



Protocolos de controlo residencial, solução de automação residencial baseada no protocolo Z-Wave.

LUÍS MIGUEL PEREIRA COUTO

novembro de 2019

PROTOCOLOS DE CONTROLO RESIDENCIAL

SOLUÇÃO DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL BASEADA NO
PROTOCOLO *Z-WAVE*.

Luís Miguel Pereira Couto

Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Área de Especialização Automação e sistemas

Relatório elaborado para satisfação parcial dos requisitos da Unidade Curricular de
Tese/Dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Candidato: Luís Miguel Pereira Couto, Nº 1150261, 1150261@isep.ipp.pt

Orientação científica: Professora Ana Maria Madureira, amd@isep.ipp.pt



Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
Área de Especialização em Automação e Sistemas

2019

Agradecimentos

Em primeiro lugar, agradeço à Professora Ana Maria Madureira pela excelente orientação, dedicação, paciência e disponibilidade, ao longo do desenvolvimento da dissertação, mas sem esquecer do Professor João Tenreiro Machado que me ajudou bastante a guiar no início de todo este processo já longo.

Ao Instituto Politécnico do Porto, por ser a minha segunda casa durante a frequência do curso e também por ter ao dispor todo o equipamento necessário ao longo dos estudos.

Quero agradecer à minha família, com ênfase aos meus pais, António Couto e Maria de Fátima Costa e à minha irmã Daniela, pois sem eles este percurso não seria possível. À minha namorada Sofia Rocha, um agradecimento especial, pela ajuda e motivação que transmitiu nos momentos mais difíceis, sem dúvida alguma foi quem mais me segurou ao longo dos últimos meses para que não desistisse.

Por fim e não menos importante, uma menção especial para os meus amigos Carlos Bessa, António Augusto, Bruno Nunes e Pedro Brito com quem partilhei de perto os melhores momentos ao longo deste percurso. Os meus sinceros agradecimentos pela vossa amizade.

Resumo

As tecnologias de informação e comunicação espalharam-se pelas nossas vidas para facilitar as nossas tarefas quotidianas e aumentar a qualidade da nossa existência em todos os domínios. A automatização e integração dos diferentes sistemas domésticos, assume um papel muito importante na gestão das habitações e empresas aumentando a sua autonomia, independência e autoconfiança.

A “domótica” é uma tecnologia recente, apesar de estar associada a um objetivo fundamental de conforto, existem outras situações onde a domótica pode ser importante. Detecção de situações de emergência tais como incêndios ou fugas de gás ou água, ou deteção e sinalização de situações de intrusão são um exemplo daquilo que a domótica pode apoiar de uma forma muito profissional e capaz.

A principal motivação desta tese de mestrado reflete o interesse em estudar e testar projetos para tornar uma habitação o mais autónoma possível. Para isso foi necessário conhecer, avaliar e perceber os vários protocolos associados à automação residencial. Percecionar quais os protocolos em fim de vida e quais os protocolos com margem de expansão. Para além disto, o objetivo principal desta dissertação passa por perceber efetivamente quais as diferenças e limitações de duas soluções de vigilância e controlo habitacional apoiadas no protocolo *Z-Wave*.

Deste modo, neste documento são apresentados alguns dos principais protocolos de automação doméstica, as suas principais características e as vantagens e desvantagens da sua utilização.

Foram desenvolvidas duas soluções baseadas no protocolo *Z-Wave* para uma moradia, e apresentadas as principais diferenças em termos de configuração, de interface e de utilização. Foi possível perceber que estas duas soluções são adequadas para situações diferentes. Enquanto uma é mais intuitiva e interessante para associar um sistema de vigilância, a outra é economicamente mais acessível, mais abrangente e permite realizar de igual forma a automação de uma residência.

No final foi possível comprovar que efetivamente que as duas soluções são idênticas, embora com especificidades bem distintas, nomeadamente no que toca à configuração dos dispositivos do sistema e na criação de cenários.

Palavras-Chave

Domótica, Automação Doméstica, Protocolos, *Z-Wave*, Vigilância, Sensores, Controladores

Abstract

Information and communication technologies have spread throughout our lives to facilitate our day-to-day tasks and increase the quality of our existence in all areas. The automation and integration of different home systems plays a very important role in the management of homes and businesses, increasing their autonomy, independence and self- confidence.

