



**isec**  
**Engenharia**

MESTRADO EM ENGENHARIA  
ELETROTÉCNICA

**Projeto e Instalação de Sistemas de  
Domótica**

DEFINITIVO

Autor

**Francisco Manuel Grácio Figueira**

Orientador

**Luís Marques**

Coimbra, 14 de dezembro 2021

INSTITUTO POLITÉCNICO  
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR  
DE ENGENHARIA  
DE COIMBRA



# isec

## Engenharia

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA  
ELETROTÉCNICA

### **Projeto e Instalação de Sistemas de Domótica**

Relatório de Estágio de Natureza Profissional para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Eletrotécnica

Especialização em Automação e Comunicações em Sistemas Industriais

Autor

**Francisco Manuel Grácio Figueira**

Orientador

**Luís Marques**

Supervisor na empresa Domonext – Domótica e sistemas integrados

**João Monteiro**

INSTITUTO POLITÉCNICO  
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR  
DE ENGENHARIA  
DE COIMBRA

Coimbra, 14 de dezembro 2021

## **AGRADECIMENTOS**

Desde já, pretendo agradecer em primeiro lugar à família, aos amigos, a todos os que apoiaram este percurso, a força e motivação transmitida para que fosse concretizada mais uma etapa.

Um agradecimento especial ao orientador de estágio do Mestrado de Engenharia Eletrotécnica, Doutor Luís Marques e ao coordenador de Mestrado Doutor Fernando Lopes, sem esquecer toda a equipa da empresa Domonext – Domótica e sistemas integrados, um especial agradecimento ao Engenheiro João Monteiro por todo o conhecimento transmitido ao longo do estágio.

Os mais sentidos agradecimentos vão para todos os meus colegas de curso e amigos, por todas as histórias e momentos proporcionados ao longo destes anos.

## RESUMO

A utilização da domótica em ambientes domésticos e empresariais, tem apresentado ao longo dos anos um crescimento exponencial. A designação domótica corresponde à automação de edifícios. A domótica tem como propósito acrescentar conforto ao seu utilizador de forma automatizada, a partir do controlo centralizado da iluminação, estores, climatização e segurança, podendo para além disso melhorar a eficiência energética. Com a demanda tecnológica têm surgido diversas tecnologias, contudo o Z-Wave tem um destaque especial, por ser uma tecnologia de domótica sem fios de baixo consumo energético, simples instalação em edifícios existentes ou em fase de planeamento.

Os trabalhos foram desenvolvidos, ao longo de oito meses e meio de estágio. Tiveram como principal foco a conceção, planeamento, instalação e programação dos módulos Z-Wave. Todas as competências adquiridas, resultaram na aprendizagem e experiência profissional. Tive a oportunidade de conhecer, avaliar e perceber as diferenças/limitações de diversas tecnologias de sistemas de domótica e segurança.

A tecnologia Z-Wave apresenta uma elevada versatilidade de instalações, pelo que nos projetos/trabalhos desenvolvidos apresentou-se ao cliente uma solução mais eficaz em cada intervenção, que proporcionará o máximo conforto e versatilidade ao seu utilizador.

**Palavras-Chave:** Domótica, Z-Wave, Sistema de Gestão, Controladores

## **ABSTRACT**

The use of home automation in domestic and business environments has shown exponential growth over the years. The designation home automation corresponds to building automation. The purpose of home automation is to add comfort to its user in an automated way, from the centralized control of lighting, blinds, climate control and security, in addition to improving energy efficiency. With the course of technological demand, several technologies have emerged, however the Z-Wave has a special highlight, for being a wireless technology with low energy consumption, simple installation in existing buildings or in the planning stage.

The work developed during eight and a half months of internship. Their main focus was on the conception, planning, installation and programming of the Z-Wave modules. All acquired skills resulted in learning and professional experience. I had the opportunity to know, evaluate and understand the differences/limitations of various technologies for home automation and security systems.

The Z-Wave technology presents the high versatility of installations, in the projects/works developed, a more effective solution was presented to the customer in each intervention, which will provide maximum comfort and versatility to its user.

**Keywords:** Home Automation, Z-Wave, Management System, Controllers

## ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	i
RESUMO .....	ii
ABSTRACT .....	iii
ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vi
ÍNDICE DE QUADROS.....	viii
SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS.....	ix
1 INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Enquadramento do tema .....	1
1.2 Objetivos e Metodologia .....	1
1.3 Estrutura do documento .....	2
2 Automação de edifícios.....	3
2.1 Domótica .....	3
2.2 Internet of Things .....	4
2.3 Topologias de rede.....	5
2.3.1 Topologia em Estrela (Star) .....	5
2.3.2 Topologia em Anel (RING).....	6
2.3.3 Topologia em Bus (barramento) .....	6
2.3.4 Topologia em Mesh (malha) .....	6
3 Tecnologias de domótica .....	9
3.1 Z-WAVE.....	9
3.2 ZigBee .....	12
3.3 KNX .....	13
3.4 Conclusão .....	15
4 Protocolo Z-Wave.....	17
4.1 Controladores (Master).....	17
4.2 Escravos (Slaves) .....	18
4.3 Camadas do protocolo de comunicação .....	18
4.3.1 Camada Física.....	18
4.3.2 Camada de rede .....	19
4.3.3 Camada de transporte.....	20
4.3.4 Camada de aplicação.....	21
4.4 Segurança Z-Wave.....	22

5 Equipamentos Z-Wave .....	25
5.1 Módulo de iluminação .....	25
5.2 Módulo de estores .....	26
5.3 Módulo RGBW .....	27
5.4 Sensor de inundação .....	28
5.5 Sensor de incêndio .....	29
5.6 Módulo de cabeça termostática para radiador .....	30
5.7 Termóstato ambiente de piso radiante .....	31
5.8 Sensor MultiSensor 6 .....	32
5.9 Sensor de porta ou janela .....	33
5.10 Extensor de sinal IR .....	34
5.11 Medidor de energia .....	34
5.12 Controladores Vera .....	35
5.13 Controladora Zipato .....	36
5.14 Conclusão .....	38
6 Trabalhos realizados .....	39
6.1 Videoporteiro Zipato .....	39
6.2 Atualização da domótica de uma habitação .....	43
6.3 Moradia urbana .....	50
6.4 Moradia rural .....	55
6.4.1 Sistema CCTV .....	55
6.4.2 Vídeo porteiro .....	56
6.4.3 Central de Alarme .....	57
6.4.4 Domótica Z-Wave .....	59
6.4.5 Futuras melhorias do sistema .....	60
7 CONCLUSÃO .....	61
ANEXOS .....	65
Especificações dos chips Z-Wave .....	65
Frequências da rede Z-Wave nas diversas regiões .....	66
Mapeamento das entradas e saídas do autómato .....	66
Anexo - plantas .....	67
Atualização da domótica existente .....	67
Moradia Urbana planta .....	68
Moradia rural planta .....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Edifício inteligente [4]	4
Figura 2 - Tipos de Topologia de rede [5]	5
Figura 3 - Topologia em malha completa do lado esquerdo e malha parcial do lado direito [5]	7
Figura 4 - Cronologia tecnologia ao longo dos anos e alguns avanços tecnológicos importantes [10]	9
Figura 5 – Identificar um dispositivo Z-Wave [12]	11
Figura 6 - Topologias de comunicação [18]	12
Figura 7 - Esquema da comunicação BUS KNX [20]	14
Figura 8 - Exemplo de codificação e modulação [25]	18
Figura 9 - Na esquerda uma topologia de rede e na direita representa a tabela de rede [22]	20
Figura 10 – Estrutura da frame [11]	20
Figura 11 - Fluxo da transmissão singlecast [22]	21
Figura 12 - Segurança de mensagem [27]	23
Figura 13 - Módulo de iluminação e respetivas ligações [29]	26
Figura 14 – Monitorização do consumo energético [31]	26
Figura 15 - Módulo de estores e suas ligações [31]	27
Figura 16 – Módulo RGBW e respetivas ligações [32]	28
Figura 17 - Sensor de inundação e respetivas ligações [33]	29
Figura 18 - Sensor de incêndio [34] [35]	29
Figura 19 - Cabeça termostática [37]	30
Figura 20 - Representação da temperatura definida [38]	31
Figura 21 - Esquema de ligação do chão radiante térmico (central e esquerda) e elétrico(direita) [39]	32
Figura 22 - Exemplo de termostato ambiente de parede [39]	32
Figura 23 - Sensor de movimento e indicação dos restantes sensores acoplados [41]	33
Figura 24 - Sensor de abertura de porta [43]	33
Figura 25 - Sensor de sinal infravermelhos (ZXT-120) [44]	34
Figura 26 - Contador de energia elétrica monofásico (Qubino Smart Meter) [45]	35
Figura 27 - Vera Edge (esquerda), Vera Plus (centro) e Vera Secure (direita) [26]	35
Figura 28 - Zipatile 2	37
Figura 29 - Criação de uma regra para acionar a electroválvula da água	38
Figura 30 - Zipatile instalada em todos as frações	40
Figura 31 - Aceder ao intercom e criação do SIP Server	41
Figura 32 - Endereço SIP Server criados	41
Figura 33 - Configuração da botoneira (nome, endereço SIP, user, password)	42
Figura 34 - Botoneira do prédio	43
Figura 35 - Domótica existente no edifício	44
Figura 36 - Módulo de estores.	45
Figura 37 - Módulo de iluminação.	45
Figura 38 - Esquema da implementação da electroválvula [29]	46
Figura 39 - Criação de um cenário	47
Figura 40 – 3ª etapa de criação do cenário	47
Figura 41 - Lista de cenários	48
Figura 42 - Configurações do alarme	49
Figura 43 - Modos do alarme	49
Figura 44 - Lista de dispositivos	49
Figura 45 - Mostrando da domótica na aplicação	50

Figura 46 – Módulo Z-Wave de iluminação (à esquerda) e montagem (à direita) -----	51
Figura 47 - Aparelhagem Touch-----	51
Figura 48 - Coletor do chão radiante -----	51
Figura 49 - Ventilador conector -----	52
Figura 50 - Esquema do controlo de quente e frio -----	52
Figura 51 - Ligações do quente e frio na bomba de calor [47] -----	53
Figura 52 - Configurações dos termostatos virtuais -----	53
Figura 53 - Criação de cenários-----	54
Figura 54 - Exemplo da aplicação CCTV -----	56
Figura 55 - Vídeo porteiro IP Safire -----	56
Figura 56 - Central de alarme Versa 10 -----	57
Figura 57 - Esquema de ligação dos sensores de movimento [48] -----	57
Figura 58 - Teclado de controlo Satel LED -----	58
Figura 59 – Módulo de iluminação Z-Wave -----	59
Figura 60 – Mostra a iluminação e estores na aplicação-----	60
Figura 61 - Atualização da domótica existente-----	67
Figura 62 - Moradia urbana planta-----	68
Figura 63 - Piso -1-----	68
Figura 64 - Piso 0-----	69
Figura 65 - Piso 1-----	69

## ÍNDICE DE QUADROS

Tabela 1 - Frequência Z-Wave uns alguns países [11] .....	10
Tabela 2 – Algumas especificações de Hardware [13] [15].....	11
Tabela 3 - Comparação de tecnologias .....	16
Tabela 4 - Modulação [24] .....	19
Tabela 5 - Reserva de endereços Z-Wave [22].....	21
Tabela 6 - Temperaturas selecionada por cor [36] .....	31
Tabela 7 - Especificações dos controladores [26] .....	36
Tabela 8 - Especificações do chip [13] [15] .....	65
Tabela 9 - Frequências da rede Z-Wave [11].....	66
Tabela 10 - Mapeamento da entradas e saídas do autômato .....	67

## SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS

AES	Advanced Encryption Standard
ACK	Acknowledgements
ECDH	Elliptic Curve Diffie-Hallman
EEPROM	Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory
EOF	End of Frame
ETS	EIB Tool Software
FSK	Frequency-Shift Keying
GFSK	Gaussian Frequency-Shift Keying
IOT	Internet of Things
IP	Internet Protocol
LAN	Local Area Network
LED	Light-emitting Diode
MAC	Message Authentication Code
NRZ	Non-Return-To-Zero
OTA	Over-the-air
OTP	One-Time-Programmable
PAN	Private Area Network
POE	Power Over Ethernet
PRNG	Pseudo Random Number Generator
PWM	Pulse Width Modulation
RAM	Random Access Memory
RF	Radio Frequency
RGBW	Red Green Blue White
SOF	Start of Frame
TCP/IP	Transmission Control Protocol/ Internet Protocol
WLAN	Wireless Local Area Network
WAN	Wide Area Network
SIP	Session Initiation Protocol



## 1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão apresentados os principais objetivos e contribuições inerentes ao trabalho, além do enquadramento do tema e estrutura do documento.

### 1.1 Enquadramento do tema

A palavra domótica é utilizada para referir automação de edifícios. O sistema de domótica vai gerir os dispositivos elétricos e eletrónicos com o mínimo de intervenção humana. A capacidade de automatizar o edifício, corresponde às necessidades e exigências do utilizador. Nos últimos anos os sistemas sem fios tornaram-se populares nas redes de domótica, introduzindo vantagens relacionadas com custos de instalação (redução do custo), possibilidade de conectividade à internet, segurança, sistema escalável e expansível (acrescentar mais funcionalidades). A conectividade possibilita a monitorização e controlo de diversos equipamentos, sendo de referir o controlo de iluminação, estores, climatização, sistemas de segurança e monitorização dos consumos energéticos do edifício. A tecnologia Z-Wave apresenta alguns fatores de destaque, como uma frequência dedicada à transmissão das mensagens, que não interfere com a banda de 2.4 GHz, apresentando um baixo consumo energético e alto desempenho. A existência de uma diversidade de módulos e compatibilidade entre diversos fabricantes, permite integrar os módulos no sistema e a interligação dos mesmos, numa única APP.

### 1.2 Objetivos e Metodologia

O estágio curricular de mestrado, realizado na empresa Domonext,LDA, teve como principal objetivo a obtenção de conhecimentos teóricos e práticos na área de automação de edifícios e segurança. A aquisição do conhecimento obtido a partir do desenvolvimento de projetos, sobre automação de edifícios e soluções de segurança. Começado pela adaptação à empresa e aprendizagem/pesquisa sobre as diversas tecnologias e diversidade de configurações dos dispositivos.

A tecnologia de automação de edifícios comercializada pela empresa Domonext é o Z-Wave. O processo de aprendizagem, teve um fator essencial com a disponibilização de módulos e controladora Z-Wave, com o objetivo de realizar testes e configurações dos respetivos módulos. Isto permitiu alargar os conhecimentos e analisar as capacidades do sistema, (possibilitando um pensamento mais aberto) em relação ao planeamento e às potencialidades da tecnologia Z-Wave.

Adquiriram-se as seguintes competências no decorrer do estágio:

- Conhecimentos sobre domótica;
- Conhecimento detalhado do protocolo Z-Wave;
- Análise das implementações de interface e comunicação;
- Desenvolvimento de cenários/macros;
- Integração de outros dispositivos.

### 1.3 Estrutura do documento

Este relatório, apresenta todo o trabalho e descreve o conhecimento adquirido ao longo de oito meses e meio de estágio curricular, na empresa Domonext.LDA. O estágio é enquadrado na unidade curricular de Estágio do 2º ano, do Mestrado de Engenharia Eletrotécnica – Automação e Comunicações em Sistemas Industriais, no Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.

O relatório consiste na abordagem dos vários temas.

No segundo capítulo é elaborada uma breve introdução sobre domótica, Internet of Things e topologias de rede.

O terceiro capítulo, descreve algumas tecnologias de domótica, tais como, ZigBee, Z-Wave e KNX, além de uma breve comparação entre elas.

No quarto capítulo, descreve-se o funcionamento da tecnologia Z-Wave e o protocolo de comunicação.

No quinto capítulo, são apresentados diversos equipamentos Z-Wave, aplicações e a sua forma de instalação. Os equipamentos incluem controlo de iluminação, estores, aquecimento, sensores de intrusão, sensores de incêndio ou inundação e contador de energia.

No sexto capítulo, serão apresentados os projetos realizados ao longo do estágio, desde o planeamento do projeto até à execução das obras Videoproteiro Zipato, atualização da domótica de uma habitação, moradia urbana e moradia rural.

Finalmente o sétimo e último capítulo, contém as conclusões retiradas ao longo do estágio curricular em termos profissionais e pessoais.

## 2 Automação de edifícios

### 2.1 Domótica

Os sistemas de domótica possuem a capacidade de controlar diversas funcionalidades, como por exemplo o controlo de estores, iluminação, climatização, sistema de rega, visualização da videovigilância, porteiro, consumos energéticos, monitorização dos diversos tipos de sensores informativos (temperatura, humidade do ar, intensidade de iluminação) e sensores de segurança (inundação, incêndio, movimento, abertura de porta), com diversas aplicações na automatização de um edifício. A utilização destes equipamentos, pode acrescentar diversas vantagens, em termos de conforto, segurança, eficiência energética e capacidade de monitorizar todos os locais em qualquer lugar [1] [2].

Os sistemas de domótica ao longo dos anos incluíram a possibilidade de ligar à Internet, a partir de uma gateway que permite a ligação remota ao sistema. A escolha do sistema passa por analisar as funcionalidades que o proprietário deseja obter para o edifício, com a aquisição de um sistema que conjuga todas as funcionalidades integradas. Na fase seguinte, analisa-se as restrições do proprietário e o estado do edifício. Caso se encontre em fase de construção, permite escolher a tecnologia para todos os tipos de soluções existentes no mercado. Num edifício concluído, entra o inconveniente da cablagem tradicional (se não for permitido alterações no edifício), que limitará a aplicação de diversos sistemas de domótica. As opções de instalação, neste último caso, passam pelas tecnologias de rádio frequência ou powerline (sem alterar a cablagem existente).

Caso o sistema se encontre conectado a internet, é um dos fatores a considerar na escolha da tecnologia. Que seja capaz de obter todos os sistemas agregados numa única aplicação. Reduzindo a instalação de diversas aplicações no smartphone e mudarem de aplicação constantemente (por exemplo uma APP para os estores e uma para ar-condicionado) [2].

Um dos desafios da domótica é o elevado custo de fabrico, custo de instalação, suporte e interfaces de utilização complexa. O desenvolvimento de diversas tecnologias e o aumento da capacidade de processamento, permitiu obter interfaces de dimensões reduzidas e com menor custo. Assim sendo, a domótica conseguiu chegar à classe média, ampliando o seu número de utilizadores.

Independentemente da tecnologia de domótica a instalar no edifício e do funcionamento do sistema. O principal objetivo é tornar um edifício inteligente e interativo, na obtenção de conforto e segurança para o seu proprietário.

## 2.2 Internet of Things

O termo IoT (Internet of Things), descreve a evolução e convergência de várias tecnologias, permitindo preencher lacunas entre tecnologias e completando a sua interligação com outros sistemas, além de obter informação dos dispositivos. A obtenção de informação, depende da tarefa a desempenhar pelo equipamento e a importância da sua função, como por exemplo conectar todos os caixotes do lixo a uma rede, com um sensor de peso para planear a rota e economizando combustível [3].

A automação residencial tem oferecido uma gama vasta de soluções aos seus utilizadores, na perspectiva de acrescentar conforto, segurança, melhorar a eficiência energética e proporcionar um incremento de conectividade, através de uma aplicação para smartphone ou dispositivos da rede. O conceito geral é possuir uma centralização de informação, a um simples clique e fácil acesso em qualquer ponto do planeta terra, sendo referido que tenha uma conexão à internet. No entanto essa conectividade tem associados diversos riscos. Qualquer dispositivo ligado a internet é potencialmente alvo de hackers. No intuito de obter uma rede mais fiável, os fabricantes de diversas marcas apostam cada vez mais em desenvolver firmware, cada vez mais seguro e com atualizações recorrentes [4]. A Figura 1 descreve um exemplo de automatização de edifícios, representando as funcionalidades integradas no sistema.



Figura 1 - Edifício inteligente [4]

## 2.3 Topologias de rede

A topologia de rede representa a ligação de dois ou mais equipamentos numa rede, através de um meio de comunicação de dados e partilha de recursos. A forma de comunicação entre zonas de trabalho e servidores, interligados entre os mesmos, permitem ser conectados de diversas formas, como será explicado.

Os tipos básicos de topologia em estrela, topologia em anel, topologia em bus (barramento) e topologia em mesh (malha), encontram-se representados na Figura 2.

