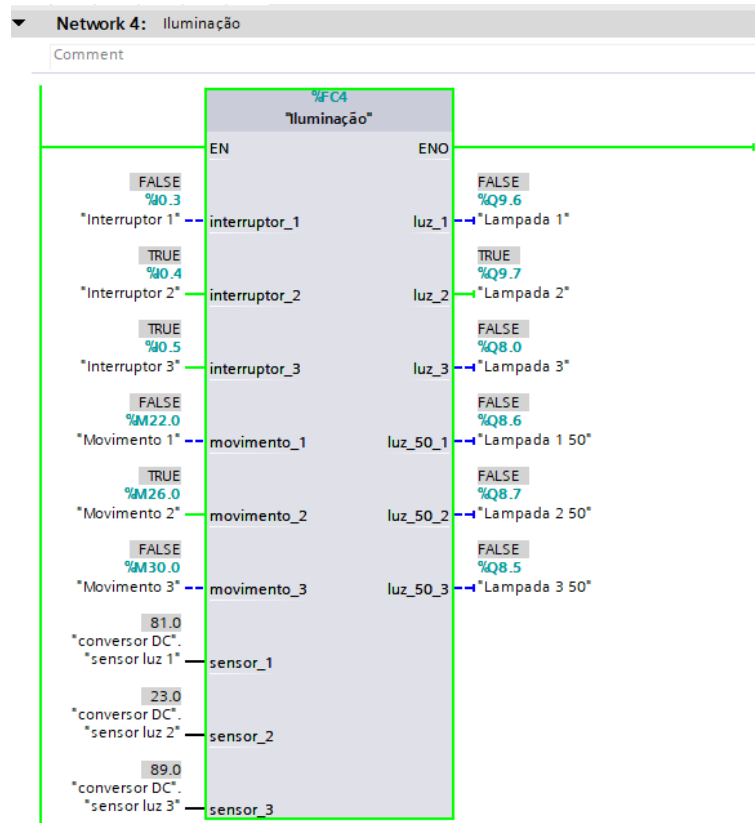


Figura I. 5 - Bloco responsável pelo controlo simulado no TIA Portal, quando a iluminação natural é inferior à iluminação artificial.

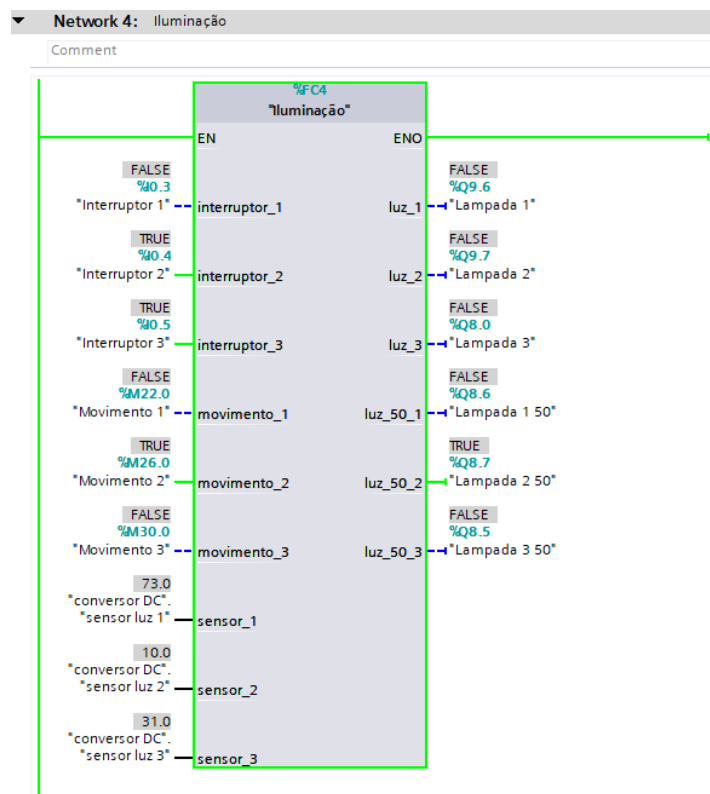


Figura I. 6 - Bloco responsável pelo controlo simulado no TIA Portal, quando a iluminação natural no espaço 2 é superior à iluminação artificial.