"Domotic" is a recent technology, although associated with a fundamental goal of comfort, there are other situations where home automation can be important. Detection of emergency situations such as fires or leaks of gas or water, or detection and signaling of intrusion situations are an example of what home automation can support in a very professional and capable way.

The main motivation of this master's thesis reflects the interest in studying and testing projects to make a home as autonomous as possible. For this it was necessary to know, evaluate and understand the multiples protocols associated with home automation. Understand which protocols are in end of life and which protocols with expansion margin. In addition, the main objective of this dissertation is to understand effectively the differences and limitations of two surveillance and housing control solutions supported by the *Z-Wave* protocol.

In this way, this document presents some of the main protocols of home automation, namely those with which there was more contact, the main characteristics and the advantages and disadvantages of its use.

Two solutions based on the *Z-Wave* protocol for a home were developed, and the main differences in terms of configuration, interface and use were presented. It was possible to realize that these two solutions are suitable for different situations. While one is more intuitive and interesting to associate with a surveillance system, the other is more affordable, more comprehensive and allows for the same automation of a home.

In the end it was possible to prove that effectively that the two solutions are identical, although with very distinct specificities, namely with regard to the configuration of system devices and the creation of scenarios.

Keywords

Home Automation, Home Automation, Protocols, Z-Wave, Surveillance, Sensors, Controllers

Índice

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	ii
PALAVRAS-CHAVE	v
ABSTRACT	vii
KEYWORDS	ix
ÍNDICE	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABELAS	xv
ACRÓNIMOS	xvii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO	1
1.2. MOTIVAÇÃO	2
1.3. OBJETIVOS	2
1.4. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO	3
2. AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL	5
2.1. CONCEITO “DOMÓTICA”	5
2.2. APLICABILIDADE DA DOMÓTICA	7
2.2.1. SEGURANÇA	8
2.2.1.1. INUNDAÇÃO	8
2.2.1.2. FUGA DE GÁS	8
2.2.1.3. INCÊNCIDO	9
2.2.1.4. INTRUSÃO	9
2.2.2. CONFORTO	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
2.2.2.1. CONTROLO E REGULAÇÃO DE ILUMINAÇÃO	10
2.2.2.2. CONTROLO E REGULAÇÃO DE AQUECIMENTO	12
2.2.2.3. CONTROLO DE CORTINAS, ESTORES OU TOLDOS	10
2.2.2.4. CONTROLO DE SISTEMA DE REGA	11
2.2.3. GESTÃO ENERGÉTICA	11
2.2.3.1. GESTÃO DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS	11
2.2.3.2. CONTROLO DE ILUMINAÇÃO	12
2.2.3.3. CONTROLO DE AQUECIMENTO	12
2.2.3.4. CONTROLO DO SISTEMA DE REGA	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
2.2.4. COMUNICAÇÃO	12
2.2.4.1. COMANDOS FÍSICOS/CONVENCIONAIS	13
2.2.4.2. COMANDOOS À DISTÂNCIA	13
2.2.4.3. INTERNET	13
2.3. REDE DOMÓTICA	14
2.4. COMUNICAÇÃO EM SISTEMAS DE DOMÓTICA	15
2.4.1. CABLE (CABO)	15
2.4.2. POWERLINE (REDE ELÉTRICA)	16
2.4.3. WIRELESS (SEM FIOS)	17
2.5. PROTOCOLOS DE AUTOMAÇÃO	17
2.5.1. ZIGBEE	18
2.5.1.1. TOPOLOGIAS	19
2.5.1.2. PILHA PROTOCOLAR	21
2.5.2. Z-WAVE	24
2.5.2.1. DISPOSITIVOS	26
2.5.2.2. TRANSMISSÃO	27
2.5.2.3. VANTAGENS E DESVANTAGNS	28
2.5.3. INSTEON	29
2.5.3.1. DISPOSITIVOS	30