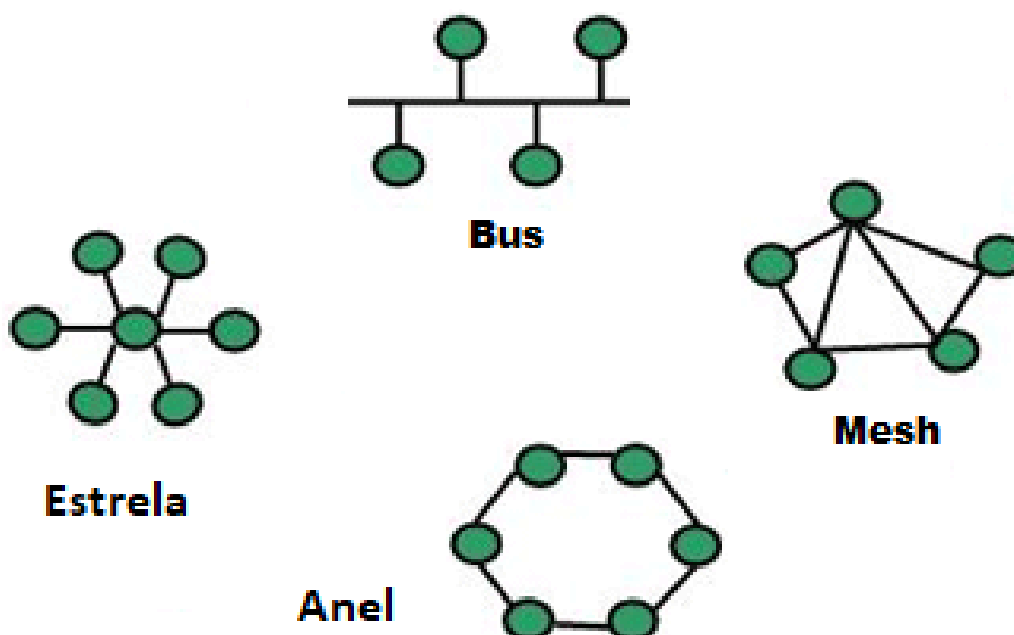


Figura 2 - Tipos de Topologia de rede [5]

### 2.3.1 Topologia em Estrela (Star)

Nesta topologia, cada switch encontra-se ligado individualmente a uma unidade central, criando uma estrela. A topologia em estrela para fornecer redundância necessita de dois links para cada switch em que são agregados por link. Os switch comunicam com a central individualmente, de forma sequencial ou em simultâneo. A unidade central representa um único ponto de falha e é importante ter um segundo switch, que deveria usar uma tecnologia de empilhamento de chassi como o Virtual Chassis Stacking (VCS) para permitir que ambos os switches sejam gerenciados como um único switch. As principais vantagens desta topologia são o fácil diagnóstico de falhas, boa performance, ser fácil de configurar, boa largura da banda e expansível. A desvantagem em redes cabladas é a quantidade de cabos utilizados [5].

### 2.3.2 Topologia em Anel (RING)

A topologia em anel é constituída por ligações de switch adjacentes em ambos os lados, criando um anel ou loop. Cada cabo de ligação ao dispositivo seguinte, fornece o benefício de adicionar redundância, com o objetivo de fazer um anel, mas tem a desvantagem de exigir um protocolo Spanning Tree Protocol (STP). A rede funciona em círculo, sendo de referir que basta a interrupção do caminho para o sistema falhar [5]. Quando ocorre uma falha de rede, os switch devem limpar as tabelas internas e iniciar uma aprendizagem da topologia. A iniciar o processo de aprendizagem irá interromper o serviço devido ao tempo de recuperação do sistema.

### 2.3.3 Topologia em Bus (barramento)

Um conjunto de dispositivos, encontram-se ligados através de derivações ao longo do cabo Bus onde todos os nós são conectados a um único cabo, por meio de conectores de dispositivos, em que o cabo central vai realizar a interligação de todos os dispositivos e cada estação de trabalho comunica com o outro dispositivo pelo barramento. Desta forma é reduzida a instalação de cabo. Caso algum dispositivo deixe de funcionar, a rede não é prejudicada a 100%, porque os restantes dispositivos continuam a comunicar. A topologia de barramento comunicará por endereços de dados. No decorrer de múltiplas transmissões de dados, o sistema pode tornar-se lento e difícil de gerir, além dos dispositivos não poderem transmitir em simultâneo [5].

### 2.3.4 Topologia em Mesh (malha)

A topologia de uma rede em mesh surge no início dos anos 70, desenvolvida para usos militares e tornou-se um produto comercializado na década de 90. A topologia de rede em mesh tinha como principal inconveniente o elevado custo de instalação, referindo que os servidores necessitavam de ter interligações diretas entre eles. Ao decorrer dos anos, surgiram avanços tecnológicos, que tornaram as redes mesh novamente usuais, recorrendo à comunicação sem fios. No caso das redes sem fios, não necessitamos de cablagem [6].

As redes em mesh possuem 2 tipos de conceção, rede em malha completa quando todos os nós se encontrem conectados diretamente. A rede em malha parcial, ocorre quando não estão interligados todos os nós entre si, somente os que possuem maior fluxo de dados, como se mostra na Figura 3.

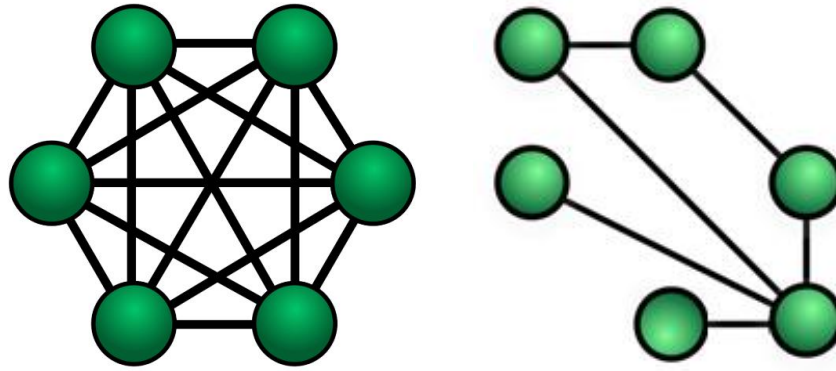


Figura 3 - Topologia em malha completa do lado esquerdo e malha parcial do lado direito [5]

No caso de um nó falhar, a rede possui a capacidade de autocorreção. Esta consiste na reestruturação no caminho de destino, que possua a capacidade de enviar até ao destino, sem interromper o funcionamento e reduzindo os problemas. A topologia de malha completa é mais densa, porque requer mais links, implementando o seguinte benefício: um aumento da redundância. Como não é só benefícios, o custo de instalação desta arquitetura é muito mais elevado se for cablado, na rede em malha completa [7].



### 3 Tecnologias de domótica

#### 3.1 Z-WAVE

A tecnologia Z-Wave começou a ser desenvolvida por uma empresa startup da Dinamarca, chamada Zensys em 2001. No decorrer dos anos, a tecnologia progrediu exponencialmente com diversas otimizações de funcionamento, permitindo melhorar o controlo de dispositivos através de uma rede sem fios. Em 2008 a Sigma Designs investiu na sua compra [8].

A tecnologia Z-Wave permite criar uma rede mesh sem fios, permitindo interligar os equipamentos na mesma rede de comunicação. A comunicação Z-Wave é feita sem fios, utilizado um baixo consumo energético do dispositivo e uma frequência dedicada com comunicação bidirecional. Todos os dispositivos Z-Wave possuem um pequeno emissor/recetor de sinal, tem o propósito enviar e receber a informação pretendida até uma distância média de 30m. O alcance irá depender da construção do edifício, das interferências de comunicação e cada dispositivo pode variar o alcance definido de 30m [9] [8].

No gráfico temporal apresentado na Figura 4, mostra-se a evolução da tecnologia Z-Wave. Inicialmente a primeira série, com apenas uma taxa de transferência de dados de 9,6Kbps, tendo como objetivo ligar e desligar dispositivos. Não sendo suficiente no controlo e automatização de edifícios, surgiu a série 300 que aumentou para 40Kbps e na 400 para 100Kbps. Na série 500 obteve a implementação de várias tecnologias de apoio ao desenvolvimento, desde o mecanismo de segurança S0 e a atualização de firmware Over-the-air, sendo de referir que permitiu aos desenvolvedores atualizações de firmware em cada dispositivo e economizar material no desenvolvimento de firmware.

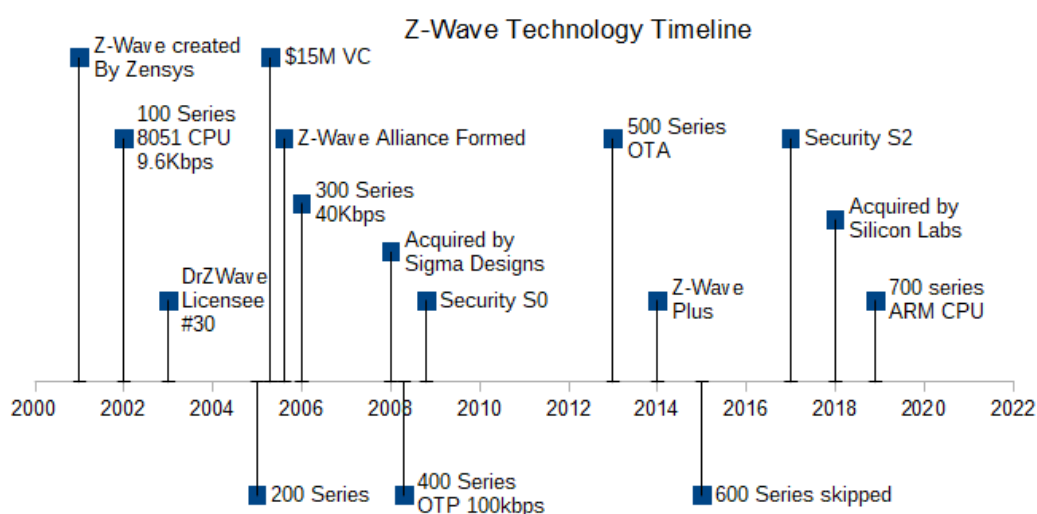


Figura 4 - Cronologia tecnologia ao longo dos anos e alguns avanços tecnológicos importantes [10]

A rede Z-Wave disponibiliza um ID (identificação única) exclusivo para cada dispositivo que seja conectado à controladora, com recurso a configurar o ID e tem um limite de 232 dispositivos conectados. O facto de funcionar na banda dos 900MHz, como mostrado na Tabela 1, as frequências referidas não causam interferências nos equipamentos de uso doméstico, que utilizam a banda de 2,4 GHz ou 5GHz e o sistema de intrusão em torno 400MHz. O contrário acontece com o sinal da rede móvel de uplink e downlink, que partilham aproximadamente a mesma banda. A controladora Z-Wave possibilita uma ligação à internet, por sua vez permite controlar os dispositivos à distância, sendo referido que podem ser acionados remotamente a partir do exterior, desde que tenha um tablet ou smartphone com ligação à internet [9]. A Tabela 1 mostra algumas frequências de diversos países e em anexo a Tabela 9 apresentam-se os restantes.

Região	Frequência central RF	Taxa de dados	Largura de banda
China	f1 - 868.40	100/40 / 9,6Kbps	400/300 / 300KHz
EUA	f1 - 916.00, f2 - 908.40	100/40 / 9,6 Kbps	400/300 / 300KHz
Hong Kong	f1 - 919.80	100/40 / 9,6Kbps	400/300 / 300KHz
Índia	f1 - 865.20	100/40 / 9,6Kbps	400/300 / 300KHz
Rússia	f1 - 869.00	100/40 / 9,6 Kbps	400/300 / 300KHz
União Europeia	f1 - 869.85, f2 - 868.40	100/40 / 9,6Kbps	400/300 / 300KHz

Tabela 1 - Frequência Z-Wave uns alguns países [11]

O Z-Wave Plus é o programa de certificação, que foi desenvolvido para ajudar os consumidores adquirem produtos que tiram proveito da plataforma de hardware Z-Wave, também conhecida como Série 500 ou 5<sup>o</sup> geração. As soluções certificadas Z-Wave Plus apresentam um conjunto selecionado de recursos que acrescentam melhorias à experiência do utilizador final, tornam os sistemas Z-Wave ainda mais rápidos, instalação intuitiva (por um técnico da área) e configuração [14].

Avanço tecnológico e melhoramentos do Z-Wave para Z-Wave Plus (5<sup>o</sup> geração) [13] [12]:

- Oferecem menor consumo, em média mais 50% de vida útil da bateria.
- Os dispositivos são capazes de comunicar até mais 6 metros, dependendo do meio envolvente (interferências RF, construção da habitação).
- Três canais de rádio frequência para reduzir o ruído, aumentar a largura de banda e melhores conexões aos dispositivos.
- Novo recurso de inclusão em toda a rede do tipo Plug-n-Play.

Os logotipos para identificar um equipamento Z-Wave e Z-Wave Plus são mostrados na Figura 5:



Figura 5 – Identificar um dispositivo Z-Wave [12]

O uso do Z-Wave Plus no edifício automatizado, permite criar facilmente uma Smart Home moderna, adquirindo o controlo dos mais diversos equipamentos instalados, como iluminação, estores, tomadas, aquecimento, segurança e multimídia, com um simples clique físico ou remotamente (a partir de uma aplicação). A comunicação bidirecional serve para apresentar o estado dos dispositivos, além de tornar a informação credível e garantindo a fiabilidade do sistema. Os utilizadores conseguem confirmar se deligaram a luz ou fechar o estore, dessa forma obtém a confirmação a partir da atualização do estado.

Na Tabela 2 são apresentadas as evoluções tecnológicas do chip, a nível de hardware e as respetivas diferenças entre as séries 300, 500 e 700. Ao longo das gerações verifica-se um incremento da frequência do CPU, memória flash e memória para melhorar o desempenho. As diversas séries obtiveram um aumento substancial do alcance de comunicação, protocolo de encriptação e redução do consumo energético e passará a incluir obrigatoriamente um protocolo de encriptação.

Plataforma de Hardware	300 séries	500 séries	700 séries
<b>CPU</b>	CPU 8051 otimizado	CPU 8051 otimizado	ARM Cortex M4
<b>Velocidade da CPU</b>	16 MHz	32 MHz	39 MHz
<b>Memória</b>	2 kB	16 kB	64 kB
<b>Consumo de energia</b>	36 mA	35 mA	12,5 mA
<b>Consumo de energia no modo de suspensão</b>	2,5 uA	1 uA	1 uA
<b>Criptografia AES 128 bits</b>	Não	Opcional	Sempre
<b>S2</b>	Não	Opcional	Sempre
<b>Alcance máximo no ar livre</b>	até 100 metros	até 150 metros	mais de 200 m
<b>Alcance máximo em espaço fechado</b>	mais de 30 metros	até 75 metros	até 100 metros
<b>Compatibilidade com versões anteriores</b>	100 séries	100 à 300 séries	100 à 500 séries
<b>Comercialização</b>	Maio de 2005	Março de 2013	Março de 2019

Tabela 2 – Algumas especificações de Hardware [13] [15]

Em 2019, o ecossistema Z-Wave conseguiu atingir mais de três mil e duzentos produtos certificados e mais de 700 membros inscritos. O Z-Wave tem um controlo mais rígido para garantir que cada dispositivo funcione com todos os controladores existentes no mercado. A vantagem de ter um controlo tão rígido, permite obter um aumento da fiabilidade dos seus produtos e a transmissão de mensagens mais confiáveis [16].

### 3.2 ZigBee

O protocolo ZigBee foi desenvolvido em 2004 e pretendia criar um protocolo de comunicação sem fios para redes PAN. O Zigbee está a cargo de um consórcio industrial não lucrativo de produtores e outras companhias, que juntos se designam por ZigBee Alliance.

O ZigBee tem em vista aplicações com baixos requisitos de transmissão de dados e dispositivos, com o objetivo de ter baixo consumo energético e os principais mercados deste sistema são o controlo e automação de edifícios. Tendo o potencial de controlar a temperatura, luminosidade e monitorizar.

O ZigBee é um protocolo para desenvolver aplicações de redes sem fios, pois permite uma maior quantidade de nós e um tempo de bateria muito superior às restantes tecnologias. Por sua vez são indicados para transmitir multimédia, devido à sua capacidade de transmissão 250 Kbps [17].

Os nós de uma rede ZigBee podem ser distribuídos em três tipos diferentes de topologias de rede: estrela, árvore e malha, como mostrado na Figura 6. A mais simples de todas será a de estrela, com um coordenador, e um certo número de end devices, não contendo routers, cada end device encontra-se ao alcance do coordenador.

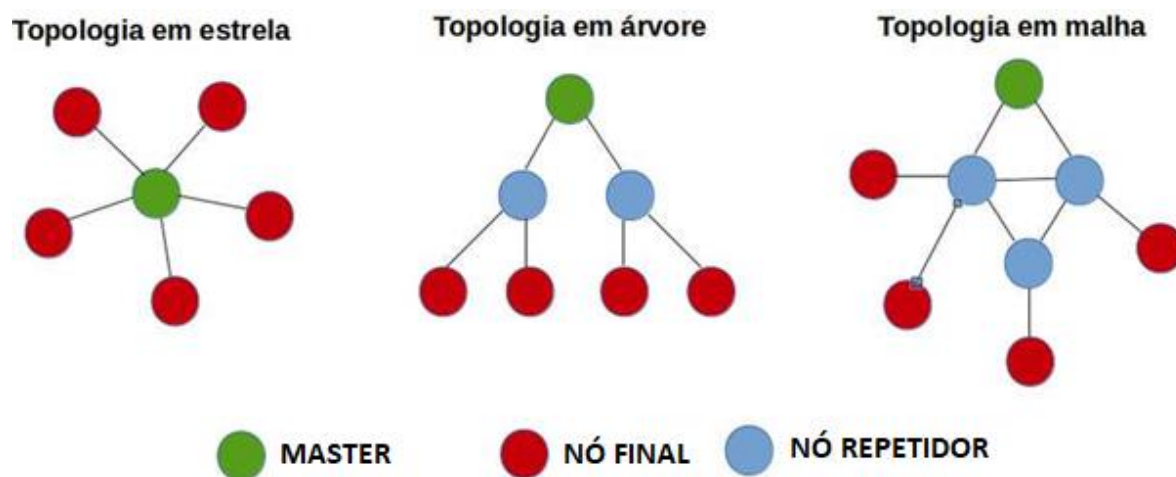


Figura 6 - Topologias de comunicação [18]

Numa topologia em malha os end devices comunicam diretamente com o coordenador ou router, mas neste caso podem existir diferentes caminhos entre o router. Este reencaminhamento é transparente para os end devices, com o custo acrescido de complexidade [17].

Além do sistema apresentar baixo consumo de energia, o ZigBee possui também outras características peculiares, como por exemplo o baixo custo de aquisição. A utilização de diferentes topologias de rede (estrela, árvore e malha), possibilita flexibilidade com o limite de 65000 nós, além de possuir uma transmissão rápida de 250 Kbps, isso faz com que o protocolo apresente uma baixa latência e consiga comunicar até 30m em espaço fechado, 100m em espaço aberto [17].

### 3.3 KNX

Em maio de 1999 os membros da European Installation Bus Association, da European Home Systems Association e da BatiBUS Club International fundaram a Konnex - KNX Association. A Associação KNX é uma organização sem fins lucrativos, regida pela lei belga. Os membros são fabricantes que desenvolvem dispositivos para várias aplicações de controlo residencial e de construção baseados em KNX. Esta associação é proprietária do standard mundial KNX. Consiste em controlar a iluminação, estores e persianas, aquecimento, ventilação, ar condicionado, gestão de energia, sistemas de alarme e intrusão e controlo de áudio e vídeo são algumas das funcionalidades que conseguem automatizar quando a instalação é baseada em KNX. [19]

O sistema KNX-EIB requer uma compreensão inicial do sistema, no intuito de conseguir planear a execução da instalação, sem qualquer problema ou falha. O sistema não necessita de computador adicional ao funcionamento, por toda a informação ficar alocada nos respetivos interfaces (dispositivo KNX). Podendo alocar no máximo 64 dispositivos por linha, sendo de referir que a fonte de alimentação escolhida altera a capacidade de dispositivos ao longo da linha, devido à queda de tensão (tensão mínima nos dispositivos de 9V). A comunicação do sistema é através de modo BUS, permite controlar os mais diversos dispositivos, entre iluminação, estores, climatização, sensores e entre outros. O sistema funciona com protocolo aberto, permitindo uma vasta gama de marcas [19] [21].

Nas configurações do sistema é necessário utilizar um programa, designando por ETS. A partir do momento que o sistema se encontra completamente configurado e instalado, não precisa de qualquer tipo de manutenção.

O sistema KNX-EIB pode ser usado para controlar todas as funções possíveis em casas, como o controlo de iluminação, climatização, controle de segurança e alarmes, aquecimento, ventilação, ar condicionado, controle de água e energia,

consumo de energia, áudio e muito mais. O sistema pode ser controlado via Wifi, internet, touch screen ou smartphone.

Um sistema KNX, sendo um sistema de domótica, utiliza, três protocolos de comunicação, como EHS, Batibus e o EIB, foram referidos como essenciais para completar uma solução de automação, integrados numa rede estruturada em barramento. Como mostrado na Figura 7.