Figura I. 7 - Resultado obtido para a simulação de inundação.

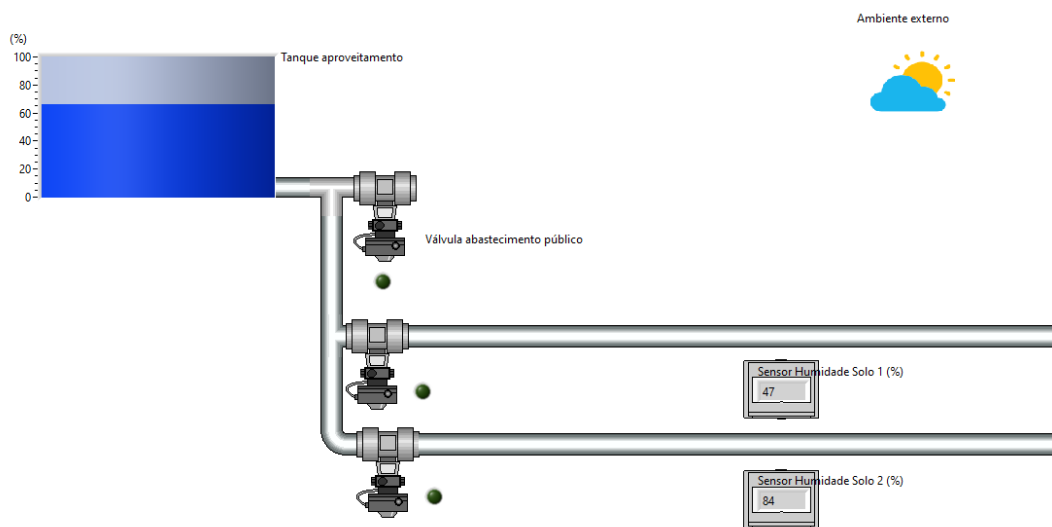


Figura I. 8 - Resultado obtido para a interface gráfica de rega.

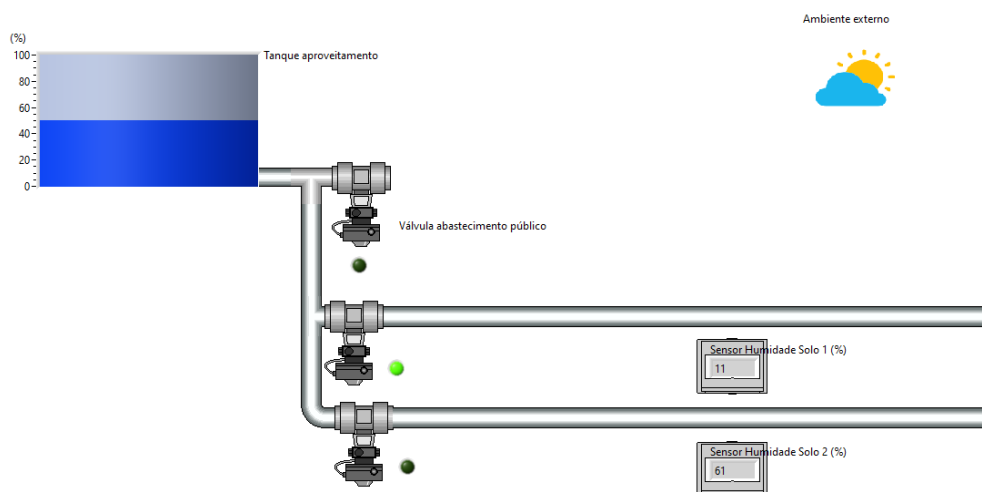


Figura I. 9 Resultado obtido quando o sistema de rega deteta que a humidade do solo no setor 1 é baixa.