2.5.3.2. TRANSMISSÃO	31
2.5.4. X10	33
2.5.4.1. DISPOSITIVOS	33
2.5.4.2. TRANSMISSÃO	36
2.5.4.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS	37
2.5.5. CEBUS	38
2.5.5.1. DISPOSITIVOS	39
2.5.5.2. TRANSMISSÃO	39
2.5.5.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS	40
2.5.6. EIB/KNX	41
2.5.6.1. DISPOSITIVOS	41
2.5.6.2. TRANSMISSÃO	42
2.5.6.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS	44
2.5.7. LONWORKS	45
2.5.7.1. DISPOSITIVOS	45
2.5.7.2. TRANSMISSÃO	45
2.5.7.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS	46
2.5.8. COMPARAÇÃO DE TECNOLOGIAS	47
2.6. SUMÁRIO	49
3. CATÁLOGO Z-WAVE	51
3.1. CENTROS DE CONTROLO	51
3.1.1. CENTROS DE CONTROLO PRIMÁRIO E SECUNDÁRIO	52
3.1.2. INTERFACES Z-WAVE (ADAPTADORES PARA PC)	54
3.1.3. RASPBERRY PI	55
3.2. SENSORES	59
3.3. MÓDULOS DE ESTORES	61
3.4. MÓDULOS DE ILUMINAÇÃO	62
3.5. FECHADURAS DE SEGURANÇA	64
3.6. MÓDULOS DE CLIMATIZAÇÃO	65
3.7. MÓDULOS PARA EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS	66
3.8. SUMÁRIO	67
4. CASO DE ESTUDO	69
4.1. PERFIL DE INSTALAÇÃO	69
4.2. ESTRUTURA	69
4.3. SOLUÇÃO A: RASPBERRY PI + Z-WAVE STICK	74
4.3.1. CONFIGURAÇÃO	75
4.3.1.1. ADIÇÃO DE DISPOSITIVOS À REDE Z-WAVE	80
4.3.1.2. INTERFACE	83
4.3.1.3. CENÁRIOS	87
4.4. SOLUÇÃO B: HOME CENTER LITE	92
4.4.1. CONFIGURAÇÃO	92
4.4.1.1. ADIÇÃO DE EQUIPAMENTOS À REDE Z-WAVE	93
4.4.1.2. INTERFACE	96
4.4.1.3. CENÁRIOS	100
4.5. COMPARAÇÃO DE SOLUÇÕES	102
4.6. TESTES E VALIDAÇÕES	103
4.7. SUMÁRIO	105
5. CONCLUSÕES	107
5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS	107
5.2. LIMITAÇÕES E TRABALHO FUTURO	108
REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS	110