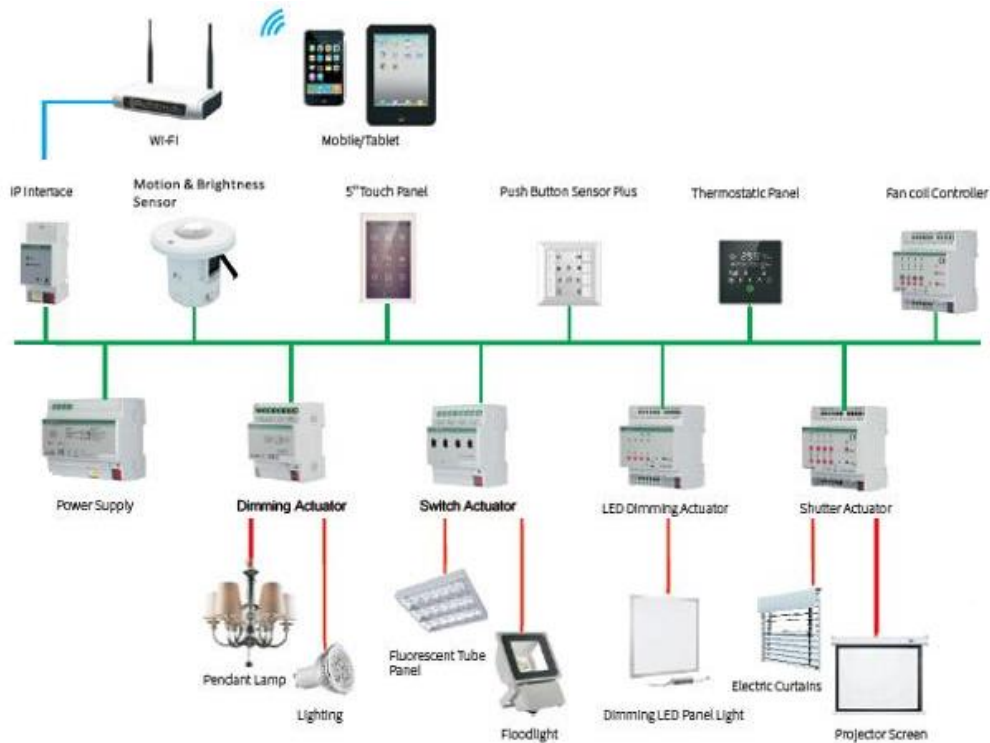


Figura 7 - Esquema da comunicação BUS KNX [20]

De acordo com a associação KNX as principais vantagens do protocolo são, para além da standardização: [20]

- A certificação de todos os produtos;
- A qualidade elevada dos mesmos ao ser obrigatório corresponder à norma ISO 9001;
- Utilizar software para parametrização único (ETS - Engineering Tool Software);
- A possibilidade de ser utilizado como o único protocolo num edifício;
- A interoperacionalidade com os outros protocolos;
- A independência em relação ao hardware e software;

KNX/EIB é uma rede distribuída que pode ter até 65536 dispositivos com endereços individuais de 16 bits, dependendo das limitações dos fabricantes ou modelos.

A transmissão e recepção do sinal é feita pelo par de comunicação e a alimentação dos módulos pelo par de energia, nos dois pares do cabo Belden. Existem dois tipos de rede para este meio físico, o primeiro foi herdado do protocolo BatiBus e funciona com uma taxa de transferência de 2400 bit/s, enquanto o TP1 foi herdado do EIB e funciona com uma taxa de transferência de 9600 bits/s [20].

O modo de parametrização, através do software próprio (ETS), permite definir um elevado número de funcionalidades para a instalação, mas exige formação especializada e um custo elevado. A associação KNX, está ciente desta realidade e lançou em 2017, uma versão mais simplificada, o ETS Inside, com um custo inferior e uma interface mais intuitiva, que permite reduzir o tempo de parametrização das instalações, com um menor número de funcionalidades [20].

### 3.4 Conclusão

No controlo de edifícios automatizados, ZigBee, Z-Wave e KNX conseguem executar as funções pretendidas de forma alternativa. Tendo em consideração que o ZigBee e Z-Wave, criam uma rede própria (mesh) que permite acrescentar dispositivos sem fios à rede, com baixo custo de instalação. O ZigBee e o Z-Wave foram projetados para automação de edifícios, sendo o Z-Wave um protocolo fechado, que permite mais segurança nas comunicações e capaz de alcançar longas distâncias, até 4 repetições da controladora (master) até ao dispositivo e utiliza uma frequência de aproximadamente 900MHz. Sendo de referir que está limitado à 232 dispositivos na rede e um consumo energético relativamente inferior ao ZigBee. O ZigBee é um protocolo aberto e uma elevada capacidade de dispositivos na rede (65000 dispositivos), possui menor alcance que o Z-Wave, apesar do ZigBee ter uma largura de banda superior. Os dispositivos não podem encontrar-se tão dispersos como no Z-Wave.

A utilização de cada tecnologia irá depender do planeamento e funcionamento do edifício automatizado, além da quantidade de equipamentos que o utilizador pretende controlar e as tarefas a desempenhar.

Qualquer sistema tem um investimento inicial de instalação, sendo que o KNX requer a instalação de todos os equipamentos no edifício. O Z-Wave e ZigBee permite ir instalando os dispositivos de acordo com as necessidades do seu utilizador. Sendo de referir que no KNX qualquer mudança, como adicionar ou mover um sensor, requer a modificação da instalação elétrica e eventualmente a necessidade de realizar obras para chegar aos mecanismos necessários. Os sensores Z-Wave e ZigBee encontra-se em estado de alerta permanente, significa um consumo constante de energia (caso

não seja a pilhas), no entanto apresentam a possibilidade expandir a rede sem grandes obras ou modificações, além da economia energética dos dispositivos.

O Z-Wave como foi descrito anteriormente difere do KNX-EIB, logo por comunicar sem fios, permitindo comunicar entre os dispositivos a longas distâncias (obtendo uma economia na cablagem), necessita de alguma manutenção a nível de dispositivos sem fios (trocar bateria ou pilhas). Obtendo a capacidade de controlar dispositivos de forma automatizada como o KNX, mas mais focado para o mercado residencial, por não apresentar tantas funcionalidades e elevada fiabilidade. Possuindo a capacidade de uma fácil instalação ao contrário do KNX, que requer a alteração da cablagem existente e complexidade de instalação. O KNX não simplifica em alterar as configurações no âmbito do utilizador, sem recorrer a intervenção de um técnico especializado e o ficheiro do edifício, ao contrário do Z-Wave que o utilizador pode gerar erros nas configurações. Tendo em conta que os dispositivos Z-Wave necessitam de uma controladora para gerir a rede, por sua vez oferece a conectividade a partir de uma aplicação. O KNX necessita de adquirir uma gateway KNX/IP de forma a obter o controlo remoto do sistema.

Tecnologias de domótica	Z-Wave	ZigBee	KNX
<b>Acessibilidade</b>	+	+	+
<b>Segurança</b>	+	+	+
<b>Conforto</b>	0	0	+
<b>Eficiência</b>	0	0	+
<b>Fiabilidade</b>	0	0	+
<b>Economia de instalação</b>	+	+	-
<b>Consumo energético</b>	+	0	-

Tabela 3 - Comparação de tecnologias

Na Tabela 3 foi comparado de forma geral o funcionamento das diversas tecnologias referidas anteriormente (Z-Wave, ZigBee e KNX), onde foi comparado acessibilidade ao sistema, segurança, conforto do utilizador (depende das exigências do utilizador), eficiência, fiabilidade, economia e consumo energético. Os elementos escolhidos para distinguir o funcionamento de cada sistema foi de negativo (-), normal (0) e positivo (+). Onde podemos ver que cada sistema tem vantagens e desvantagens e que independentemente do seu funcionamento, consiga cumprir as exigências do seu utilizador.

## 4 Protocolo Z-Wave

O sistema Z-Wave foi desenvolvido para conexões sem fios, que utilizam um protocolo de comunicação half-duplex de baixa largura de banda, sendo que o intuito é transmitir mensagens de comando curtas, com o máximo de fiabilidade.

Os fabricantes vão desenvolver as funcionalidades de cada dispositivo, sendo de referir que o código fonte do dispositivo Z-Wave (desenvolvido pela Z-Wave) se encontra bloqueado por ser protocolo fechado. Os testes de certificação irá verificar os padrões de exigência contra falhas [22].

A rede Z-Wave possui dois tipos de dispositivos:

- controladora (master);
- escravo (slave).

A rede Z-Wave pode ter até 232 dispositivos, onde um deles é a controladora e os restantes os escravos. A controladora envia comandos e recebe confirmação que foram executados, enquanto os slaves respondem e executam comandos de controlo, formando uma rede mesh.

### 4.1 Controladores (Master)

A controladora consegue fazer a gestão da rede e armazenar as rotas de comunicação de toda a topologia da rede. Dessa forma consegue calcular a rota mais adequada para transmitir a mensagem sem falhas. A controladora tem a capacidade de registar ou excluir nós da rede ou slaves, com o privilégio de ser a única a gerir alterações de estado nos dispositivos. Qualquer controladora adicionada posteriormente, tem a função de controladora secundária, não possuindo a capacidade de registar ou excluir nós da rede [23].

Os controladores secundários podem ser dos seguintes tipos:

- O controlador portátil (comando) é capaz de mudar a sua localização física. Possui a vantagem de descobrir a sua posição na rede, quando precisa de comunicar com outro nó.[22] [23].
- Controlador de ponte é capaz de controlar dispositivos de outro tipo de redes, como KNX ou X10, recorrendo a utilização de nós virtuais.
- Os controladores estáticos funcionam numa localização fixa e é alimentado a 230V, será responsável por executar a função de repetidor ou extensor de rede. Esta controladora não pode incluir ou excluir nós.

## 4.2 Escravos (Slaves)

Os nós escravos permitem receber comandos e executam a ação, com base no comando recebido. O envio de informação só pode ser realizado para a controladora principal, a menos que seja solicitada por um comando. Sendo de referir que os escravos podem operar como repetidores de rede até 4 saltos, entre a controladora e os escravos. A funcionalidade de repetidor só se encontra ativada, quando o dispositivo é alimentado a 230V, visto que os dispositivos alimentados a bateria estão a maior parte do tempo hibernados [23].

## 4.3 Camadas do protocolo de comunicação

O protocolo consiste em 4 camadas, física para gerir a transmissão e a receção das frames, rede que analisa as frames da rede, transporte para transmissão de dados e aplicação que gere as frames transmitidas e recebidas.

### 4.3.1 Camada Física

A camada física na Z-Wave desempenha muitas funções. As mais importantes são a modulação e codificação, bem como a inserção de um padrão conhecido para sincronização do recetor [24].

Existem três taxas transmissão de dados diferentes, suportadas na camada física de Z-Wave [23]:

- R1 - 9.6 kbps;
- R2 - 40 kbps;
- R3 - 100 kbps;

Com base nessa taxa de transmissão de dados, é feita uma configuração diferente da camada física.

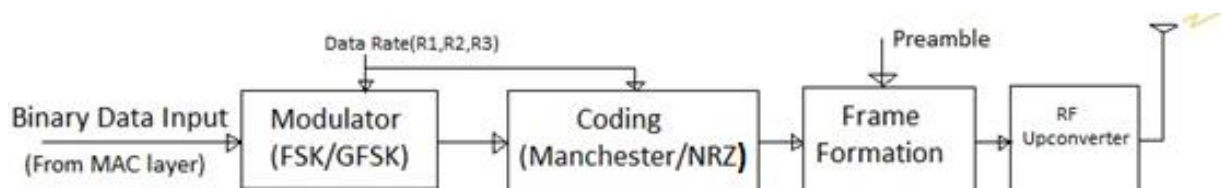


Figura 8 - Exemplo de codificação e modulação [25]

A camada física de Z-Wave consiste em blocos de modulação e codificação. Com base nas taxas de dados R1, R2 ou R3, mostrados na Tabela 4.

Designation	kbps	Modulação	Codificação	Separação
<b>R1</b>	9,6 kbps	FSK	Manchester	40 KHz+/-10%
<b>R2</b>	40 kbps	FSK	NRZ	40 KHz+/-10%
<b>R3</b>	100 kbps	GFSK	NRZ	58 KHz+/-10%

Tabela 4 - Modulação [24]

A modulação FSK é utilizada para taxas R1 e R2, enquanto GFSK é usado para taxa de dados R3. No R1 é utilizado a codificação Manchester, nas restantes o tipo de codificação usado é NRZ. Os dados são transferidos em blocos de 8 bits e o bit mais significativo é enviado em primeiro. Começando pela sincronização e após delimitar o Start of Frame, os dados serão carregados (tamanho máximo de 64 bytes) pelo End of Frame [24].

#### 4.3.2 Camada de rede

A camada de rede é responsável pela topologia da rede. A controladora como os slaves encontram-se na tabela da rede e podem estar activos para comunicar de imediato (alimentação 230V porque os dispositivos a bateria não fazem de repetidor) [22] [26].

O protocolo Z-Wave forma uma rede mesh, até 232 nós. Os slaves podem funcionar como repetidor Z-Wave, mesmo que não consiga comunicar diretamente da controladora para o dispositivo. Inicialmente o sistema tenta conectar todos os dispositivos à controladora (será suficiente em casas normais). Caso não seja possível, o sistema recorrerá a um slave para fazer de retransmissor, que será identificado na tabela da rede. A controladora procederá à análise dos melhores repetidores, no intuito de alcançar todos os nós com apenas uma retransmissão. No intuito de obter uma comunicação fiável, terá de calcular o caminho mais curto para o destino [22] [26].

A tabela de rede guarda os nós que comunicaram diretamente entre eles na controladora. Como mostrado na Figura 9, o nó 1 (controladora) consegue comunicar diretamente com o nó 2 e 5 (slaves 2 até 5). O preenchimento desta tabela é realizado em boolean pela controladora, com base nas informações recebidas de todos os nós na rede [22] [26].

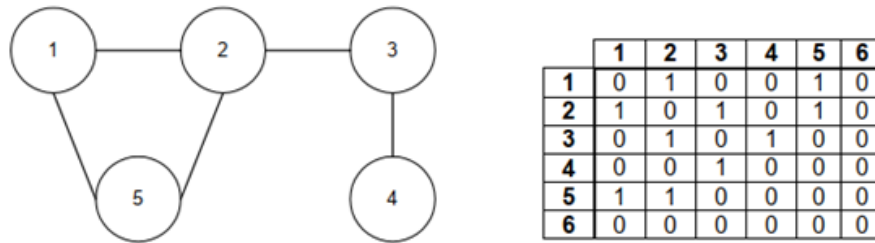


Figura 9 - Na esquerda uma topologia de rede e na direita representa a tabela de rede [22]

### 4.3.3 Camada de transporte

A camada de transporte Z-Wave é responsável pela retransmissão, verificação e acknowledgements (ACK). O ID Home é um identificador único de rede com 32 bits, que é utilizado pela controladora dos dispositivos da rede Z-Wave. Todos os nós slaves terão inicialmente o ID zero e a controladora atribuirá um ID na altura do endereçamento. O Node ID é utilizado para endereçar nós individuais na rede. O ID do nó tem um valor de 8 bits, tal como o ID dos dispositivos, que serão atribuídos pela controladora. Esta camada consiste em transferir comandos de rede como exemplificado na Figura 10 [23].

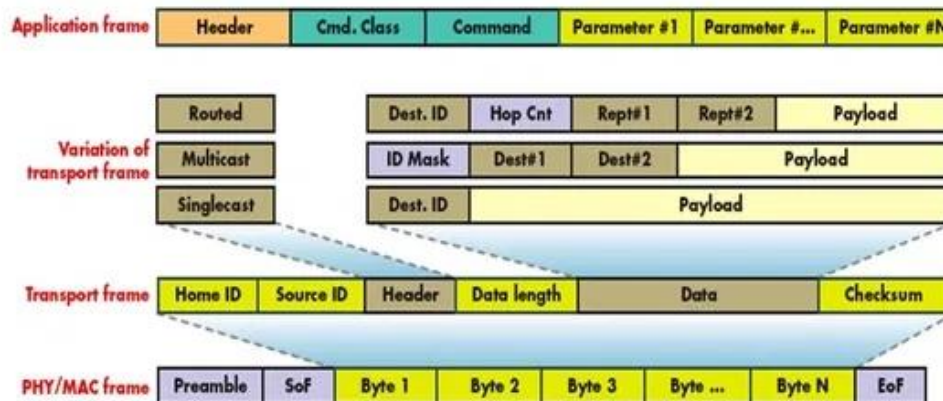


Figura 10 – Estrutura da frame [11]

Uma frame em singlecast são sempre transmitidos para um nó específico. Ao transmitir é obtido na receção, a confirmação que o frame foi recebido com sucesso pelo ACK (acknowledgements), caso o ACK não seja recebido com sucesso, a frame volta a ser transmitida, como mostrado na Figura 11 [23].

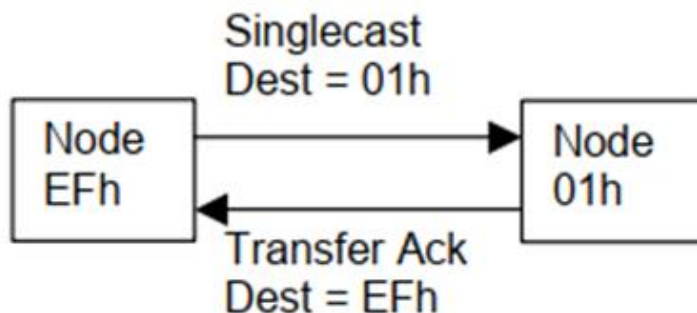


Figura 11 - Fluxo da transmissão singlecast [22]

As frames multicast é enviada de um nó para um grupo de nós, que pode variar entre 1 até 232 dispositivos. Quando é usada para endereçar nós sem enviar uma frame para cada um dos nós. A frame não suporta ACK de forma a confirmar se a transmissão não foi perdida [23].

A frame Broadcast envia para todos os nós da rede Z-Wave o home ID e não tem confirmação que a transmissão foi corrompida, possui a função de enviar a informação do respetivo nó [22].

#### 4.3.4 Camada de aplicação

Esta camada é responsável por mostrar frame, decodificar os comandos Z-Wave e os parâmetros fornecidos. O dispositivo Z-Wave vai enviar os parâmetros para a controladora, onde os dados serão centralizados. Caso contrário, eles serão processados pelo firmware do slave. O frame começa com um cabeçalho byte, especificando que o comando único, multi ou Broadcast, seguido pela classe de comando. As classes de comando Z-Wave definem o dispositivo, como fechadura, sensor de alarme, termostato de aquecimento, etc. Cada classe de comando pode consistir em múltiplos comandos. É importante notar que esta lista não contém os comandos processados pelo firmware Z-Wave.

As informações de todos os nós serão enviadas automaticamente. O frame é enviado com uma transmissão para a controladora [22].

Classe de Comando	Descrição
<b>00h-1Fh (0-31)</b>	Reservado para o protocolo Z-Wave
<b>20h-FFh (32-255)</b>	Reservado para o aplicativo Z-Wave

Tabela 5 - Reserva de endereços Z-Wave [22]

#### 4.4 Segurança Z-Wave

A segurança Z-Wave é uma preocupação constante e alvo de diversos estudos, como o protocolo pode ser comprometido. Um sistema deste tipo pode ser comprometido de três formas diferentes. A primeira opção é entrar pela Cloud, onde estão os dados e onde é realizado o processo de gestão do utilizador. Outra alternativa é realizando o ataque à gateway que liga o sistema à Internet e por último o ataque pode ser realizado da Private Area Network (PAN). A PAN tem tido um crescimento ao longo dos anos, com o carácter de redes de área pessoal e que são utilizadas na tecnologia referida ao longo do relatório: Z-Wave, Zigbee e o Bluetooth.

Desde início que os equipamentos Z-Wave possuem encriptação, só que os fabricantes escolheram não utilizar esse recurso. Como nem todos os fabricantes usavam encriptação, a Z-Wave informou todos os fabricantes das vulnerabilidades de não utilizarem esse recurso. Estas vulnerabilidades permitiam que a controladora ativasse o modo de inclusão, sem ser necessário pressionar nenhum botão físico.

A solução completa de segurança, deve abranger todos as três componentes de segurança [27]:

- Prevenção – dificultar a obtenção de informação.
- Detecção - descobrir se alguém obteve acesso e comprometeu informações importantes.
- Reação - permitir que as alterações indevidas, sejam identificadas.

O sistema permite analisar a temporização da mensagem, consiste em enviar um nonce get e aguardar a chegada do nonce report com ACK, dessa forma sabemos o tempo que leva a realizar a comunicação e o frame criptografado do Security Message Encapsulation irá enviar o ACK e receber o ACK para confirmar a chegada da mensagem. A temporização de mensagem tem o objetivo de evitar mensagens fraudulentas, como mostrado na Figura 12 [27].

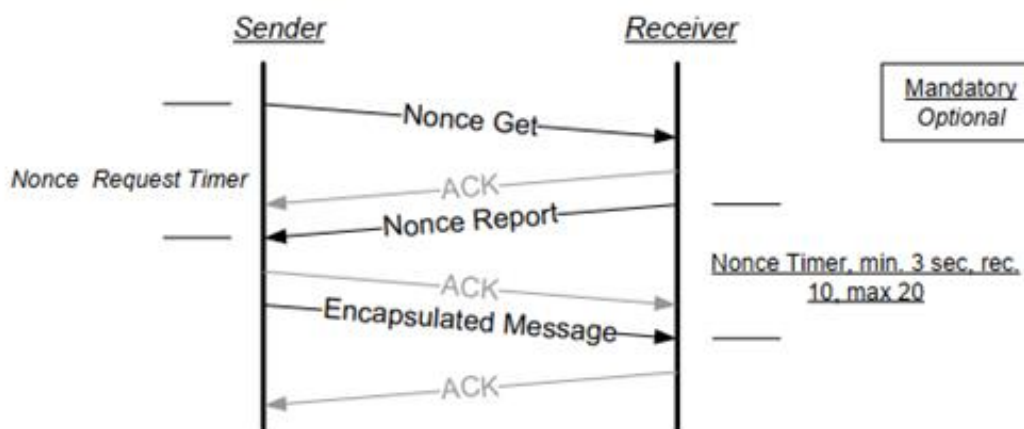


Figura 12 - Segurança de mensagem [27]

Se o identificador nonce do recetor da mensagem de segurança não corresponder ao nonce armazenado na tabela, o sistema exclui automaticamente a mensagem, no caso do MAC não se encontrar no frame correto, a mensagem é descartada. No nível da rede tentar enviar um pacote seguro com carga útil, no seu processo der erro, deve ser encaminhado para o aplicativo. Caso um frame de saída espere por um nonce atingir o tempo limite, deve ser descartado [27].