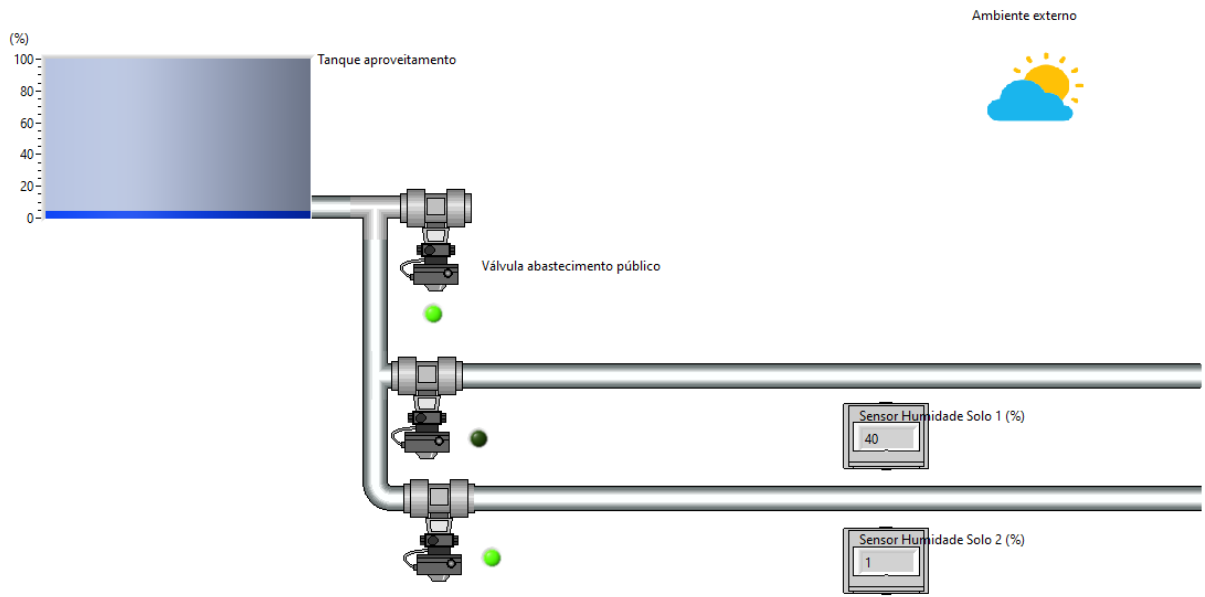


Figura I. 10 - Resultado obtido quando há necessidade de regar, mas não há água no tanque de aproveitamento.

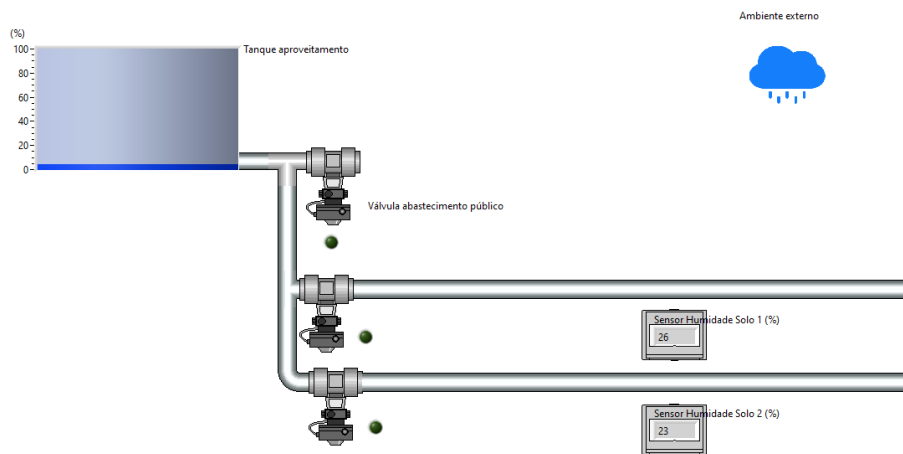


Figura I. 11 - Resultado obtido quando há necessidade de regar, mas está a chover.