Índice de Figuras

FIGURA 1: EXEMPLO DE DIVISÃO INTELIGENTE	6
FIGURA 2: SOLUÇÕES HABITACIONAIS DE AUTOMAÇÃO	7
FIGURA 3: ESQUEMA DE UMA REDE DOMÓTICA	14
FIGURA 4: DIAGRAMA DE BLOCOS DA COMUNICAÇÃO PLC [10]	17
FIGURA 5: TOPOLOGIA EM ESTRELA [74]	20
FIGURA 6: TOPOLOGIA EM ÁRVORE [74]	20
FIGURA 7: TOPOLOGIA EM MALHA [74]	21
FIGURA 8: ARQUITETURA PROTOCOLAR ZIGBEE [23]	22
FIGURA 9: MENSAGENS DA PILHA PROTOCOLAR ZIGBEE	24
FIGURA 10: REDE PEER-TO-PEER [30]	30
FIGURA 11: RETRANSMISSÃO DE COMANDOS ENTRE DISPOSITIVOS [30]	31
FIGURA 12: CÓDIGO DE CASA [75]	34
FIGURA 13: CÓDIGO DE UNIDADE [75]	35
FIGURA 14: SISTEMA DE ENDEREÇAMENTO [33]	36
FIGURA 15: FORMATO DAS TRAMAS CEBUS [36]	40
FIGURA 16: EXEMPLO DE GESTÃO KNX [59]	42
FIGURA 17: EXEMPLO DE TOPOLOGIA DE REDE LONWORKS ETHERNET E FT10 [62]	46
FIGURA 18: FIBARO HOME CENTER LITE [40]	52
FIGURA 19: SMART FRIENDS BOX - Z-WAVE PLUS [41]	52
FIGURA 20: MICRO SMART HOME CONTROLLER Z-WAVE PLUS ZIPAMICRO [42]	53
FIGURA 21: ZIPATILE - HOME CONTROL SYSTEM Z-WAVE PLUS AND ZIGBEE [43]	53
FIGURA 22: USB CONTROLLER Z-WAVE PLUS - EVERSPRING [44]	54
FIGURA 23: USB DONGLE Z-WAVE PLUS [45]	54
FIGURA 24: ALGUNS COMPONENTES DO HOME-ASSISTANT [48]	56
FIGURA 25: MONTAGEM DO HOME-ASSISTANT NUM CARTÃO SD USANDO O BALENAETCHER	57
FIGURA 26: ESTAÇÃO METEOROLÓGICA POPP [79]	59
FIGURA 27: SENSOR DE PORTA/JANELA [79]	60
FIGURA 28: MICROMÓDULOS DE ESTORES FIBARO [79]	61
FIGURA 29: INTERRUPTOR NANO DA AEON LABS [79]	62
FIGURA 30: INTERRUPTOR NANO DA AEON LABS [79]	63
FIGURA 31: POPP KEYPAD [79]	64
FIGURA 32: TERMOSTATO DE AQUECIMENTO POPP [79]	65
FIGURA 33: TOMADA COM MEDIÇÃO DE CONSUMOS FIBARO [79]	66
FIGURA 34: TRISENSOR DA AEOTEC [82]	71
FIGURA 35: ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE MICROMÓDULO DE ILUMINAÇÃO COM DUAS SAÍDAS [54]	72
FIGURA 36: LOCALIZAÇÃO DOS SENSORES NA HABITAÇÃO	72
FIGURA 37: INSTALAÇÃO DE SENSOR DE PORTA/JANELA	73
FIGURA 38: ARQUITETURA DO CIRCUITO SUPORTADO PELO RASPBERRY PI 3B E PELO Z-STICK GEN5 DA AEON LABS	74
FIGURA 39: INTERFACE INICIAL DO HOME-ASSISTANT	76
FIGURA 40: INTERFACE INICIAL DO APLICATIVO MÓVEL HOME-ASSISTANT	76
FIGURA 41: INSTALAÇÃO DE ADD-ONS NO HOME-ASSISTANT	77
FIGURA 42: CONFIGURAÇÃO SSH NO HOME-ASSISTANT	77
FIGURA 43: ABERTURA DE PORTA NO ROUTER DE INTERNET HG8247Q	78
FIGURA 44: ATRIBUIÇÃO DE DOMÍNIO ATRAVÉS DO DUCDNS [55]	79
FIGURA 45: PROCURAR E INSTALAR O ADD-ON DUCK DNS	80

FIGURA 46: CONFIGURAÇÃO DO DUCKDNS NO HOME-ASSISTANT _____	80
FIGURA 47: LIGAÇÃO VIA SSH AO HOME-ASSISTANT _____	81
FIGURA 48: EXCERTO DO FICHEIRO DE CONFIGURAÇÃO CONFIGURATION.YAML _____	81
FIGURA 49: EXCERTO DO FICHEIRO DE CONFIGURAÇÃO CONFIGURATION.YAML _____	82
FIGURA 50: INTERFACE DO HOME-ASSISTANT APÓS ADICIONAR O SENSOR DE PORTA/JANELA DA FIBARO _____	83
FIGURA 51: EXCERTO DO CÓDIGO PARA O GRUPO "CASA" _____	84
FIGURA 52: PROCEDIMENTO PARA RENOMEAR E ESCONDER UM DISPOSITIVO NO HOME-ASSISTANT _____	86
FIGURA 53: TRIGGER E CONDIÇÃO PRESENTE NUM CENÁRIO NO HOME-ASSISTANT _____	88
FIGURA 54: CONDIÇÃO E AÇÃO PRESENTE NUM CENÁRIO NO HOME-ASSISTANT _____	89
FIGURA 55: TRIGGER E CONDIÇÃO PRESENTE NUM CENÁRIO NO HOME-ASSISTANT _____	90
FIGURA 56: AÇÃO PRESENTE NUM CENÁRIO DO HOME-ASSISTANT _____	90
FIGURA 57: CENÁRIOS NO HOME-ASSISTANT _____	91
FIGURA 58: ARQUITETURA DO CIRCUITO SUPOSTADO PELO HOME CENTER LITE _____	92
FIGURA 59: CONFIGURAR O CONTROLADOR HOME CENTER LITE NA REDE DA HABITAÇÃO _____	93
FIGURA 60: ADICIONAR DISPOSITIVOS AO HOME CENTER LITE _____	94
FIGURA 61: ADICIONAR CÂMARA MANUALMENTE _____	95
FIGURA 62: ADICIONAR UMA CÂMARA ATRAVÉS DO PLUGIN _____	96
FIGURA 63: INTERFACE MÓVEL DO CONTROLADOR FIBARO _____	97
FIGURA 64: INTERFACE INICIAL DO CONTROLADOR HOME CENTER LITE [57] _____	98
FIGURA 65: SECÇÃO DE CONSUMO ENERGÉTICO DO HOME CENTER LITE _____	99
FIGURA 66: ADICIONAR UM PAINEL DE REGA PELA INTERFACE HOME CENTER LITE _____	101
FIGURA 67: DISPOSIÇÃO DOS NÓS NO PRIMEIRO ESQUEMA DE TESTES _____	103