Na realização de muitos pedidos num curto espaço de tempo, a tabela de nonces é atualizada e descarta os existentes da tabela. A substituição da tabela nonces ocorre quando tem um elevado número de instruções ou alertas massivos [27].

Em 2017, a Z-Wave Alliance lançou uma nova ferramenta de segurança S2. A segurança S2 é obrigatória em todos os dispositivos para serem certificados e corresponderem a normas de exigência. A segurança S2 é baseado em encriptação AES-128 para troca de dados e troca da chave, que vem combater vulnerabilidades e eliminar o risco de os dispositivos serem hackeados enquanto estão incluídos na rede através de um código no próprio dispositivo.

O AES 128 bit mostrou ser capaz de cumprir a sua tarefa ao longo dos anos, como documentos de elevada segurança e foi implementado no protocolo de segurança da Z-Wave. A chave 256 bits tem um acréscimo de complexidade, relativamente à chave 128 bit, sem falar da necessidade de recursos computacionais [25].

Os desenvolvedores de criptografia tem explorado formas de descobrir os pontos fracos do AES. Sendo testado para impedir o acesso não autorizada. A camada de segurança AES-128 é implementada em hardware ou software. O algoritmo em questão utiliza 128 bits, que são ocupados por um bloco de texto encriptado. A chave de rede é gerada pela controladora principal incluindo 128 bits aleatórios PRNG (Pseudo Random Number Generator), deve ser propagado por todo o sistema. A chave AES-128 pode ser trocada de forma segura e os dispositivos da

série 500 e seguintes é guardada na memória flash, que é apagada quando um novo firmware é carregado, o que evita que a chave seja lida [27].

O S2 divide a rede em três classes de segurança: S2 Access Control, S2 Authenticated e S2 Unauthenticated e cada dispositivo possui uma chave, o que significa que existem três chaves AES-128 por rede.

Classe S2 Access Control é a classe de alto nível de encriptação, instituído um nível tão elevado de segurança, utilizado em equipamentos de controlo de acessos em que são a primeira barreira de acesso a habitação, fechaduras ou portões. [26]

Classe S2 Authenticated consiste na encriptação dos restantes equipamentos com tecnologia Z-Wave, desde sensores a reguladores de luz, enquanto a classe S2 Unauthenticated possui um nível de segurança inferior as classes referidas anteriormente, devido uma interface do utilizador limitado, não é capaz de autenticar um nó que ingressa na rede [28].

Este framework veio tornar as redes Z-Wave mais seguras, não através do protocolo em si, mas através da implementação efetuada pelos fabricantes de produtos Z-Wave. Sendo que não são conhecidas falhas de segurança no protocolo em si. Os desafios em termos de segurança em sistemas IoT sejam cada vez mais, o Z-Wave tem mostrado capacidade em mudar e adaptar-se a estes desafios de segurança.

## 5 Equipamentos Z-Wave

Os dispositivos com tecnologia Z-Wave conseguem monitorizar e controlar diversos equipamentos de forma a transmitir o máximo conforto e controlo do edifício. Neste capítulo serão descritos diversos dispositivos, desde módulo de iluminação, módulo de estores, termóstatos, sensores de movimento e sensor abertura de porta, sensores de inundação e incêndio, contador de energia, repetidores de sinal IR e os vários tipos de controladora principal.

### 5.1 Módulo de iluminação

O módulo de iluminação (Qubino Flush 2 Relays) permite ligar e desligar qualquer equipamento conectado ao módulo e a troca do seu estado manualmente (a partir de um interruptor monoestável ou biestável). O módulo foi projetado com o intuito de ter dimensões reduzidas, possibilitando uma instalação em caixas de aparelhagem funda. Consegue monitorizar o consumo energético e permite instalar uma sonda de temperatura no módulo. Na eventualidade de existir em rede módulos que não conseguem comunicar diretamente com a controladora, tem a possibilidade de repetir a mensagem, que irá fortalecer a rede e melhorando alcance. O Qubino Flush 2 Relays é ideal como relé elétrico para controlar a iluminação, mas pode ser utilizado no controlo de ventiladores, tomadas de energia, aquecedor elétrico, cilindro elétrico, portões, electroválvulas de rega ou de corte de água [29] [30].

Sendo um módulo versátil e funcional a 230V AC ou 24V DC, ainda possui outras configurações por software:

- ativação automática após o desligar ou ligar;
- no retorno de energia elétrica iniciar com o estado anterior ou desligado;
- medir temperatura do espaço;
- o tipo de interruptor utilizado (pressão ou on/off).

O micro switch designado com a letra S, na Figura 13 serve para incluir o módulo na rede Z-Wave. A inclusão precisa de ativar a pesquisa de módulos e clicar 3 vezes seguidas no botão S do módulo. Assim realizará a associação do módulo.

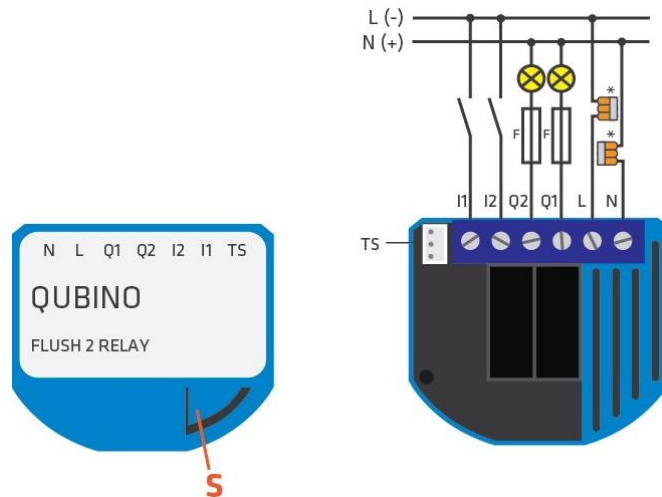


Figura 13 - Módulo de iluminação e respetivas ligações [29]

## 5.2 Módulo de estores

O módulo de estores (Qubino Flush Shutter) permite controlar persianas, independentemente do género de interruptor físico. O módulo foi projetado com o intuito de ter dimensões reduzidas, possibilitando uma instalação em caixas de aparelhagem funda, capaz de monitorizar o consumo energético do motor (mostrado na Figura 14) e tem mecanismo de segurança (não permitindo acionar os dois sentidos do motor em simultâneo). Na eventualidade de existirem módulos distantes da controladora, tem a possibilidade de repetir a mensagem, fortalecendo a rede e melhorando alcance.

Qubino Flush Shutter é ideal para controlar os motores de persianas, rolos, cortinas [31].

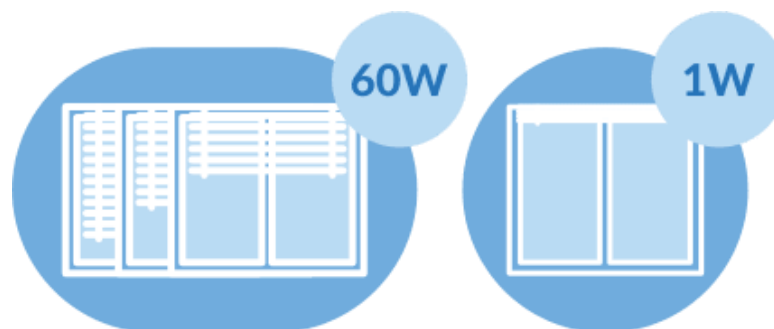


Figura 14 – Monitorização do consumo energético [31]

Sendo um módulo versátil e funcional a 230V AC ou 24V DC, possui outras configurações por software:

- controlo do motor a partir de um interruptor simples ou duplo;
- temporização do tempo de subida ou descida de forma manual ou automática;
- modo de operação (funcionamento de subir e descer ou rotação das lâminas).

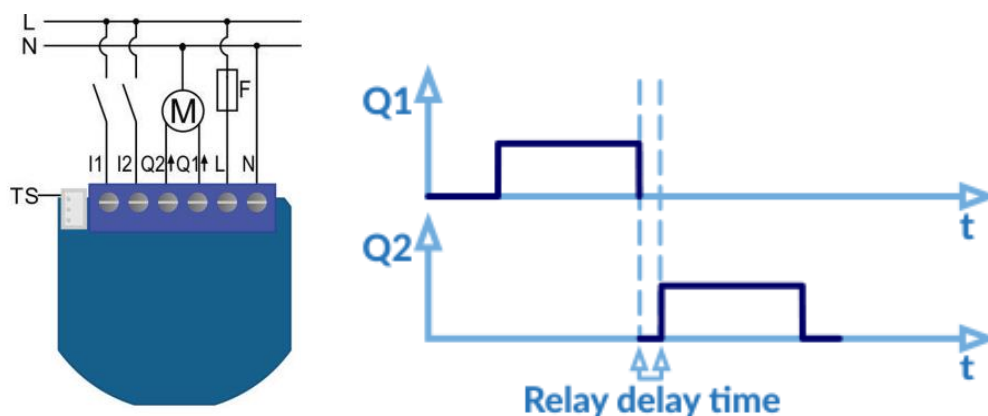


Figura 15 - Módulo de estores e suas ligações [31]

Na Figura 15 é mostrado de forma gráfica a temporização no funcionamento do motor em que o Q1 é ativado para fazer a descida. Quando conclui a descida, tem um delay (encravamento eletrónico) para garantir que não aciona os dois sentidos em simultâneo, ao concluir esse procedimento de segurança, aciona a subida do estore.

### 5.3 Módulo RGBW

O módulo RGBW (Qubino RGBW) permite o controlo da iluminação RGB/RGBW, fitas LED, lâmpadas LED, independentemente do género de interruptor físico. O módulo foi projetado com o intuito de ter dimensões reduzidas, possibilitando uma instalação em caixas de aparelhagem funda. O módulo RGBW deve ser ligado juntamente com a fonte de alimentação da fita LED. A intensidade luminosa ao longo da fita, não deve ultrapassar os 10m de comprimento e devem ser ligadas em paralelo para manter uma intensidade luminosa homogeneia (se a fita tiver 20m, terá mais brilho ao início que na ponta da fita). As entradas IN1, IN2, IN3, IN4 serão utilizadas para controlo manual da fita LED a partir de um interruptor de pressão, biestável ou dimmer [32].

Sendo um módulo versátil e funcional a 12/24V DC, possui outras configurações por software:

- controlar uma diversidade de cores a partir de um interruptor;
- configurar modos de cores automáticos e o seu tempo de duração;
- escolher a cor pretendida a partir da aplicação.

O micro switch designado com a letra S, na Figura 15 serve para incluir o módulo na rede Z-Wave. A inclusão precisa de ativar a pesquisa de módulos e clicar 3 vezes seguidas no botão S do módulo. Assim realizara a associação do módulo.

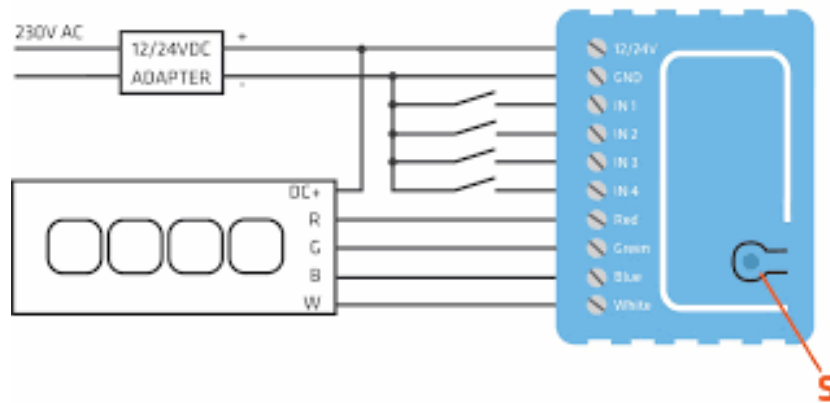


Figura 16 – Módulo RGBW e respetivas ligações [32]

#### 5.4 Sensor de inundação

O sensor inundação (Fibaro Water Sensor), informa rapidamente o sistema sobre a ocorrência de uma inundação. Perante essa informação, a controladora deverá acionar medidas adequadas a minimizar a inundação. Pode ser alimentado com uma pilha para instalação mais básica ou a partir de uma fonte de alimentação 12/24V DC. Se o detetor for ligado a centra de alarme, necessitara das respetivas ligações de tampar e alarme como das resistências, além dessas ligações ainda tem a possibilidade de ter uma sondas telescópicas adicional (caso o detetor não fique assente no chão). O sensor de inundação possui uma sirene embutida para informar quem se encontra perto do espaço. O sensor de temperatura embutido informa das mudanças de temperatura repentinas (incêndio) [33].

No modo de alimentação constante, o sensor pode operar sem bateria. No entanto é recomendado a instalação da bateria, que servirá como uma fonte auxiliar. Todos os relatórios, incluindo inundação e temperatura, serão enviados imediatamente. O módulo serve de repetidor de sinal para outros dispositivos Z-Wave. Quando alimentado por uma bateria essa função será desativada [33].

Sendo um módulo versátil e funcional a 12/24V DC ou a pilha, possui outras configurações por software:

- parametrizar o tipo de alarme gerado (som e luz);
- estado da bateria;
- intervalos do envio de relatórios;
- sensor de temperatura e segurança dos dados enviados.

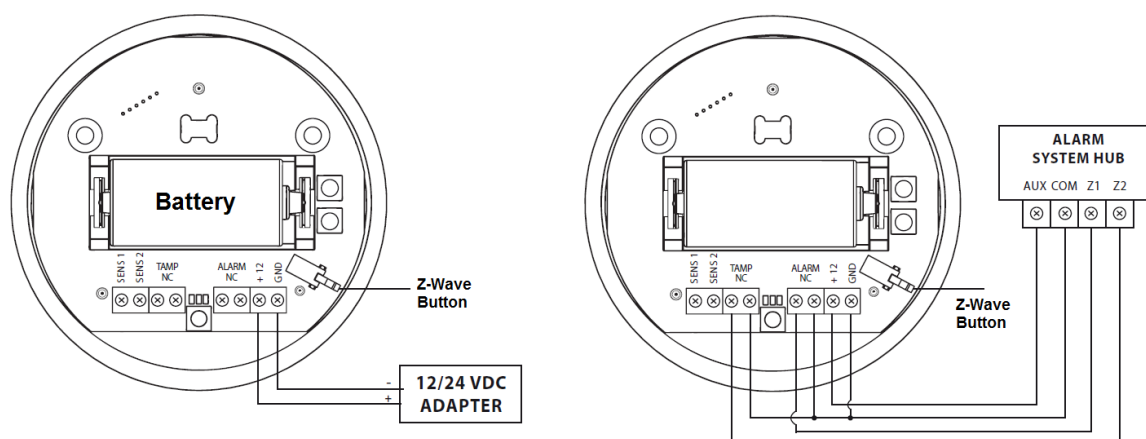


Figura 17 - Sensor de inundação e respetivas ligações [33]

### 5.5 Sensor de incêndio

O Sensor ótico de incêndio (Fibaro Smoke Sensor) foi projetado para ser um módulo versátil e com o objetivo de detetar um incêndio. O alarme de incêndio é acionado com a presença física de fumo (sensor ótico). O sensor verifica a zona a cada 5 segundos, mas se detetar um incêndio verifica 3 vezes num segundo. Quando é confirmada a presença de fumo, o detetor envia um alerta para a rede Z-Wave. O sensor no estado de alarme ativa um sinal sonoro e um aviso luminoso. Além disso o sensor poderá estar ligado a uma central de incêndio ou intrusão, a partir de cablagem. O Sensor possui ainda um sensor de temperatura embutido, para monitorizar a temperatura ambiente da divisão e numa variação brusca de temperatura desencadear um alarme. Pode ser alimentado a bateria ou a 12/24V e ser instalado na parede ou no teto [34].

Por software é possível calibrar certos parâmetros:

- sensibilidade do sensor;
- notificação da temperatura ambiente e avisos sonoros;
- transmissão da informação de modo a economizar bateria.



Figura 18 - Sensor de incêndio [34] [35]

## 5.6 Módulo de cabeça termostática para radiador

A cabeça termostática (Fibaro Heat Controller) permite controlar a temperatura ambiente da divisão, a partir dos radiadores de aquecimento central. Os adaptadores especiais que acompanham o conjunto funcionam em 98% das torneiras disponíveis no mercado. A cabeça termostática tem uma bateria interna (em vez de pilhas), possuindo uma entrada micro USB que permite carregar a bateria (o carregamento termina com a cor verde). No aquecimento de uma divisão por radiadores, tradicionalmente as cabeças termostáticas mecânicas medem a temperatura junto do radiador, dessa forma temperatura não se torna homogênea por a divisão não se encontrar com uma temperatura constante. O dispositivo contorna esse facto, a partir de um sensor auxiliar móvel (permite posicionar em qualquer espaço da divisão) [36].



Figura 19 - Cabeça termostática [37]

Sendo um módulo versátil, ainda possui outras funcionalidades por software, como ser informado de quando uma janela é aberta (na divisão) para fechar o radiador, definir a temperatura diretamente no dispositivo (16-24 °C). Durante a mudança de temperatura manual, o dispositivo altera a cor do LED (especificado na tabela 5) [36].

Modo Z-Wave	Temperatura	Cor
<b>CALOR OFF</b>	Válvula fechada	Branco
<b>CALOR AUTOMÁTICO</b>	16 ° C ou inferior	Azul
	17 ° C	Azul claro
	18 ° C	Azul bebe
	19 ° C	Verde claro
	20 ° C	Verde
	21 ° C	Verde
	22 ° C	Amarelo
	23 ° C	Laranja
24 ° C ou superior	Vermelho	
<b>CALOR ON</b>	Válvula totalmente aberta	Magenta

Tabela 6 - Temperaturas selecionada por cor [36]



Figura 20 - Representação da temperatura definida [38]

### 5.7 Termóstato ambiente de piso radiante

O termóstato de aquecimento elétrico (MCOHome MH7H-WH/EH) é um dispositivo compatível com diversos controladores Z-Wave. Os termóstatos ambientes são aplicados para controlar caldeiras, válvulas, piso radiante, etc. O termóstato permite controlar a temperatura da divisão, além de acrescentar uma economia de energia. O dispositivo é de alta confiabilidade e de simples utilização. Pode ser instalado em qualquer rede Z-Wave, com outros dispositivos certificados Z-Wave [39].

Na Figura 21 é mostrado os vários tipos de ligação do termóstato de aquecimento elétrico/água.

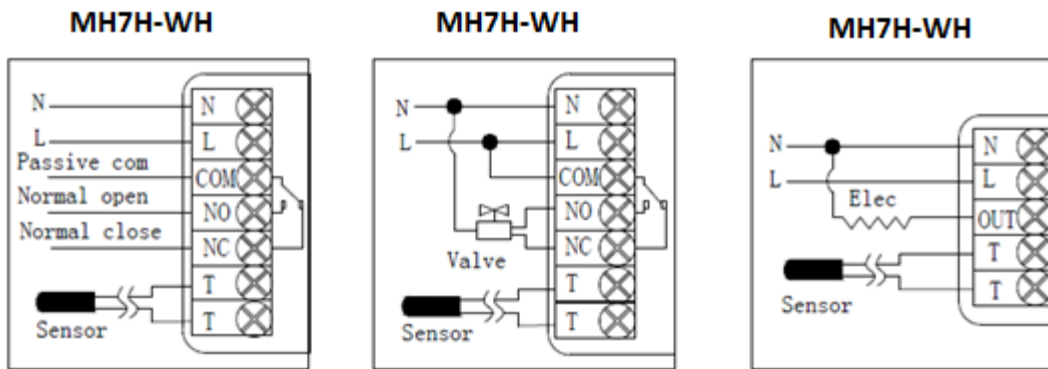


Figura 21 - Esquema de ligação do chão radiante térmico (central e esquerda) e elétrico(direita) [39]



Figura 22 - Exemplo de termostato ambiente de parede [39]

## 5.8 Sensor MultiSensor 6

O sensor MultiSensor 6 (Aeotec Multisensor 6), foi concebido para monitorizar movimento, temperatura, humidade, intensidade luminosa, radiação ultravioleta e vibração onde quer que o sensor se encontre. O sensor deteta o movimento a partir das leituras de luz e calor para determinar o movimento, sendo que mudanças repentinas de luz e aquecimento podem afetar a qualidade das leituras de movimento. Dessa forma não é recomendado a sua instalação perto de ar-condicionado ou janelas. O sensor instalado a uma altura de 2,5m, possuindo o alcance de 5 metros.

O sensor opera a partir de pilhas, mas ainda permite funcionar com alimentação permanente (transformador 230V para 5V). O consumo de bateria depende da utilização do sensor e da informação enviada [40].

O software permite configurar a sensibilidade do sensor de movimento, modo de energia e parametrização dos sensores de temperatura, humidade, intensidade luminosa e ultravioleta. Permite enviar até 3 relatórios em tempos diferentes com informação distinta.