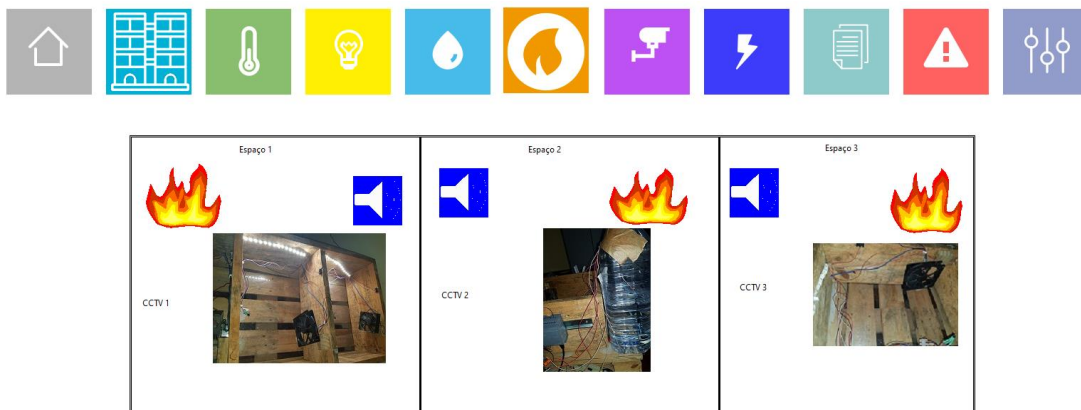


Figura I. 12 - Resultado obtido quando foram detetados incêndios nos três espaços.

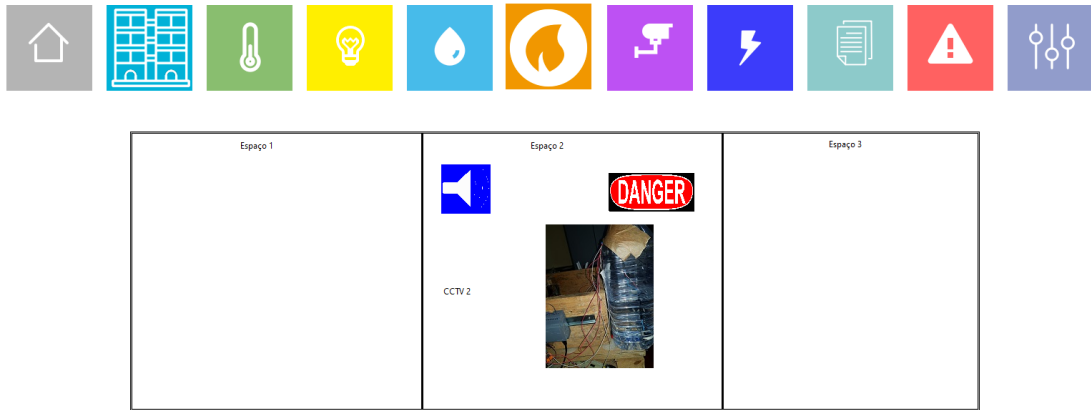


Figura I. 13 - Resultado obtido quando foi detetado apenas incêndio no espaço 2.