Índice de Tabelas

TABELA 1: COMPARAÇÃO ENTRE PROTOCOLOS DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL _____	47
TABELA 2: ALGUNS CONTROLADORES PRESENTES NO MERCADO _____	58
TABELA 3: ALGUNS SENSORES DO MERCADO [79] _____	61
TABELA 4: MICROMÓDULOS DE ILUMINAÇÃO [79] _____	63
TABELA 5: CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DAS 2 SOLUÇÕES _____	105

Acrónimos

AC	–	Alternating Current
API	–	Application Programming Interface
GPIO	–	General Purpose Input/Output
IP	–	Internet Protocol
LAN	–	Local Area Network
LED	–	Light-Emitting Diode
Ltd	–	Sociedade de Responsabilidade Limitada
MAC	–	Media Access Control
PLC	–	Power line Communication
PC	–	Personal Computer
RAM	–	Random-Access Memory
RF	–	Radiofrequência
RS232	–	Recommended Standard 232
SD	–	Secure Digital
USB	–	Universal Serial Bus
V	–	Volts

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

O termo “domótica” (sistema de automação residencial) resulta da junção da palavra “*Domus*”, que significa casa, com a palavra “Robótica”, que significa controlo automatizado [65]. A domótica visa a automatização de casas através do seu controlo e monitorização, permitindo a gestão de recursos habitacionais como o aquecimento, os eletrodomésticos, o controlo de acessos, entre outros, através de um comando remoto, da internet, do computador pessoal ou, ainda, do telemóvel. Surgiu nos anos 80 e as suas primeiras instalações consistiam na ligação de sensores e atuadores, interligados a uma unidade de controlo. Esta unidade de controlo agregava toda a inteligência necessária para controlar uma habitação. Contudo, estes sistemas apresentavam desvantagens, tais como serem quase sempre proprietários, pouco flexíveis e de custo elevado.

Com o passar dos anos, a redução dos custos do hardware contribuiu para que se iniciasse a produção em massa de sensores e atuadores, dotados de inteligência suficiente para implementar uma rede local de controlo distribuído. Aliada a este tipo de arquitetura distribuída, a domótica apoia-se também nas novas tecnologias standards como o *X10* [31], o *CEBus* [37], *ZigBee* [20], o *Z-Wave* [25], o *Insteon* [29], o *Lonworks* [62] e o *EIB/KNX* [58]. Desta forma, as novas instalações domóticas são mais fáceis de implementar e de utilizar devido à sua flexibilidade, modularidade e custo mais reduzido.

A utilização de um sistema domótico num edifício apresenta como vantagens a segurança, o conforto, a gestão energética, a comunicação remota, entre outras.

Quanto às desvantagens, é de salientar o seu elevado custo de investimento, apesar da existência de diversos sistemas domóticos, a necessidade de recorrer a técnicos

especializados e, aquando da utilização de uma tecnologia proprietária, ficar dependente de um único fornecedor.

1.2. MOTIVAÇÃO

Apesar da grande existência de sistemas para o controlo de edifícios e habitações, os custos dos equipamentos para este fim ainda apresentam valores elevados. A principal causa deste custo elevado está relacionada com a falta de interligação entre os vários sistemas, pois sempre que um utilizador escolhe um sistema, terá de continuar sempre com esse mesmo sistema, originando um cliente fixo. Assim, para o utilizador é importante escolher por qual optar, tanto ao nível de custos de instalação e manutenção, como em fiabilidade e segurança para o futuro.