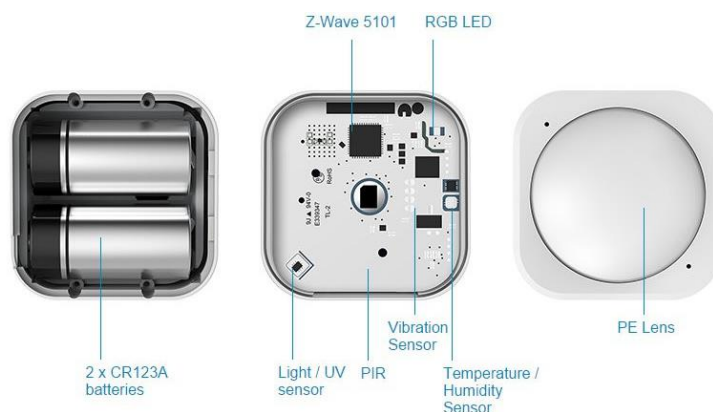


Figura 23 - Sensor de movimento e indicação dos restantes sensores acoplados [41]

### 5.9 Sensor de porta ou janela

O sensor de abertura de porta ou janela (Fibaro Door/Window Sensor), permite monitorizar a abertura/fecho e notifica caso altere o seu estado. O sensor tem um contacto magnético e um sensor de temperatura. Quando é aberta a porta, envia um alerta de intruso ou informam que uma porta se encontra aberta para economizar energia (configurável). O sensor pode dar a informação quando uma janela é aberta e por sua vez o sistema deligar o aquecimento dessa zona. O sensor pode ser instalado em qualquer superfície por funcionar com pilhas [42].

O sensor (mostrado Figura 24) será ativado regularmente por se encontrar em hibernação, com o objetivo de aumentar a vida útil da bateria. A ativação regular confirmará o estado do sensor, apesar de ele notificar cada vez que ocorre uma alteração de estado [42].

As configurações por software, vai desde a configuração de abertura da porta, notificação visual a partir do LED existente no dispositivo, tempo do disparo após a abertura de porta, informações enviadas para a controladora, instalar o sensor de temperatura para obter a temperatura ambiente dessa zona ou detetar risco de incêndio.



Figura 24 - Sensor de abertura de porta [43]

### 5.10 Extensor de sinal IR

O repetidor de comandos IR (infravermelhos) é 100% compatível para controlar qualquer aparelho de ar-condicionado. Ele possui uma biblioteca de códigos para simplificar os procedimentos de configuração das mais diversas marcas, como Daikin, Panasonic, Sanyo, Fujitsu, Hiyasu, Mitsubishi, Toshiba, LG e outros. Possui um emissor de sinal 360° integrado, com vários níveis de potência programáveis (alto ou baixo). O dispositivo também vem com sensor de temperatura integrado que permite monitorizar a temperatura ambiente da divisão, desligar o ar-condicionado, quando chega a temperatura programada. Desta forma qualquer ar-condicionado pode ser conectado à rede Z-Wave ou outro tipo de equipamento que receba comandos IR [44].

O extensor de sinal (ZXT-120) é capaz de capturar até 22 códigos de infravermelhos diferentes, caso não existam na biblioteca. Na replicação de comandos por infravermelhos é aconselhado que o dispositivo esteja alimentado por USB, pois neste modo de operação o dispositivo requer um consumo contínuo de energia e o uso bateria não seria viável [44].



Figura 25 - Sensor de sinal infravermelhos (ZXT-120) [44]

### 5.11 Medidor de energia

O medidor de energia (Qubino Smart Meter ou Qubino 3 phase) é utilizado para medir e apresentar o consumo de energia monofásica ou trifásica. Pode ser instalado em âmbito residencial, industrial e de serviços públicos. O contador de energia mede o consumo total ou pode medir o consumo de uma zona. Um microprocessador embutido calcula a energia, potência e fator de potência dos sinais medidos. Funciona ainda como repetidor para melhorar o alcance e a estabilidade da rede. Ele foi projetado para ser instalado em calha DIN [45].

Através de software é possível parametrizar e acionar contactares externos de forma automática, a partir das saídas de relé, monitorizar a energia máxima e enviar relatórios sobre a energia consumida. Esta informação será apresentada na APP.



Figura 26 - Contador de energia elétrica monofásico (Qubino Smart Meter) [45]

## 5.12 Controladores Vera

A controladora da rede Z-Wave terá de possuir as seguintes funcionalidades, como a monitorização dos respetivos dispositivos, segurança do sistema e interligação com a plataforma (aplicação). A Vera apresenta 3 tipos de controladores que se intitulam de Vera Edge, Vera Plus e Vera Secure. O software é similar nos 3 controladores, tendo diferenças de hardware entre modelos para ser mais económico. Começando pelas características que são iguais, ROM e chip Z-Wave plus nos 3 controladores. O CPU e a RAM encontram-se com mais recurso computacionais a cada versão, sendo a Vera Edge a versão inferior, intermédia a Plus e o topo de gama Secure, sendo de referir que a Vera Plus e a secure possuem ZigBee, Bluetooth, LAN Gigabit. A secure destingue-se por vir equipada com bateria de 2400mAh e uma antena extra para frequência de alarme da Vera. A escolha de cada controladora depende das necessidades ou objetivos futuros. Se for pretendido só utilizar equipamentos Z-Wave e poucas câmaras, a Edge será o suficiente, caso o objetivo seja possuir diversos equipamentos (Z-Wave e ZigBee), a Plus possui mais recursos [26].



Figura 27 - Vera Edge (esquerda), Vera Plus (centro) e Vera Secure (direita) [26]

O software permite diversas funcionalidades de conectividade, como alarme a partir de dispositivos Z-Wave, cenários automáticos ou manuais para uma simplicidade de conectividade, visualização de câmaras compatíveis, obtenção de diversas funcionalidades na mesma aplicação. Concede criatividade ao seu utilizador para ajustar e melhorar o seu funcionamento, sem ser necessário um software especializado.

Características	Vera Edge	Vera Plus	Vera Secure
User Interface	UI7	UI7	UI7
CPU	Single-core 600MHz	Single-core 880MHZ	Dual-core 880MHz
ROM	128MB	128MB	128MB
RAM	128MB	256MB	512MB
Wi-Fi	2.4GHz	2.4GHz/5GHz	2.4GHz/5GHz
Ethernet	10/100	10/100/1000	10/100/1000
<b>Suporte</b>			
Z-Wave	V	V	V
ZigBee	X	V	V
Bluetooth	X	V	V
IP camera	V	V	V
VeraLink	X	X	V

Tabela 7 - Especificações dos controladores [26]

### 5.13 Controladora Zipato

A controladora (Zipatile 2) de rede Z-Wave centraliza os dispositivos da habitação, numa única controladora de automação residencial. A Zipatile 2 é um controlador de automação residencial e segurança, que constitui as seguintes funcionalidades [46]:

- Controlo local dos módulos a partir do tablet (Zipatile 2);
- Support Z-Wave, Bluetooth, Wifi;
- Tem sensor de movimento, ruído, choque, temperatura, humidade e intensidade luminosa embutido na Zipatile 2;
- Visualização das câmaras IP;
- Gerir a partir de uma aplicação;
- Suporta deteção de intrusão;
- Integração de um videoporteiro IP (mostrado no capítulo 6.1).

A Zipatile 2 é um controlador android com touchscreen de 8 polegadas, sendo instalado na parede (zona central da habitação ou entrada) e pode monitorizar a divisão com os sensores integrados. A controladora fornece duas saídas de contacto seco e uma entrada de contacto seco para interligar dispositivos cablados (como uma

campanha de patamar). A Zipatile 2 pode ser controlada a partir do portal Zipato e por um dispositivo Android ou iOS, desde que tenha instalado a aplicação Zipato e cobertura de internet [46].



Figura 28 - Zipatile 2

A configuração deste equipamento pode ser feita a partir do portal Zipato, que ao iniciar a conta na Zipatile 2, os dados da conta serão carregados, sendo de referir que toda a informação está guardada na Cloud e caso da Zipatile 2 avarie, basta iniciar a conta na nova Zipatile 2 para carregar os dados (tem de se alterar o número de série da Zipatile 2 a partir do portal).

O Portal Web da Zipato é de acesso gratuito e o utilizador só tem de criar a conta para associar a respetiva controladora à mesma. Permite configurar múltiplos utilizadores com acessos diferentes, que restringe as notificações e as ações de cada utilizador. O seu utilizador pode fazer alterações nas configurações sempre que desejar, de qualquer local do mundo.

A Zipatile 2 permite criar cenários de utilização manual. Dessa forma temos de utilizar as regras para acionar eventos (um detetor disparar) ou cenários (fechar os estores) quando outro evento ocorre (anoiteceu).

Os eventos podem ser acionados por:

- Condições;
- Mudança de estado de qualquer dispositivo;
- Nascer / Pôr do sol;
- Ações de eventos;
- Intervalos de tempo;
- Código de infravermelhos.

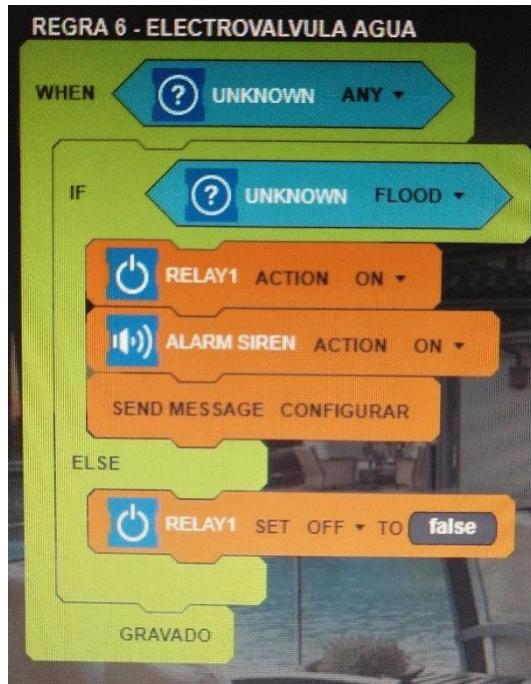


Figura 29 - Criação de uma regra para acionar a electroválvula da água

Como mostrado na Figura 29, as regras são planeadas e temporizadas de forma a não ser necessário a ação do utilizador. Esta regra tem a função de fechar uma electroválvula de água, ao ser detetado uma inundação a Zipatile manda fechar a electroválvula, de seguida ativa um sinal sonoro e envia um e-mail. Quando deixar de detetar a inundação volta a abrir a água.

A Zipato é um sistema de automação residencial e seguro, projetado para funcionar em nuvem e aquisição de segurança na habitação, conforto e baixo consumo energético. Podemos controlar a Zipatile 2 localmente ou pela internet, suporta instalação flexível, personalização e capacidade de expansão.

#### 5.14 Conclusão

Ao longo deste capítulo foram descritos vários exemplos de dispositivos Z-Wave, que mostram várias possibilidades de automatização, com os equipamentos Z-Wave. Todos os módulos são fundamentais e fáceis de instalar. O sistema permite incluir módulos em qualquer altura, até ao limite de 232 módulos. Dessa forma é possível automatizar a habitação de acordo com as possibilidades do seu proprietário ou as necessidades. Todo o sistema é compatível com versões do chip Z-Wave da série anterior ao controlador. Assim sendo, caso o proprietário troque de controladora, todos os dispositivos podem ser incluídos na nova controladora. A controladora pode ser escolhida de acordo com as preferências do utilizador ou as necessidades.

## 6 Trabalhos realizados

Neste capítulo serão descritos os trabalhos realizados ao longo do estágio curricular.

A primeira obra foi apelidada de Porteiro Zipato, onde o trabalho realizado consistia na integração de um videoporteiro IP, com a possibilidade de instalar domótica em cada fração.

A obra seguinte, consiste na atualização da domótica de uma habitação, onde se encontrava instalado um autómato e foi substituído por domótica Z-Wave. Sendo que esse processo teve diversas etapas, descritas no subtema.

Na terceira obra, integramos numa moradia urbana um videoporteiro IP com domótica Z-Wave, permitindo ao seu utilizador ter tudo integrado. Nesta obra utilizamos a domótica para controlar o sistema de climatização, iluminação e estores. Nessa moradia aplicamos a tecnologia apresentada nas obras anteriores.

Por último, na obra moradia rural foram instalados diversos sistemas, como domótica Z-Wave, videoporteiro IP, Sistema de intrusão e CCTV.

### 6.1 Videoporteiro Zipato

Nesta obra, o objetivo foi a instalação de um videoporteiro IP, com a possibilidade dos proprietários de cada fração poderem instalar domótica Z-Wave nas suas habitações. Oferecendo a possibilidade de tornar a habitação numa smart home.

O sistema de videoporteiro requer conhecimentos sobre configuração de redes, que por sua vez torna o sistema mais caro que um tradicional e acrescenta mais funcionalidades para o futuro. O sistema permite integrar domótica Z-Wave, podendo acrescentar as seguintes funcionalidades:

- Controlo da iluminação;
- Controlo de estores;
- Controlo de aquecimento;
- Sensores para monitorizar a habitação;
- Segurança.

O prédio é constituído por 15 frações e tem 7 pisos (2 frações por piso, exceto no 7 piso que se encontra uma única fração) e com 3 pontos de botoneira em cada ponto de acesso ao prédio. A primeira fase do projeto consiste na implementação das tubagens e cablagem correspondentes. Dessa forma foi instalado em cada fração, um tubo de 25 mm para a caixa de patamar. Do piso 7 até ao piso 2 recorreremos a tubo

corrugado de 40 mm. O acréscimo de cabos UTP por piso (1 cabo de cada fração) diminuiu o espaço livre da tubagem em que passa em todos os cabos UTP CAT6 para a zona técnica e instalou-se tubo corrugado de 62 mm para possibilitar a passagem da cablagem. As ligações do piso 0 foram diretas para a zona técnica em tubo de 25 mm, por se encontrarem no mesmo piso que a zona técnica. Nas botoneiras IP recorreremos a dois tubos de 25 mm da zona técnica para o respetivo local da botoneira, cada botoneira um tubo de 16 mm para o respetivo trinco elétrico da porta, situado junto a botoneira.

Após a conclusão da primeira fase, iniciamos a instalação dos respetivos equipamentos na zona técnica, tais como um switch Gigabit de 24 portas de forma a conectar todas a zipatiles e botoneiras à rede. O router Gigabit utilizado para gerir a rede e com alimentação socorrida para garantir a fiabilidade do sistema. Cada zipatile necessita de ter uma conta zipato, com o intuito de realizar configurações. Após a criação das contas zipato preparamos a zipatile master, que se encontra na Zona técnica e gere toda a rede.

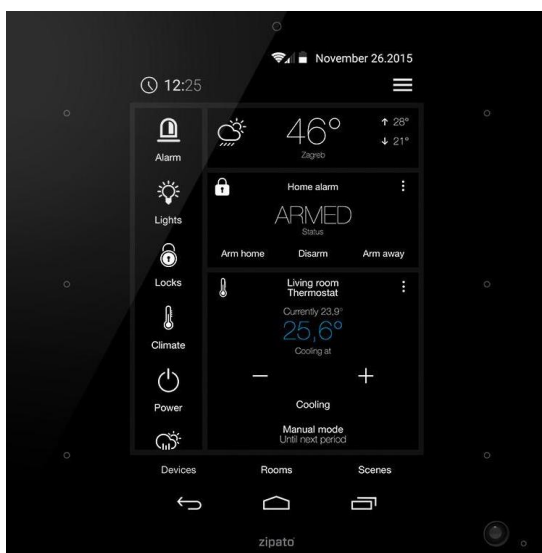


Figura 30 - Zipatile instalada em todos as frações

As configurações do videoporteiro serão realizadas na conta zipato, correspondente a cada equipamento. A forma de configurar essa funcionalidade, parte por seleccionar o menu device manager, em seguida o intercom, como é mostrado da Figura 31 e escolher a opção o SIP Server para proceder a sua criação.

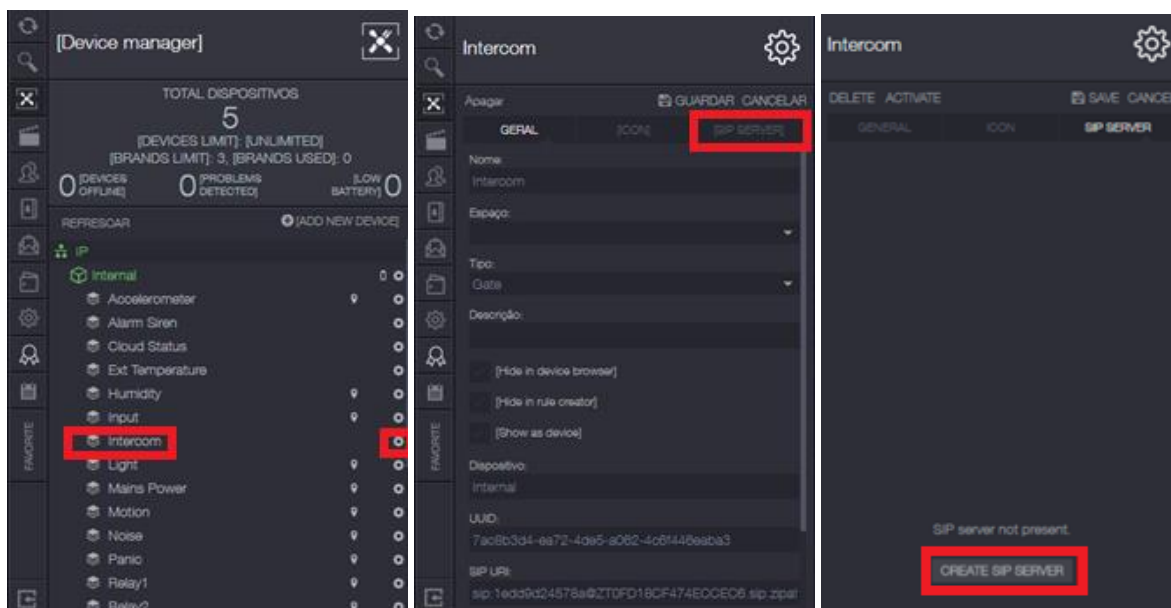


Figura 31 - Aceder ao intercom e criação do SIP Server

O procedimento da criação do SIP Server (Session Initiation Protocol), tem de ser executado em todas as zipatiles, com o intuito de obter a funcionalidade do porteiro. No separador contacto da Zipatile master será criado os servers devices (endereço SIP de cada fração) de cada fração e o Doorphone de cada botoneira, assim teremos os endereços SIP de cada fração e botoneira, mostrado na Figura 32.

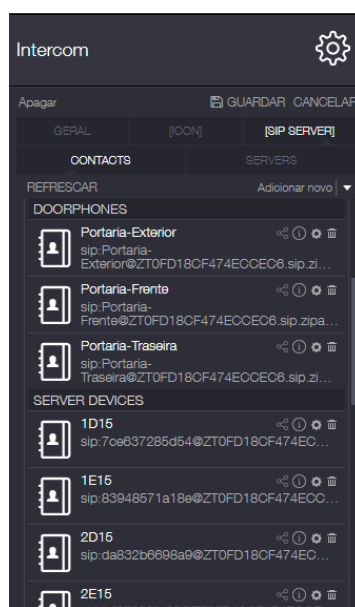


Figura 32 - Endereços SIP Server criados

Na etapa seguinte configuramos os slaves. Que consiste em repetir a criação do SIP server e configurar com os dados obtidos, na criação do SIP da fração e concluímos o processo de configuração das zipatiles.

A configuração das botoneiras tiveram o mesmo procedimento. A atribuição do endereço SIP gerado na zipatile master à respetiva botoneira e a alteração do IP

estático, pois por defeito encontra-se atribuído o mesmo IP em todas as botoneiras (definições de fábrica). A criação de todos os contactos SIP tem de corresponder a cada fração, fornecendo a informação à botoneira de quantos botões serão instalados (manualmente) e a respetiva associação do contacto SIP. As Zipatiles não possuem entrada Ethernet. Assim utilizam-se adaptador de micro USB para Ethernet, no intuito de ficarem ligadas à mesma rede cablada. As configurações de cada botoneira consiste no nome atribuído à respetiva entrada, utilizador, password, IP do master e endereço SIP. Estes parâmetros são fornecidos na zipatile master quando se criar os contactos do Doorphone, sendo preenchidos nos campos mostrados em baixo (Figura 33).

Figura 33 - Configuração da botoneira (nome, endereço SIP, user, password)

A configuração de cada botão, precisou de adicionar os contactos do SIP, associados a cada fração para corresponder ao botão. Num sistema convencional seria utilizado um fio para cada piso (se for analógico). Num sistema a 2 fios, o monitor de cada fração tem o código correspondente a cada botão.

Antes de ter a configuração concluída, devemos atribuir um código de porta. Cada botoneira tem 2 relés, que permitem escolher individualmente a porta que será aberta (caso existam 2 portas no prédio). O utilizador ao introduzir o código só ira abrir a porta correspondente ao código introduzido.



Figura 34 - Botoneira do prédio

## 6.2 Atualização da domótica de uma habitação

O trabalho em questão consiste em substituir um sistema de domótica existente e o alarme. O sistema era controlado por um autómato, que ao longo dos anos sofreu desgaste a nível das entradas e saídas do autómato e ficado desatualizado. Essas razões foram cruciais para a sua substituição. A central de alarme sofria da mesma desatualização. As inovações tecnológicas ao longo dos anos introduziram funcionalidades que naquela altura eram sonhos, que eram impensáveis para as limitações da tecnologia existente nessa altura.