ID	Data	Data/Hora	Código	Utilizador	Espaço	Acesso
28	21/07/2020	25/08/2020 19:42:17	79524121947149	Desconhecido	1	Negado
29	21/07/2020	25/08/2020 19:42:21	14524121847149	Miguel Ornelas	1	Concedido
30	24/08/2020	25/08/2020 15:39:08	14524121847149	Miguel Ornelas	1	Concedido
31	24/08/2020	25/08/2020 15:39:09	14524121847149	Miguel Ornelas	2	Concedido
32	24/08/2020	25/08/2020 15:39:10	14524121847149	Miguel Ornelas	3	Concedido
33	24/08/2020	25/08/2020 15:39:10	79524121947149	Desconhecido	1	Negado
34	24/08/2020	25/08/2020 15:39:11	79524121947149	Desconhecido	2	Negado
35	24/08/2020	25/08/2020 15:39:11	79524121947149	Desconhecido	3	Negado
36	25/08/2020	25/08/2020 15:14:21	14524121847149	Miguel Ornelas	1	Concedido
37	25/08/2020	25/08/2020 15:14:23	14524121847149	Miguel Ornelas	2	Concedido
38	25/08/2020	25/08/2020 15:14:24	14524121847149	Miguel Ornelas	3	Concedido
39	25/08/2020	25/08/2020 15:14:25	79524121947149	Desconhecido	1	Negado
40	25/08/2020	25/08/2020 15:14:26	79524121947149	Desconhecido	2	Negado
41	25/08/2020	25/08/2020 15:14:26	79524121947149	Desconhecido	3	Negado
42	25/08/2020	25/08/2020 15:14:27	14524121847149	Miguel Ornelas	1	Concedido
43	25/08/2020	25/08/2020 15:14:27	14524121847149	Miguel Ornelas	2	Concedido
44	25/08/2020	25/08/2020 15:14:27	14524121847149	Miguel Ornelas	3	Concedido
45	25/08/2020	25/08/2020 15:14:28	79524121947149	Desconhecido	1	Negado
46	25/08/2020	25/08/2020 15:14:28	79524121947149	Desconhecido	2	Negado
47	25/08/2020	25/08/2020 15:14:28	79524121947149	Desconhecido	3	Negado
48	25/08/2020	25/08/2020 15:14:29	14524121847149	Miguel Ornelas	1	Concedido

Figura I. 14 - Resultado obtido quando foi simulado a interface gráfica do sistema de CCTV e controlo de acessos.

Figura I. 15 - Resultado obtido quando foi simulado a ausência de energia produzida pelo painel solar.

Defina o tempo para a pesquisa  
00:00:00,118  
25/08/2020

Tabela de alertas dado pelo sistema

ID	Data	Data/Hora	Utilizador	Marcador	Mensagem
177	25/08/2020	25/08/2020 09:42:16	Sistema	1	O sensor 5 detetou liquidos/inundacao
178	25/08/2020	25/08/2020 09:42:16	Sistema	1	O sensor 6 detetou liquidos/inundacao
179	25/08/2020	25/08/2020 10:59:09	Sistema	1	O sensor 4 detetou liquidos/inundacao
180	25/08/2020	25/08/2020 11:04:44	Sistema	1	O sensor 7 detetou incendio
181	25/08/2020	25/08/2020 13:44:04	Sistema	1	O sensor 8 detetou incendio
182	25/08/2020	25/08/2020 13:44:07	Sistema	1	O sensor 9 detetou incendio
184	25/08/2020	25/08/2020 14:55:28	Sistema	1	O sensor 7 detetou incendio
185	25/08/2020	25/08/2020 14:55:31	Sistema	1	O sensor 8 detetou incendio
186	25/08/2020	25/08/2020 14:55:33	Sistema	1	O sensor 9 detetou incendio
187	25/08/2020	25/08/2020 15:06:29	Sistema	1	O sensor 7 detetou incendio
188	25/08/2020	25/08/2020 15:06:36	Sistema	1	O sensor 9 detetou incendio
189	25/08/2020	25/08/2020 15:07:06	Sistema	1	O sensor 7 detetou incendio
190	25/08/2020	25/08/2020 15:07:35	Sistema	1	O sensor 7 detetou incendio
191	25/08/2020	25/08/2020 15:07:36	Sistema	1	O sensor 9 detetou incendio

Figura I. 16 - Resultado obtido quando foi feita a pesquisa na interface "Alertas".

Defina o tempo para a pesquisa  
00:00:00,118  
25/08/2020

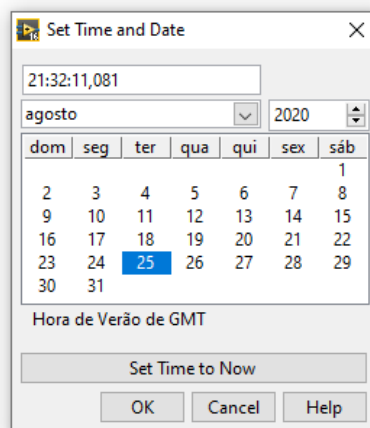


Figura I. 17 - Definição dos parâmetros de pesquisa na interface "Relatórios" e "Alertas".