1.3. OBJETIVOS

Usando como tecnologia de trabalho o protocolo *Z-Wave* [25], o principal objetivo desta dissertação é perceber de facto quais as diferenças e limitações de duas soluções de vigilância e controlo habitacional apoiadas nesse protocolo. Uma das soluções contemplará o uso de um controlador *Z-Wave* nativo da marca *Fibaro* com *software* pago (*FIBARO Finder* [67]), e a outra solução será baseada num *Raspberry Pi 3 Model B* [66] e um *software* gratuito *Home-Assistant*[68].

Dada a complexidade associada a este objetivo, houve a necessidade de o subdividir em tarefas mais simples, tais como:

- Integração de sensores e atuadores *Z-Wave* nos controladores;
- Desenvolvimento de cenários para controlo calendarizado e autónomo;
- Integração de câmaras de vigilância IP nos controladores;

Para além deste objetivo foi também proposto conhecer, avaliar e perceber os vários protocolos associados à automação residencial. Identificar quais os protocolos em fim

de vida, quais os protocolos com margem de expansão e o que será possível e passível de ser acrescentado ao catálogo de equipamentos de domótica habitacional.

1.4. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

No capítulo 1 referente á introdução, estão referenciados os objetivos da dissertação, a contextualização bem como a organização deste relatório. No capítulo seguinte, 2, é introduzido o conceito de “automação residencial” e são apresentados os principais protocolos de automação que vigoram no mercado, as suas características fundamentais e correspondentes modos de funcionamento. De seguida, no capítulo 3, é analisado o catálogo de equipamentos *Z-Wave*, são dados a conhecer vários equipamentos, incluindo alguns que são usados no caso prático. O capítulo 4 contem o desenvolvimento deste caso de estudo, metodologias e resultados. No último capítulo, 5, estão descritas as principais conclusões e contribuições desta dissertação, sendo também citadas algumas sugestões e perspectivas de trabalho futuro.

2. AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

2.1. CONCEITO “DOMÓTICA”

As áreas que têm vindo a ter mais foco pela domótica são: a eficiência energética, o controlo de luzes, o controlo remoto, os cuidados remotos e a segurança [1].

A eficiência energética está relacionada com a monitorização do consumo de energia elétrica e a sua gestão, no sentido de alcançar o menor desperdício possível sem que sejam afetados o conforto e a qualidade de vida [2]. O consumo energético de uma habitação depende de diversos fatores, tais como a zona onde a mesma se situa, a qualidade de construção a nível de isolamento, o tipo de equipamentos utilizados e o uso que lhes é dado. Hoje em dia, tanto habitações como equipamentos são classificados com uma classe de desempenho energético. De acordo com o Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico 2010 (ICESD 2010), o sector residencial contava com cerca de 3,9 milhões de habitações, verificando-se que esse universo era responsável por 17,7% do consumo anual de energia final [3]. Esse consumo energético tem vindo a registar um crescimento significativo, também devido, em parte, ao aumento da aquisição de equipamentos consumidores de energia.

A ADENE – Agência para a Energia, é a entidade gestora do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), que visa a avaliação e melhoria do desempenho energético aos edifícios [69]. De acordo com a entidade, e em relação ao consumo elétrico de uma habitação média, são consumidos cerca de 3.700 kWh por ano.

O aproveitamento da energia e redução do seu consumo é um dos aspetos mais importantes da instalação de um sistema de domótica e, com o uso destes sistemas, estes consumos serão reduzidos significativamente.

O controlo de luzes, é dos sistemas que mais está ligado à eficiência energética, sendo que, não existindo movimento numa divisão da habitação, um sensor poderá comunicar a um controlador para desligar as luzes, evitando assim um gasto de energia acrescentado. Caso contrário, quando exista movimento, as luzes serão ligadas. As luzes podem ser controladas a partir de qualquer lugar e o interruptor não necessita estar ligado diretamente a uma lâmpada (Figura 1).



Figura 1: Exemplo de divisão inteligente

O controlo remoto, como o próprio nome indica, permite que o utilizador possa controlar a habitação, potencialmente, em qualquer lugar. Assim, por exemplo, mesmo no trabalho, o utilizador pode controlar o sistema de aquecimento, ventilação e ar condicionado da habitação para que o ambiente esteja confortável quando pretendido.

Os cuidados remotos referem-se aos cuidados de saúde para quem se encontra na habitação. Assim, com o auxílio de tecnologia wearable [63], é possível monitorizar os utilizadores por longos períodos, no sentido de diagnosticar doenças e possibilitar um tratamento mais eficaz numa fase precoce, de possibilitar aos pacientes a realização de sessões de fisioterapia e reabilitação no conforto do lar, com monitorização remota por parte dos terapeutas, e a deteção de situações de emergência [5] e atuação em tempo recorde, podendo até contactar uma linha de emergência, caso seja necessário [4].