A domótica existente era encarregue de controlar a iluminação, estores e desativação do alarme e todos os interruptores existentes na habitação são de pressão. Os estores em algumas divisões possuíam o mesmo interruptor duplo no controlo de dois motores, com a seleção do respetivo motor a partir de um pulso curto ou pulso longo. Conseguia ser relativamente funcional no caso de conhecer o seu funcionamento. Se por alguma eventualidade o seu utilizador não tivesse esse conhecimento ou ter uma visita, teria dificuldade em perceber o seu funcionamento. O autómato possuía entradas e saídas de 24V e tinha instalado relés de 24V, com o objetivo de controlar os respetivos equipamentos de 230V. O sistema de alarme era desarmado por um sistema de tag, ligado a uma entrada do autómato que posteriormente daria a indicação à central para desarmar ou armar. A cablagem de todos os interruptores encontrava-se em cabo UTP CAT5, por se encontrar ligado a cada entrada do autómato e funcionar a 24V. Nas entradas do autómato ainda se encontravam sensores de receção de sinal infravermelhos espalhados por vários

pontos da habitação, com o intuito do seu utilizador poder dar ordens pré-definidas ou cenários criados. Este sistema não permitia ao seu proprietário alterar ou acrescentar cenários.

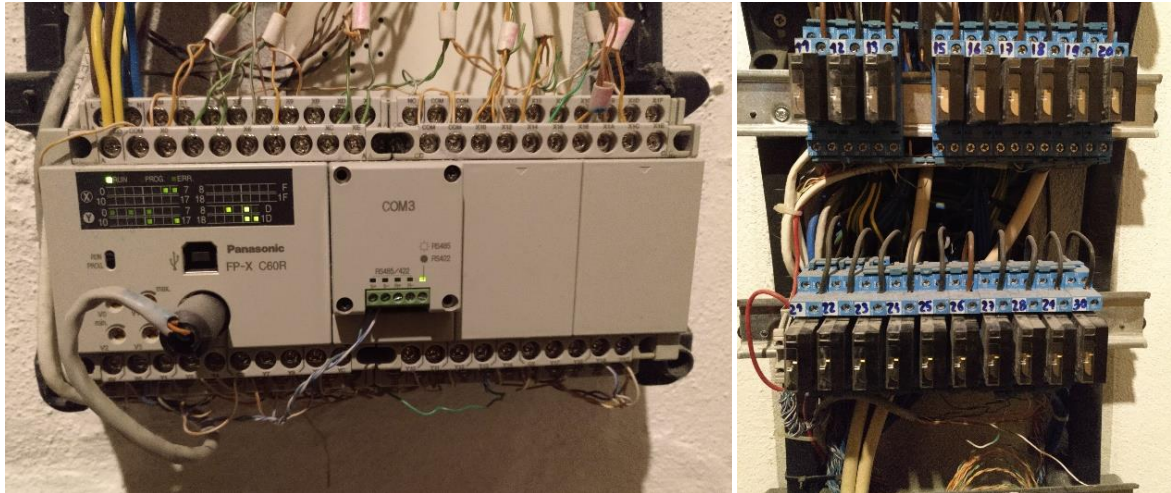


Figura 35 - Domótica existente no edifício

Com a aquisição destas informações, prosseguimos com o planeamento e estruturação da intervenção. Na primeira abordagem consiste em obter o mapeamento de cada relé, além das entradas e saídas do respetivo autómato, com o intuito de não ocorrer erros durante as ligações para os módulos Z-Wave, a implementar o sistema da forma mais segura e fiável possível. Foi ainda necessário encontrar uma alternativa para a utilização de dois estores no mesmo interruptor de pressão duplo (existente), desta forma iremos utilizar botões de pressão eletrónicos quádruplos de 12V-50mA / 32V-18mA.

Um dos objetivos pretendidos pelo proprietário consiste em não alterar a cablagem existente e manter as funcionalidades existentes na habitação. Todas as ligações dos estores e iluminação iam diretas do quadro elétrico, onde se localizava o autómato.

Na segunda fase iremos instalar os respetivos equipamentos Z-Wave. Os módulos de estore foram ligados depois dos relés de cada estore (cada estore tem um rele de subir e outro de descer), com alimentação 230V. O módulo consegue saber o consumo energético (apresentada no aplicativo em watts) e se está em funcionamento ou não, permite dar a ordem de abertura ou fechar o estore na totalidade (indicação da abertura do estore por percentagem na APP), desta forma fica assegurado o correto funcionamento do módulo. O módulo foi configurado para interruptor mono estado (interruptor de pressão).



Figura 36 - Módulo de estores.

Os módulos de iluminação recorrem à instalação mencionada anteriormente nos módulos de estore à 230V. Os módulos referidos anteriormente tinham sido configurados para interruptor mono estado, assim quando o seu utilizador executa um clique no interruptor de pressão a lâmpada troca de estado. Além dessa configuração, quando ocorrer uma ausência de energia elétrica, mantém a último estado do módulo, que poderá ser o estado inicial (ligado/desligado) ou manter o último estado. Permitem ainda medir a energia consumida pelos equipamentos.



Figura 37 - Módulo de iluminação.

No corredor e na entrada da habitação, instalamos um trisensor e um multisensor 6 com fonte de energia a pilha, permite analisar as condições da habitação. O equipamento referido possui dois propósitos: o primeiro era acender a iluminação dessa zona, quando é detetado movimento e o segundo consiste em detetar um intruso, dessa forma ficará vigiada a zona principal. Os dois sensores de movimento constituem principal pilar de segurança ativa, que posteriormente poderá incrementar um sensor magnético de porta/janela. Ao detetar movimento, a pessoa tem 30 segundos para desarmar o alarme. Se nesse tempo não for desarmado, o alarme é acionado e realizará um alerta na aplicação e aciona a sirene Z-Wave.

Na segurança passiva instala-se um detetor de fumo na cozinha para detetar um incêndio. O dispositivo vai emitir um alerta na rede Z-Wave, que por sua vez será reencaminhado para a aplicação e um alerta sonoro, caso esteja alguém na habitação ou os vizinhos. No caso de inundação instalaram-se 3 sensores nos pontos críticos da habitação, sendo nas 2 casas de banho e na cozinha.

O sensor de inundação vai funcionar de forma semelhante ao sensor de fumo, a nível de alertas. Possui a vantagem de medir a temperatura e caso ocorra uma variação brusca de temperatura emite um alarme. Tem a capacidade de ser ligado a uma central de alarme, por ter alimentação à 12/24V. No interior do sensor encontramos bornes de alimentação, tampar e alarme, que permite ligar o sensor a uma central de intrusão. O funcionamento deste sensor sem fios continua a ser 100% funcional. Na sua carcaça encontraremos 3 contactos para detetar se esta assente no chão e detetar água. Ao detetar a inundação irá ativar uma electroválvula no contador da água para parar a inundação. A electroválvula é acionada por um módulo de iluminação 24V. A electroválvula tem desarme manual a partir da aplicação. Caso o seu proprietário tenha ido de férias e pretenda desligar a água da habitação, tem a opção de realizar à distância.

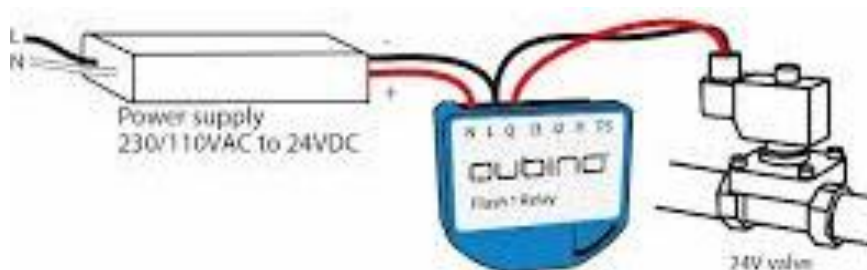


Figura 38 - Esquema da implementação da electroválvula [29]

Um dos principais benefícios da domótica é controlar os dispositivos à distância. Dessa forma foram criados cenários para tornar as tarefas mais simples e com um simples clique.

A apresentação dos seguintes cenários configurados:

Cenários manuais:

- Abrir todos os estores;
- Fechar todos os estores;
- Abrir todas as cortinas;
- Fechar todas as cortinas;
- Desligar a iluminação.

Cenários automáticos:

- Abrir estores por programação horária;
- Fechar estores por programação horária;
- Desligar a iluminação, abrir cortina e fechar estores na ativação do alarme.

Os cenários são criados em 3 etapas, definir como são acionados ou executados, funcionarem de forma automática, cenários com programação horária ou semanal e finalmente com a mudança de estado (detetar uma pessoa pelo sensor de movimento e desencadear um pedido). Na Figura 39 mostra-se a possibilidade de configuração com a alteração de estado dum device, na outra figura com a programação horária, o modo manual não permite fazer alteações.

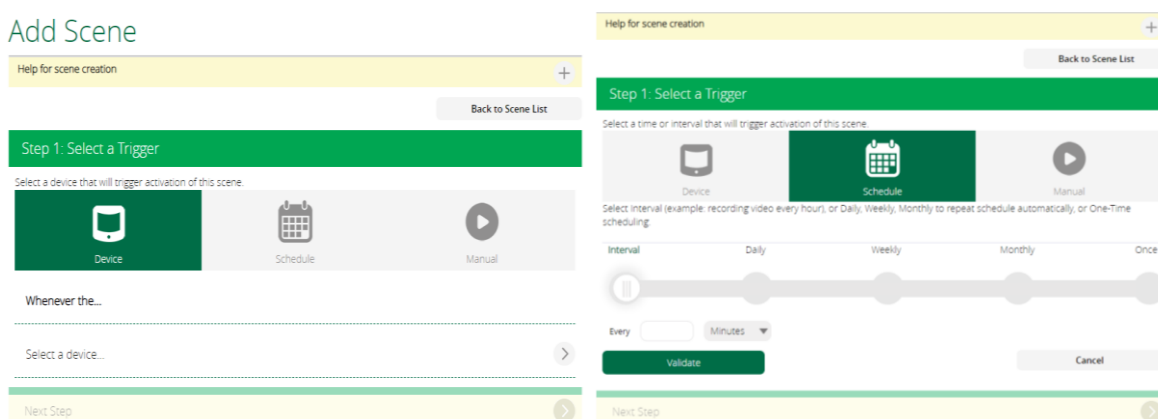


Figura 39 - Criação de um cenário

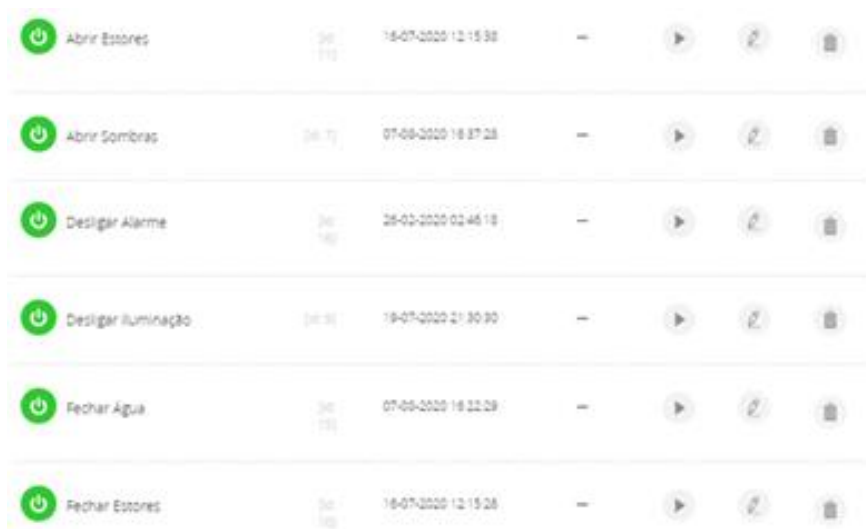
Na segunda etapa de configuração, escolhemos os módulos e o estado de cada módulo. Na conclusão da 2ª etapa, o sistema tem a última etapa (3ª etapa) de configuração, onde podemos escolher os utilizadores que recebem notificação. Quando encontrar moradores na habitação, fora ou de férias, assim podemos ter cenários pré-programados para simular a sua presença, com o alarme em modo de férias.

A terceira e última etapa permite alterar o nome do cenário e ainda personalizar os modos de funcionamento (casa, ausente, férias ou personalizado).



Figura 40 – 3ª etapa de criação do cenário

Os cenários serão apresentados no menu dos cenários. Podem ser reajustados pelo seu utilizador e acrescentar novos cenários. Todos os cenários permitem ativação manual, como mostrado na Figura 41.






















	Abrir Estores	36 (71)	18-07-2020 12:15:28	-			
	Abrir Sombras	36 (71)	07-08-2020 18:37:28	-			
	Desligar Alarme	36 (80)	28-02-2020 02:46:18	-			
	Desligar Iluminação	36 (81)	19-07-2020 21:30:30	-			
	Fechar Água	36 (71)	07-08-2020 18:32:28	-			
	Fechar Estores	36 (80)	18-07-2020 12:15:28	-			

Figura 41 - Lista de cenários

O alarme de intrusão possui os seguintes estados:

- Casa;
- Ausente;
- Noite;
- Férias.

Quando se encontra selecionado o modo casa, ficou armado os sensores prevenção de acidentes, como inundação e incêndio. O modo ausente e noite são similares por ter sensores de movimento e sirene armados. No entanto no modo noite, fica só armado o sensor de movimento da entrada. O modo viajar é totalmente personalizado pelo utilizador. Na altura que acionar o alarme é executada uma tarefa pelos dispositivos (tem de ser configurada), como por exemplo fechar os estores, fechar a electroválvula de água ou gás, apagarem ou acenderem as luzes.

Pode ainda ser definido o tempo de ativação do alarme para o seu utilizar ter tempo de se ausentar da habitação. Na ocorrência de um disparo, o seu utilizador é notificado a partir da app e a sirene é acionada, como mostrado na Figura 42.

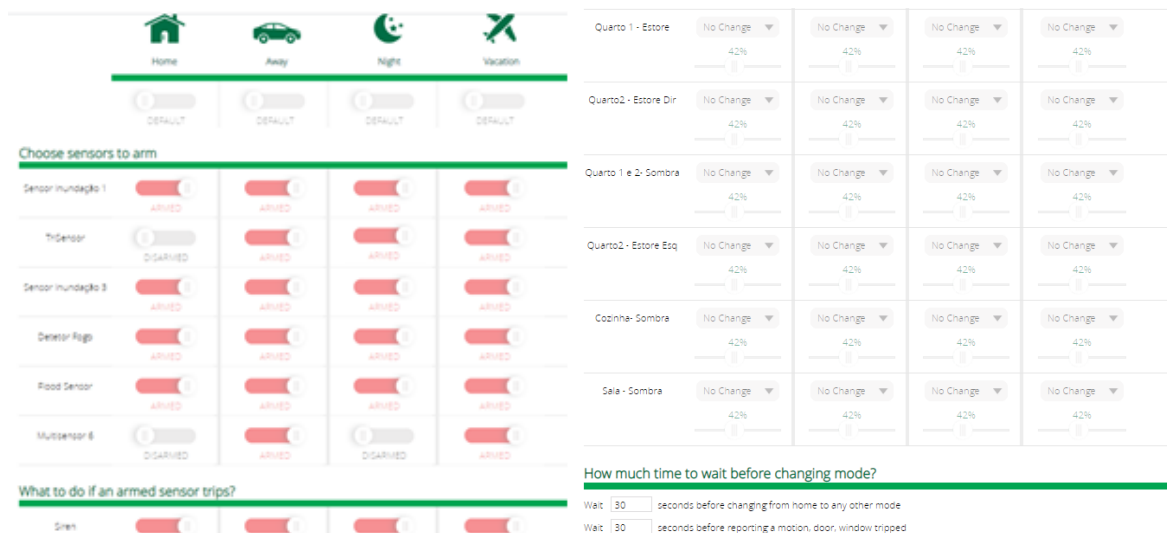


Figura 42 - Configurações do alarme

Apresentação do menu de modos de estado da habitação, permitindo informar o sistema sobre a presença do seu utilizador no edifício.



Figura 43 - Modos do alarme

Mostra o estado de alguns dispositivos na Figura 44 e permite a sua alteração a partir de browser, com a respetiva função e de funcionamento intuitivo.



Figura 44 - Lista de dispositivos

Na Figura 45 é mostrado os menus da aplicação mobile.

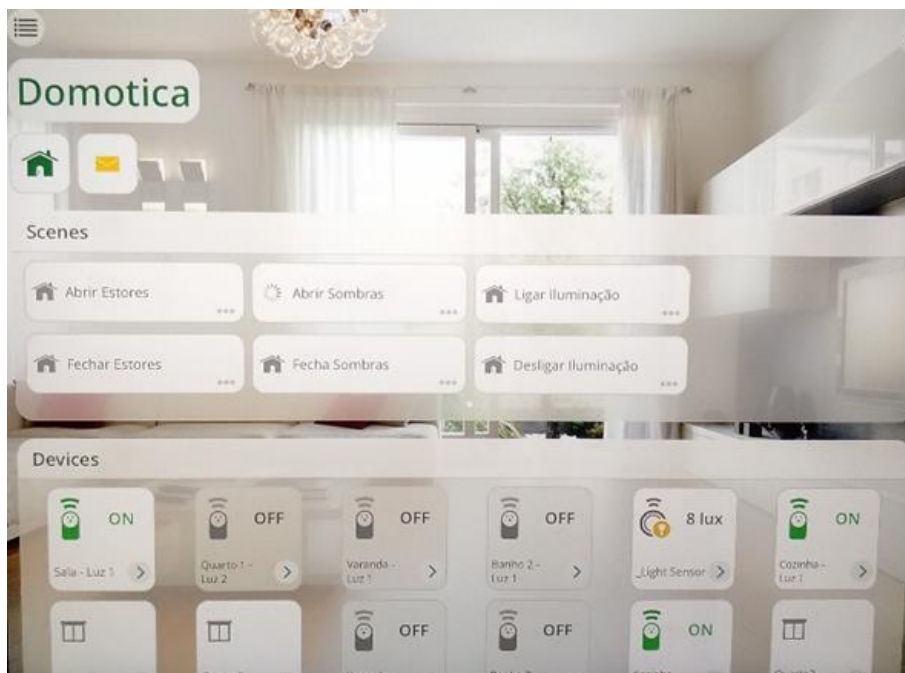


Figura 45 - Mostrando da domótica na aplicação

### 6.3 Moradia urbana

O projeto em adaptar uma habitação para instalar domótica Z-Wave, que se encontra nas últimas etapas de construção. Os principais objetivos do planeamento é analisar a intervenção, que consistia em criar um porteiro IP para interligar com a domótica, controlo de iluminação, estores e climatização. A climatização tinha como requisito ser controlada pela domótica, de forma a não ter um único termóstato ambiente nas divisões.

Na primeira fase tivemos de analisar os equipamentos instalados, no intuito de analisar a implementação do sistema. O edifício está preparado para instalar aparelhagem numa instalação elétrica tradicional. Na análise efetuada obteve-se a localização dos módulos de estore e iluminação, nas caixas fundas de cada interruptor e as respetivas alterações (alimentação para o módulo). O sistema de aquecimento foi idealizado para aquecer o piso radiante térmico e o sistema de arrefecimento com a utilização de uma bomba de calor.

A intervenção teve início por instalar os módulos de iluminação e estores, os interruptores touch. Os dispositivos a instalar eram parametrizados de acordo com o tipo de interruptor, obtenção do respetivo nó, com o nome da função correspondente e os módulos de estore a parametrização do tempo de descida/subida. O botão do

módulo tem como objetivo ligar os relés de forma manual, além de permitir a sincronização do nó. Os módulos Z-Wave a instalar é de montagem rápida por fios nos bornes, como se mostra na Figura 46.



Figura 46 – Módulo Z-Wave de iluminação (à esquerda) e montagem (à direita)



Figura 47 - Aparelhagem Touch

A cablagem do ventilador convetor e das electroválvulas do piso radiante encontrasse centralizada com a bomba de calor. O piso radiante possibilita o aquecimento do chão uniforme, que por sua vez, dissipa o calor no meio envolvente. As válvulas termostáticas funcionam a 24V, o que corresponde a tensão utilizar módulos Z-Wave de 24V.



Figura 48 - Coletor do chão radiante

Os ventilo convetores permitem arrefecer a divisão, a partir da dissipação de ar arrefecido pela ativação dos ventiladores, mais precisamente a bomba de calor ira produzir frio enquanto uma electroválvula é aberta (junto ao ventilo convetor caso a divisão precise de arrefecer). Na altura em que a válvula é ativada, a ventilação funciona até chegar a temperatura desejada. A temperatura ambiente é medida em cada ventilador por uma sonda Z-Wave. Os dados de cada temperatura encontram-se reunidos num termostato virtual, que esta associado a cada divisão, permitindo controlar das temperaturas mínimas e máximas, além das saídas de cada electroválvula.



Figura 49 - Ventilo conector

A bomba de calor não permite ativar as funcionalidades (quente e frio) em simultâneo. Tendo previsto controlar as 8 electroválvula do chão radiante que funcionam à 24V e as 5 electroválvulas dos ventilo convetores à 230V, aplicou-se a solução de instalar relés de 24V de forma a fazer a ativação das electroválvulas do frio. Os módulos Z-Wave serão alimentados pela fonte de 24V e no momento que receber a ordem de ativação, a alimentação do barramento ira ativar a bomba de calor e a respectiva electroválvula.

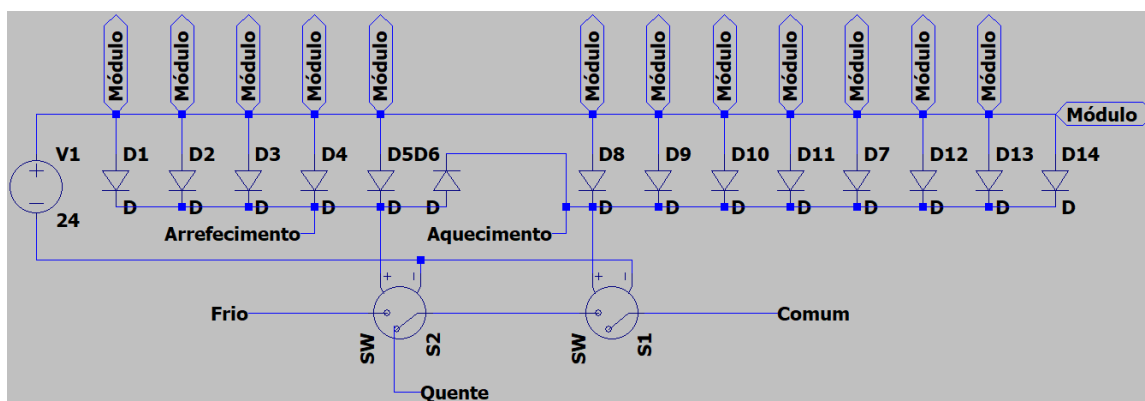


Figura 50 - Esquema do controlo de quente e frio

As ligações dos relés de comando ficaram interligados com os bornes de frio, quente e comum da bomba de calor.

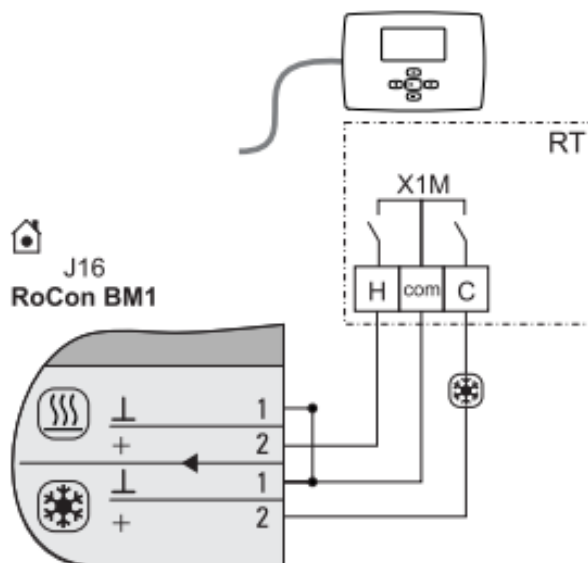


Figura 51 - Ligações do quente e frio na bomba de calor [47]

A criação dos termóstatos virtuais zipatile 2 consistem em ter uma forma simples e prática de gerir a climatização. A gestão consiste em ter um termóstato virtual por divisão, permitindo parametrizar a temperatura mínima e máxima em modo automático (quente e frio), tendo ainda o modo só aquecimento, só frio e desligado. No intuito de ter mais conforto é permitido fazer uma programação semanal, como mostrado na Figura 52.

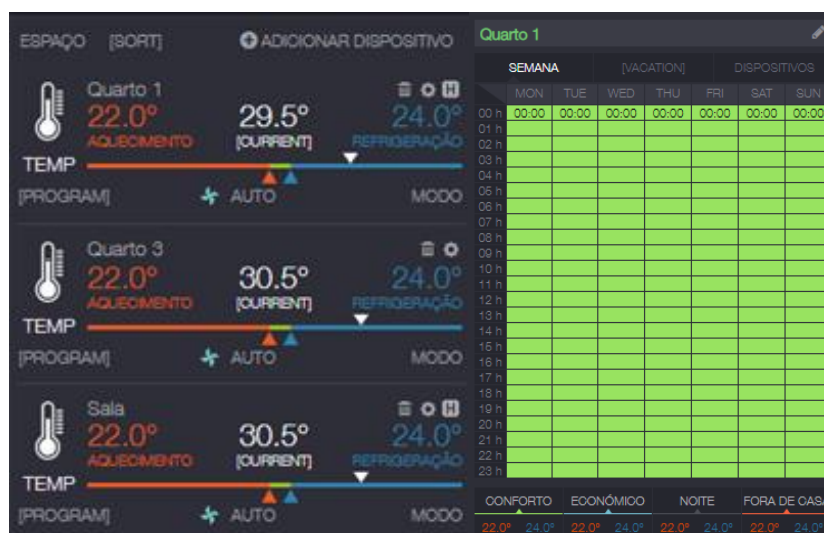


Figura 52 - Configurações dos termóstatos virtuais

No porteiro tivemos de utilizar o SIP server da Zipatile 2. Começando por ativar o SIP server, que permite criar o doorphone e contacto da zipatile 2 (não precisa de uma zipa master por ser só uma fração). As restantes configurações passam por configurar o endereço SIP, IP, user e password na zipatile, além de gravar o contacto da botoneira nos contactos. Desta forma já permite ativar o áudio bidirecional e a abertura de porta. Na botoneira será configurado os dados do doorphone (endereço SIP, IP, user e password), registo do endereço SIP da Zipatile 2 ao botão. Ao concluir as configurações do vídeo porteiro passamos para a parametrização da domótica.

Os cenários tiveram o intuito de transmitir mais conforto ao proprietário, permitindo abrir e fechar os estores de forma manual ou automática, como apagar todas as luzes da habitação.

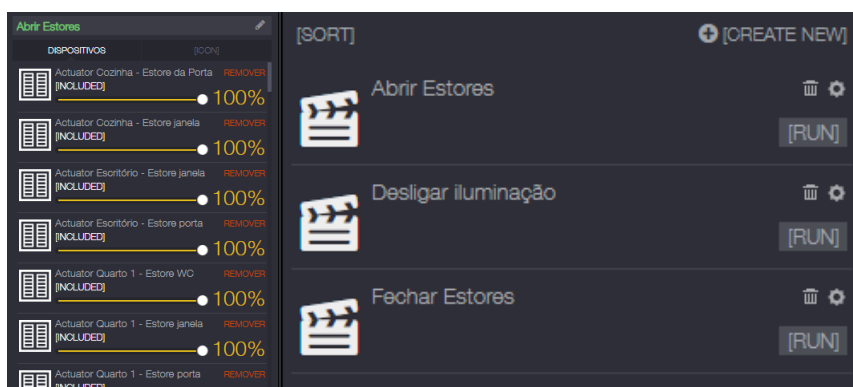


Figura 53 - Criação de cenários

Além da criação de cenários, recorreu-se a utilização de regras parametrizar funções automáticas ou por decisões. Por exemplo se existir demasiado vento na rua, apesar de o cenário ter programado a hora de abertura dos estores, não abrem se ultrapassar o valor estipulado.

## 6.4 Moradia rural

O trabalho em questão consiste em controlar iluminação interior e exterior, controlo de estores, porteiro IP com 3 monitores, instalação de um sistema de segurança CCTV e alarme de intrusão. A cave que contém a garagem, arrecadações, uma sala e zona técnica. O rés do chão contém um quarto de visitas, cozinha, sala e escritório. No piso superior (1º piso) tem 3 quartos e 3 instalações sanitárias.

O projeto será abordado pela análise do projeto e a planificação da instalação dos sistemas em questão. Na fase inicial, define-se a localização das câmaras de vigilância, módulos Z-Wave, vídeo porteiro IP e dos respetivos detetores de intrusão, no intuito de definir os caminhos de cabos em cada ponto estratégico.

### 6.4.1 Sistema CCTV

O projeto do sistema CCTV da DAHUA, consiste essencialmente na planificação de diversas câmaras de vigilância, nas diversas zonas da moradia, com o intuito de obter a máxima cobertura das áreas exteriores. Recorreu-se à instalação de 2 câmaras na entrada da moradia, uma na descida da garagem, 2 nas traseiras da casa e uma na churrasqueira. O sistema elaborado, permitia a gravação/visualização da transmissão de cada câmara analógico ou todas em simultâneo, que seriam armazenadas no gravador digital. Sendo uma vivenda, a solução proposta teve por base um sistema de baixo custo. O sistema permite excetuar as suas funções sem qualquer anomalia, desde visualizar as gravações em tempo real do smartphone ou no computador, como rever as gravações nos mesmos dispositivos.

Além de simplificar o acesso ao sistema a partir da APP. Na configuração da EPP é necessário estar os equipamentos ligados na mesma rede (smartphone e gravador). A escolha do tipo de sistema irá passar por uma lista de diversos dispositivos e o pretendido NVR, procedendo ao scâner do código QR a partir do aplicativo e introduzimos o nome de utilizador e palavra-passe para concluir o procedimento. O procedimento só tem de ser realizado uma única vez e a partir desse instante, permite aceder as gravações/visualizações em qualquer lugar.



Figura 54 - Exemplo da aplicação CCTV

Por motivos de segurança e confidencialidade da obra existente, a Figura 54 não mostra as imagens reais da obra.

#### 6.4.2 Vídeo porteiro

O intuito de obter conforto e segurança, optamos por instalar um porteiro IP da Safire, que permite a comunicação com o exterior a partir de áudio/voz e da visualização da entrada, permitindo ao seu utilizador abrir a porta. A botoneira de chamada tem a sua localização junto a entrada pedestre, enquanto os monitores, encontram em cada piso da moradia. O sistema além de permitir ao seu utilizador comunicar em segurança, vem equipado com um switch POE (Power Over Ethernet), no intuito de alimentar todos os equipamentos e fornecer ligação à internet. A ligação à Internet acrescenta a capacidade de interligar o porteiro à aplicação (possibilidade de ter o porteiro no smartphone). Assim é possível comunicar com quem deseja entrar na propriedade, visualizar em tempo real a câmara, abrir a porta e caso ninguém atenda a chamada, guardar uma foto de quem acionou o porteiro e acrescentar as gravações no CCTV. O monitor e a botoneira são mostrando nas Figura 55 em baixo.



Figura 55 - Vídeo porteiro IP Safire

### 6.4.3 Central de Alarme

No controlo da segurança interna da moradia, instalou-se uma central versátil da Satel (modelo: versa -10). Esta pode ser expandida com módulos de zonas, GSM e Ethernet.



Figura 56 - Central de alarme Versa 10

A instalação deste sistema tinha o objetivo de baixo custo, sendo capaz de fornecer outros recursos ao utilizador. O sistema teve a instalação de múltiplos detetores de movimento em cada zona para detetar o intruso. O desarme/armar do sistema passou por instalar 3 teclados para acionar o alarme e verificar o estado do mesmo. Todos os detetores corresponderam à ligação mostrando na Figura 57 em baixo, com 2 resistências de 1.1K ohm.

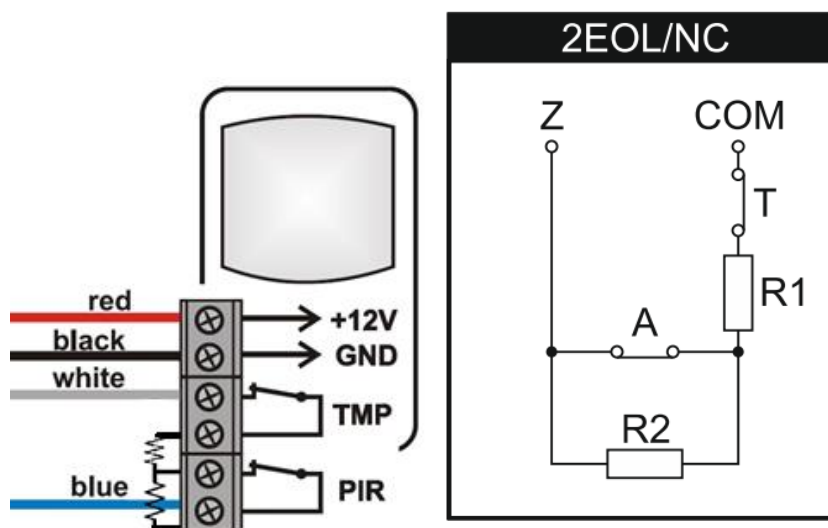


Figura 57 - Esquema de ligação dos sensores de movimento [48]

As configurações são feitas a partir do programa dloadx, que consistiam em parametrizar cada zona, mais precisamente nome da zona, se é zona de passagem ou não e o tipo de ligação do sensor que neste caso era 2EOL/NC (2 resistências e normalmente fechado). Além da parametrização de cada zona, necessitava-se de configurar o endereço de cada teclado, hora do sistema, código de armar/desarmar o sistema e a zona total e parcial. A zona total corresponde à área total da casa, com os sensores armados e a parcial não tinha os quartos armados. As configurações só podem ser executadas se o sistema estiver em serviço ou modo de programação. O sistema ainda possibilita a instalação de sensores de inundação, incêndio, zona de chave, entre outros.



Figura 58 - Teclado de controlo Satel LED

No disparo do sistema é acionado uma sirene exterior, além de encontrar ativado o sistema de chamadas de voz, por a linha telefónica. Pode ser acrescentado um modo Ethernet ou GSM que foi referido anteriormente, necessitam de ser parametrizados na sua instalação. O módulo Ethernet possibilita o armar/desarmar à distância, visualizar qualquer anomalia encontrada no sistema (o teclado informa da existência de anomalia) e monitorizar quem interagiu com o alarme a partir da aplicação.

Com a instalação de um sistema de alarme cablado assegura-se, que o funcionamento do sistema é constante e não necessita de manutenção periódica, isto quando comparando a um sistema sem fios, além de não existir a possibilidade de anular a frequência do sistema. Na ausência da energia elétrica é acionada a bateria 12V da central para alimentar os equipamentos e a si mesma, exceto a sirene que tem bateria própria.

#### 6.4.4 Domótica Z-Wave

Na habitação iremos encontrar cablagem convencional, com as respetivas ligações das mesmas. A localização de cada módulo será definida para os estore e iluminação através das caixas fundas de cada interruptor e nas caixas de derivação. As respetivas alimentações de cada módulo devem passar para a caixa funda (fase e neutro), no objetivo de alimentar os módulos de iluminação duplos e os interruptores monoestado (interruptor de pressão).

Todos os dispositivos foram parametrizados de acordo com o tipo de interruptor, com o nome da função correspondente nos módulos de iluminação. Nos módulos de estore configurar a temporização de descida e subida do respetivo estore, o interruptor pode ser configurado de forma manual, além de permitir a sincronização com o nó. Os módulos Z-Wave tiveram a preferência de um modelo de instalação rápida (fios nos bornes). Mostrado na Figura 59.



Figura 59 – Módulo de iluminação Z-Wave

Ao concluir a instalação dos módulos Z-Wave, passamos para a configuração da Vera edge. Procedendo à criação dos respetivos cenários para tornar a interação do sistema apelativo. Com a criação de cenários automáticos de abrir e fechar os estores, além do cenário de desligar todas as luzes, quando pretendem confirmar se desligaram as luminárias todas da moradia e ativação das luzes exteriores de forma automática ao anoitecer.

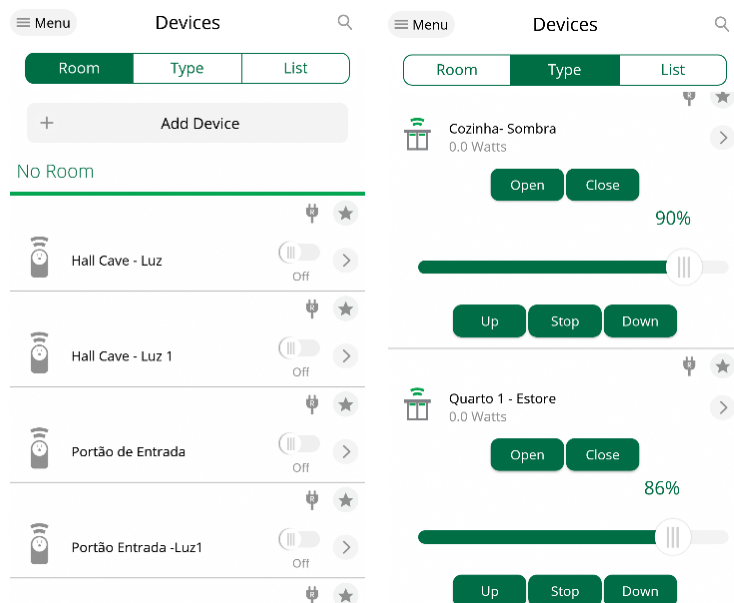


Figura 60 – Mostra a iluminação e estores na aplicação

#### 6.4.5 Futuras melhorias do sistema

As atualizações vão corresponder a melhorias no sistema instalado, na perspetiva de acrescentar mais conforto e simplicidade de utilização. Na moradia encontra-se instalado um sistema solar térmico, por ser uma moradia recente (é obrigatória sua instalação). No sistema solar existe a possibilidade instalar um módulo com sonda de temperatura para monitorizar as águas sanitárias (a longas distâncias) e a ativação da resistência elétrica. O cilindro das águas sanitárias vai armazenar uma elevada quantidade de água e pode ter uma rotura num futuro, sendo aconselhado instalar um sensor de inundação para prevenção de futuros gastos.

No sistema de aquecimento encontra-se instalado piso radiante elétrico em toda a moradia, com controlo manual em cada divisão. Poderá ser alterar para termóstatos Z-Wave, que permitem programar a horária sem qualquer tipo de relógio, a qualquer distância (a alteração remota da temperatura) e parametrizar as suas funções.

No sistema de alarme é possível instalar o módulo Ethernet ou a criação de uma zona de chave, que permita armar/desarmar o sistema a partir da aplicação da domótica.

Com a aplicação de algumas destas soluções, o sistema consegue ser mais eficiente, que possibilitam obter uma moradia inteligente.

## 7 CONCLUSÃO

No decorrer do estágio realizei diversos projetos, estudando alternativas para obter a melhor solução ao nível de qualidade, conforto e proporcionar aos seus utilizadores a melhor habitação automatizada. No âmbito de obra foi exigido trabalho árduo no planeamento e instalação das respetivas tecnologias, programação das respetivas funcionalidades e testar os sistemas instalados.

Foi estudada de forma aprofundada a tecnologia Z-Wave e as suas potencialidades, que permitiu obter conhecimentos sobre o protocolo, arquitetura e funcionamento dos mesmos. Com esse estudo foi possível perceber as suas limitações e vantagens, além de analisar o seu funcionamento com outros olhos em termos de projeto, instalação, configurações e otimizações. Ao longo do documento foram descritas as informações reunidas e as quatro obras onde a tecnologia foi aplicada. No entanto, o processo de aprendizagem exigiu estudo, dedicação e constante esforço para melhorar a perceção do trabalho em ambiente empresarial e do mercado altamente competitivo.

No entanto pode-se constatar que a experiência adquirida em obra, possibilitou verificar o funcionamento da tecnologia Z-Wave e verificar a sua simplicidade de instalação. O que significa que esta tecnologia demorará a cair em desuso e pode ser atualizada a qualquer momento, como foi mostrado desde a sua criação até a atualidade.

Todos os momentos vividos ao longo do estágio curricular, contribuíram para um crescimento a nível pessoal e cognitivo, que acrescenta profissionalismo e experiência para um futuro próximo na resolução de problemas e crescimento como pessoa, além do pensamento dinâmico e inovador para apresentar soluções. A experiência de trabalhar em equipa numa empresa com ambição de crescer e que incute esse espírito em quem faz parte dela. Foi em todos os aspetos uma experiência muito positiva, e concluído com um grande sentido de satisfação e de dever cumprido.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Sislite – Integração de sistemas, <http://www.sislite.pt/domus.htm>
- [2] IOT Agenda, <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/smart-home-or-building>
- [3] Medium, [https://medium.com/@The\\_Mad\\_Zaafa/internet-of-things-iot-concepts-concerns-applications-c0647473b461](https://medium.com/@The_Mad_Zaafa/internet-of-things-iot-concepts-concerns-applications-c0647473b461)
- [4] Energy Matters, <https://www.energymatters.com.au/energy-efficiency/smart-home-automation/>
- [5] Inst Tools, <https://instrumentationtools.com/advantages-and-disadvantages-of-network-topologies/>
- [6] In The Mesh, <https://inthemesh.com/archive/understanding-mesh-networking-part-i/>
- [7] Hackernoon, <https://hackernoon.com/9-things-you-need-to-know-about-mesh-networks-f61a77e5751a>
- [8] ProtectAmerica, [https://www.protectamerica.com/home-security-blog/tech-tips/z-wave-vs-z-wave-plus\\_25973](https://www.protectamerica.com/home-security-blog/tech-tips/z-wave-vs-z-wave-plus_25973)
- [9] Smart Robotic Home, <https://smartrobotichome.com/z-wave-vs-z-wave-plus/>
- [10] DRZWAVE, <https://drzwave.blog/2018/06/13/whats-the-difference-between-z-wave-and-z-wave-plus/>
- [11] Tutorial Z-WAVE, <https://iotpoint.wordpress.com/z-wave-tutorial/>
- [12] Z-Wave aliançe, [https://z-wavealliance.org/z-wave\\_plus\\_certification/](https://z-wavealliance.org/z-wave_plus_certification/)
- [13] AEOTEC, <https://aeotec.com/z-wave-home-automation/z-wave-700-series.html>
- [14] Qubino, <https://qubino.com/z-wave-or-zigbee-which-is-better/>
- [15] Vesternet, <https://www.vesternet.com/pages/what-is-z-wave>
- [16] The Ambient, <https://www.the-ambient.com/guides/zigbee-vs-z-wave-298>
- [17] Informe Técnico:Portocolo ZigBee, <https://core.ac.uk/download/pdf/16355083.pdf>
- [18] ResearchGate, [https://www.researchgate.net/figure/Figura-5-Topologias-suportadas-pelo-padrao-IEEE-802154-Alguns-padroes-para-camadas\\_fig3\\_270137615](https://www.researchgate.net/figure/Figura-5-Topologias-suportadas-pelo-padrao-IEEE-802154-Alguns-padroes-para-camadas_fig3_270137615)
- [19] KNX IP, [https://www.auto.tuwien.ac.at/knxip/KNX%20IP%20-%20Using\\_IP\\_networks\\_as\\_KNX\\_medium.pdf](https://www.auto.tuwien.ac.at/knxip/KNX%20IP%20-%20Using_IP_networks_as_KNX_medium.pdf)
- [20] [https://video-star.en.alibaba.com/product/60689591923-805217111/2017\\_NEW\\_Product\\_GVS\\_Factory\\_KNX\\_EIB\\_K\\_Bus\\_Smart\\_Home\\_Automation\\_System\\_Phone\\_Tablet\\_Remote\\_Control\\_Universal\\_KNX\\_IP\\_Interface.html](https://video-star.en.alibaba.com/product/60689591923-805217111/2017_NEW_Product_GVS_Factory_KNX_EIB_K_Bus_Smart_Home_Automation_System_Phone_Tablet_Remote_Control_Universal_KNX_IP_Interface.html)

- [21] Wire elétrica e automação engenharia, <http://wireengenharia.com.br/br/o-protocolo-knx/>
- [22] Z-Wave Protocol Overview, [https://www.wccandm.services/pdf/page\\_producten/ZWave/Z-Wave%20Protocol%20Overview.pdf](https://www.wccandm.services/pdf/page_producten/ZWave/Z-Wave%20Protocol%20Overview.pdf)
- [23] IOT-Point, <https://iotpoint.wordpress.com/z-wave-tutorial/>
- [24] RF Wireless World, <https://www.rfwireless-world.com/Tutorials/z-wave-physical-layer.html>
- [25] SearchSecurity, <https://searchsecurity.techtarget.com/definition/Advanced-Encryption-Standard>
- [26] Vesternet, <https://www.vesternet.com/pages/understanding-z-wave-networks-nodes-devices>
- [27] Z-Wave-Application-Security-Layer-S0, <https://www.silabs.com/documents/login/reference-manuals/SDS10865-Z-Wave-Application-Security-Layer-S0.pdf>
- [28] Z-Wave-security-white-paper-S2, <https://www.silabs.com/documents/login/white-papers/INS13474-Z-Wave-Security-Whitepaper.pdf>
- [29] Qubino, [https://qubino.com/wp-content/uploads/2018/12/Qubino\\_Flush-2-Relay-PLUS-extended-manual\\_eng\\_2.3-1.pdf](https://qubino.com/wp-content/uploads/2018/12/Qubino_Flush-2-Relay-PLUS-extended-manual_eng_2.3-1.pdf)
- [30] Z-Wave Europe GmbH, <http://manuals-backend.z-wave.info/make.php?lang=en&sku=ZMNH&cert=ZC10-15100010>
- [31] Z-Wave Europe GmbH, <http://manuals-backend.z-wave.info/make.php?lang=en&sku=GOAEZMNHCD1>
- [32] Qubino, <https://cdn.shopify.com/s/files/1/0218/7704/files/qubino-z-wave-plus-flush-rgbw-dimmer-installation-manual-extended-manual.pdf>
- [33] Fibaro, <https://manuals.fibaro.com/content/manuals/en/FGFS-101/FGFS-101-EN-T-v2.1.pdf>
- [34] Z-Wave Europe GmbH, <http://manuals-backend.z-wave.info/make.php?lang=en&sku=FIBFGSD-002&cert=ZC10-15070004>
- [35] Dustin, <https://www.dustin.dk/product/5010876534/smoke-sensor>
- [36] Fibaro, <https://manuals.fibaro.com/content/manuals/en/FGT-001/FGT-001-EN-T-v1.4.pdf>
- [37] Creor, <http://creor.eu/shop/actors/item/419-heat-controller-home-automation-fibaro>
- [38] Hellas digital, <https://www.hellasdigital.gr/smartliving/fibaro/fibaro-the-heat-controller-thermostat-starter-kit-rtsp/>

- [39] Z-Wave Europe GmbH, <http://manuals-backend.z-wave.info/make.php?lang=en&sku=MCOEMH7H-EH&cert=>
- [40] Z-Wave Europe GmbH, <http://manuals-backend.z-wave.info/make.php?lang=en&sku=AEOEZW100&cert=ZC10-16065113>
- [41] Z-Wave Portugal, [https://z-wave.pt/index.php?\\_route\\_=AEO-ZW100](https://z-wave.pt/index.php?_route_=AEO-ZW100)
- [42] Fibaro, <https://manuals.fibaro.com/content/manuals/en/FGK-10x/FGK-10x-EN-T-v2.0.pdf>
- [43] Fibaro, <https://www.fibaro.com/en/products/door-window-sensor/>
- [44] Z-Wave Europe GmbH, [http://manuals-backend.z-wave.info/make.php?lang=en&sku=REM\\_ZXT120](http://manuals-backend.z-wave.info/make.php?lang=en&sku=REM_ZXT120)
- [45] Qubino, [https://qubino.com/wp-content/uploads/2019/04/Qubino\\_Smart-Meter-PLUS-extended-manual\\_eng\\_3.4.pdf](https://qubino.com/wp-content/uploads/2019/04/Qubino_Smart-Meter-PLUS-extended-manual_eng_3.4.pdf)
- [46] Zipato, <https://www.zipato.com/>
- [47] Manual Daikin, [https://www.daikin.pt/content/dam/document-library/installation-manuals/heat/air-to-water-heat-pump-low-temperature/ehsh-a/EHSH\(B\)-A\\_EHSX\(B\)-A\\_IM\\_0081420751\\_12\\_0615\\_Installation%20Manuals\\_Portuguese.pdf](https://www.daikin.pt/content/dam/document-library/installation-manuals/heat/air-to-water-heat-pump-low-temperature/ehsh-a/EHSH(B)-A_EHSX(B)-A_IM_0081420751_12_0615_Installation%20Manuals_Portuguese.pdf)
- [48] Satel manual, <https://www.satel.eu/en/installer/man#en>

## ANEXOS

### Especificações dos chips Z-Wave

Plataforma de Hardware	300 séries	500 séries	700 séries
<b>CPU / MCU</b>	CPU 8051 otimizado	CPU 8051 otimizado	ARM® Cortex M4
<b>Velocidade da CPU / MCU</b>	16 MHz	32 MHz	39 MHz
<b>Memória</b>	2 kB	16 kB	64 kB
<b>Memória flash</b>	32 kB	128 kB	512 kB
<b>Filtro SAW</b>	Não	Opcional	Embutido
<b>Temperatura operacional</b>	-15 a 85 ° C	-10 a 85 ° C	-40 a 85 ° C
<b>Dimensão do chipset(mm)</b>	12,5 x 13,6 x 2,4	13,6 x 12,5 x 1,9	9 x 9 x 1,21
<b>Uso de energia</b>			
<b>Consumo de energia</b>	36 mA	35 mA	12,5 mA
<b>Consumo de energia no modo de suspensão</b>	2,5 uA	1 uA	1 uA
<b>Segurança sem fio</b>			
<b>Chave de rede</b>	Opcional	sim	sim
<b>Criptografia AES 128 bits</b>	Não	Opcional	Sempre
<b>S2</b>	Não	Opcional	Sempre
<b>Desempenho sem fio</b>			
<b>Potência de saída (TX)</b>	-2,5 dBm	até + 2,5dBm	até +13 dBm
<b>Sensibilidade (RX)</b>	-102 dBm / -98 dBm	até -103 dBm	-97,5 dBm
<b>Velocidade sem fio</b>	9,6/40 kbit/s	9,6/40/100 kbit/s	9,6/40/100 kbit/s
<b>Alcance sem fio máximo no ar livre</b>	até 100 metros	até 150 metros	mais de 200 m
<b>Alcance sem fio máximo em espaço fechado</b>	mais de 30 metros	até 75 metros	até 100 metros
<b>Recursos específicos</b>			
<b>Incluído em</b>	N / D	Gen5	Gen7
<b>Z-Wave Plus</b>	Não	sim	sim
<b>Compatibilidade com versões anteriores</b>	100 séries	100 à 300 séries.	100 à 500 séries.
<b>Cálculo avançado de diversidade de rotas</b>	Não	sim	sim
<b>Atualizações de firmware OTA</b>	Não	Opcional	Sempre
<b>Comercialização</b>	Maio de 2005	Março de 2013	Março de 2019

Tabela 8 - Especificações do chip [13] [15]

## Frequências da rede Z-Wave nas diversas regiões

Região	Frequência central RF (G.9959/MHz)	Taxa de dados	Largura de banda
África do Sul	Igual a EU		
Austrália	f1 - 919.80, f2 - 921.40	100/40 / 9.6Kbps	400/300 / 300KHz
Brasil	Igual à Austrália		
Canadá	Igual aos EUA		
Chile	Igual aos EUA		
China	f1 - 868.40	100/40 / 9.6Kbps	400/300 / 300KHz
Cingapura	Igual a EU		
Coréia	f1 - 920.90, f2 - 921.70, f3 - 923.10	100 kbps para todas as bandas	400 KHz para todas as bandas
EUA	f1 - 916.00, f2 - 908.40	100/40 / 9,6 Kbps	400/300 /300KHz
Hong Kong	f1 - 919.80	100/40 / 9.6Kbps	400/300 / 300KHz
Índia	f1 - 865.20	100/40 / 9.6Kbps	400/300 / 300KHz
Israel	f1 - 916.00	100/40 / 9.6Kbps	400/300 / 300KHz
Japão	f1 - 922.50, f2 - 923.90, f3 - 926.30	100 kbps para todas as bandas	400 KHz para todas as bandas
Malásia	f1 - 868.10	100/40 / 9,6 Kbps	400/300 /300KHz
México	Igual aos EUA		
Nova Zelândia	Igual à Austrália		
Rússia	f1 - 869.00	100/40 / 9,6 Kbps	400/300 /300KHz
Taiwan	Igual ao Japão		
União Europeia	f1 - 869.85, f2 - 868.40	100/40 / 9.6Kbps	400/300 / 300KHz

Tabela 9 - Frequências da rede Z-Wave [11]

## Mapeamento das entradas e saídas do autómato

Reles	Funções	Entradas	Saídas
1	Descer sombra dos quartos	x1	y2
2	Subir sombra dos quartos	x0	y3
3	Subir estore direito quarto 2	x0	y0
4	Descer estore direito quarto 2	x1	y1
5	Subir estore quarto 1	x5	y4
6	Descer estore quarto 1	x4	y5
7	Subir estore esquerdo quarto 2	x3	y6
8	Descer estore esquerdo quarto 2	x2	y7
9	Subir sombra da cozinha	x9	y8
10	Descer sombra da cozinha	x8	y9
11	Subir sombra da sala	xc	ya
12	Descer sombra da sala	xd	yb
13	Reserva do estore		
14	Reserva do estore		

15	Luz teto do WC comum	xe	y10
16	Luz espelho do WC comum	xf	y11
17	Luz espelho do WC	x11	y12
18	Luz teto do WC	x10	y13
19	Luz corredor	x12	y14
20	Luz teto do quarto 1	x13	y15
21	Luz quarto 1	x14	y16
22	Luz quarto 2	x15	y17
23	Luz da cozinha	x16	y18
24	Luz bancada da cozinha	x17	y19
25	Luz aplick da sala de jantar	x19	y1e
26	Luz aplick da sala	x18	y1f
27	Luz do teto da sala	x1a	y1a
28	Luz hall de entrada	x1b	y1b
29	Luz da varanda	x1c	y1c
30	Luz de entrada	x1d	y1d

Tabela 10 - Mapeamento da entradas e saídas do autômato

## Anexo - plantas

Atualização da domótica existente

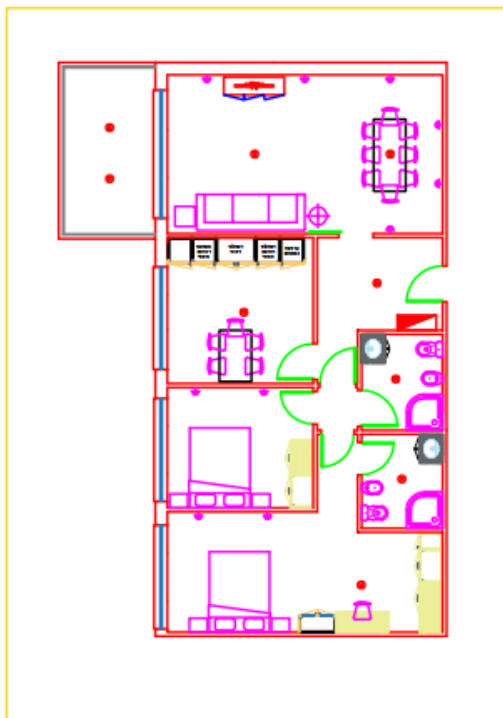


Figura 61 - Atualização da domótica existente

### Moradia Urbana planta

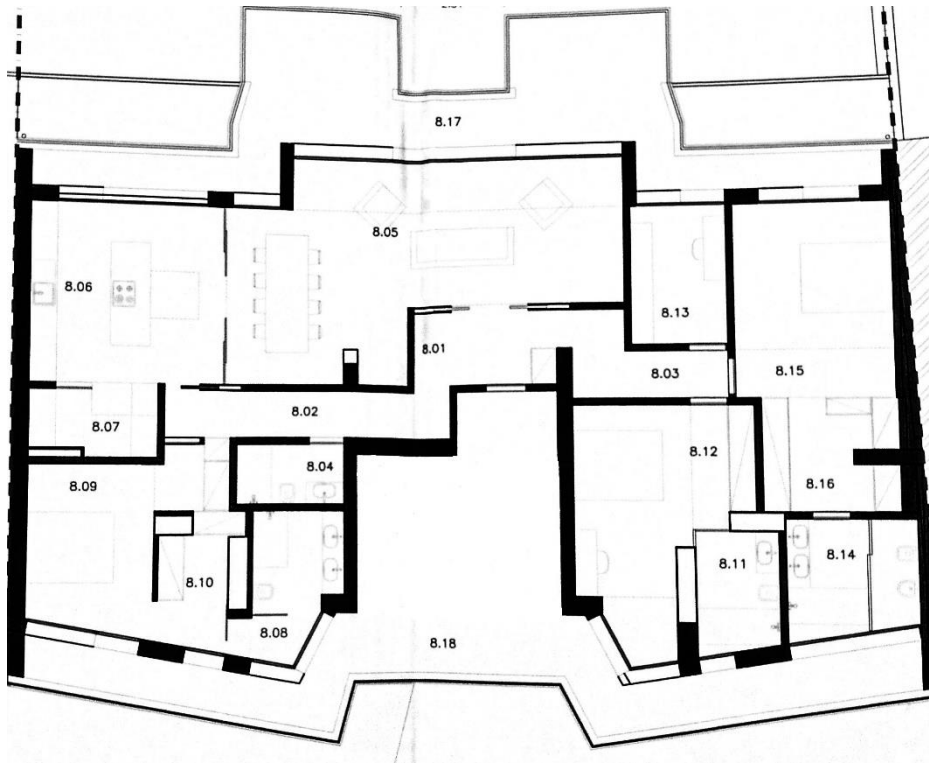


Figura 62 - Moradia urbana planta

### Moradia rural planta

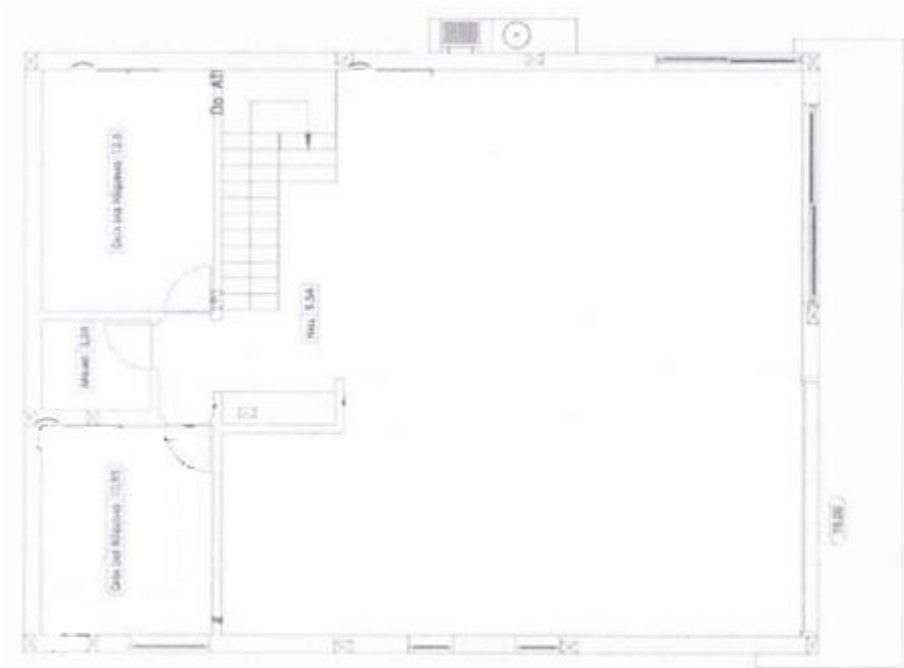


Figura 63 - Piso -1

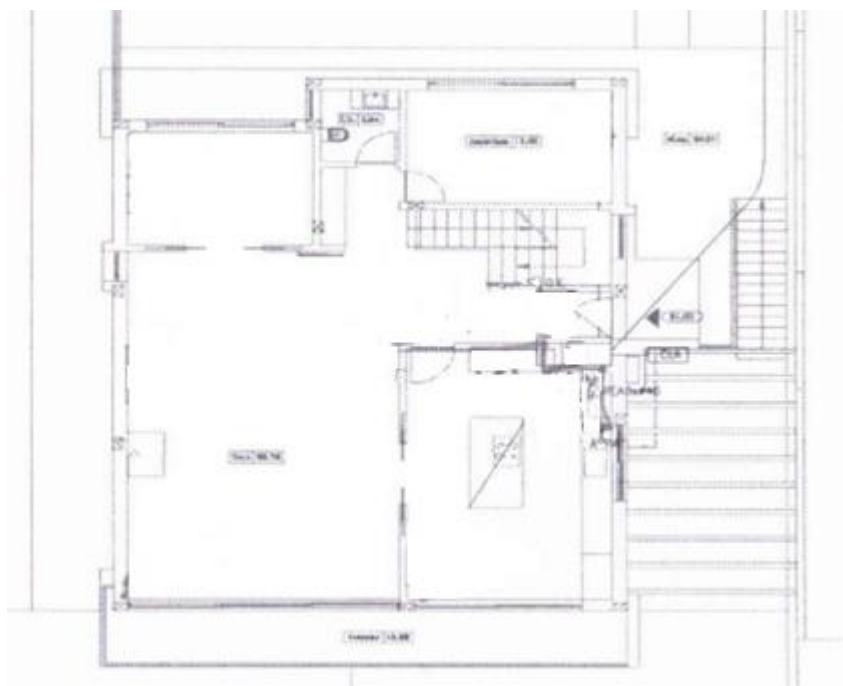


Figura 64 - Piso 0

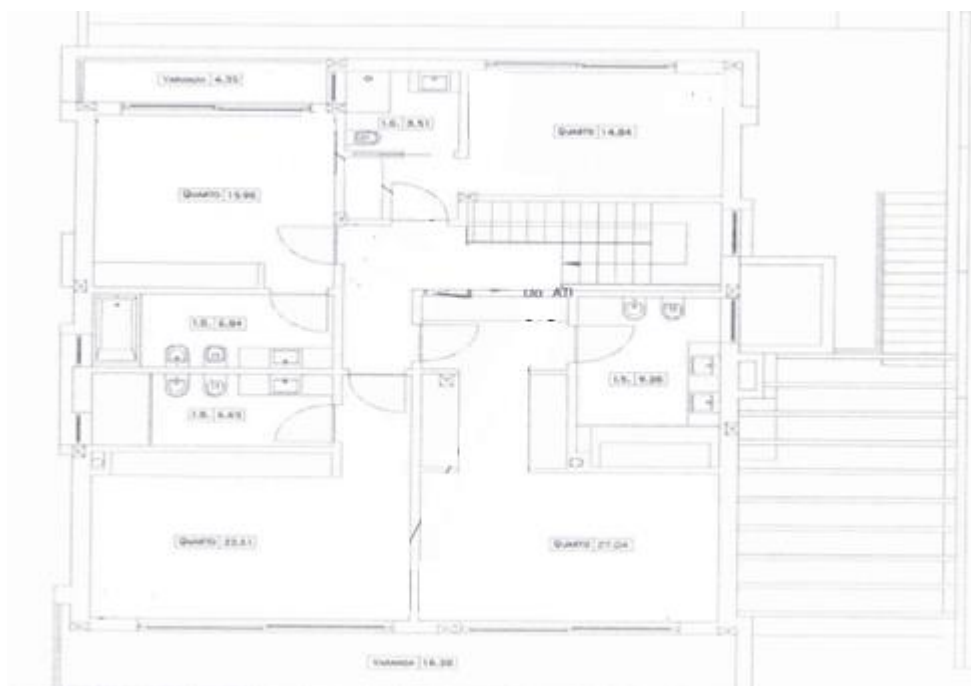


Figura 65 - Piso 1