Por fim, a segurança é outra área de atuação da domótica, através, por exemplo, de sensores que detetam movimento indesejado e ativam alarmes, ou circuitos de câmaras que detetam intrusos.

Na figura abaixo (Figura 2) é possível ver várias hipóteses de sensores e atuadores para uma casa e como os controlar.



Figura 2: Soluções habitacionais de automação

2.2. APLICABILIDADE DA DOMÓTICA

A aplicação da automação residencial tem demonstrado que é possível proporcionar ou até mesmo ampliar benefícios em fatores como: a gestão, o conforto, a economia, a prevenção de incêndios e as falhas de equipamentos e até mesmo segurança aos moradores/utilizadores. Em geral, os projetos das residências convencionais não satisfazem por completo os desejos dos moradores, algo contraditório, pois a habitação, por atender às necessidades básicas do ser humano como as de proteção, segurança e bem-estar, é considerada como um dos bens de consumo de maior importância para a maioria das famílias.

2.2.1. SEGURANÇA

Nesta secção serão descritas algumas formas de precaver catástrofes numa habitação, como por exemplo, uma inundação, um incêndio ou uma fuga de gás seguida de uma possível explosão. É um facto que são todas situações com probabilidades reduzidas de acontecer, mas se for possível reduzir ainda mais esse número, tanto melhor.

2.2.1.1. INUNDAÇÃO

Um edifício tem quase como obrigação ter um sistema que deteta inundações, quer edifícios residenciais quer de serviços, uma vez que associados a si trazem elevados prejuízos económicos, como a destruição de pavimentos, tetos, equipamentos eletrónicos, moveis, etc.

Os sensores, instalados em locais estratégicos (lavandarias, cozinhas, casas de banho, etc.) detetam o excesso de água e podem ativar as electroválvulas para cortar o abastecimento, uma solução para o problema que deixa muito espaço de manobra para o proprietário [12].

2.2.1.2. FUGAS DE GÁS

O primeiro fator a ter em conta para minimizar ao máximo uma fuga de gás é a qualidade do projeto e da entidade executante do mesmo, o segundo está no sistema doméstico utilizado, que automático, corta o abastecimento em caso de deteção de alguma fuga. Para isto, é necessário instalar sensores próprios.

O seu funcionamento é em tudo semelhante ao do sistema inundação, através de sensores instalados em locais estratégicos (cozinhas, casas de banho, garagem, etc.), é analisado o ar. Caso necessário, é enviada informação às electroválvulas para cortar o abastecimento de gás e depois enviar informação ao proprietário da habitação [12].

2.2.1.3. INCÊNDIO

Esses sensores analisam o ar de casa a cada X segundos para detetar variações de temperatura ou gases. Ocorrendo uma fuga, esse alarme é capaz de comunicar com os sistemas de extinção, notificar os bombeiros e, é claro, informar o morador do que está a acontecer e em qual divisão da casa [12].

2.2.1.4. INTRUSÃO

É nesta área que o mercado da domótica disponibiliza um maior número de soluções, vão desde a utilização de estores de segurança, vidros à prova de bala e portas blindadas, à colocação de barreiras e detetores de movimento, sensores de quebra de vidros, sensores de abertura de janelas, portas, tudo para combater o máximo possível a possibilidade de intrusão num edifício.

Existem várias funcionalidades/sistemas que ajudam a reduzir ao máximo o risco de intrusão, tais como:

- Em caso de uma invasão bem-sucedida, isolar o intruso ao máximo no interior através de abertura e fecho automático de portas e estores, condicionando o intruso a uma determinada área da casa;
- Intimidação por iluminação automática de determinadas áreas no interior, simulando movimento na habitação.

2.2.2. CONFORTO

Nesta secção serão descritas algumas maneiras de acrescentar conforto à habitação. Ter um sistema automático de fecho de estores ou de controlo de iluminação, retira ao morador preocupações básicas, conseguindo assim, diretamente do sofá fazer esta gestão.

2.2.2.1. CONTROLO E REGULAÇÃO DE ILUMINAÇÃO

Este sistema é dos mais conhecidos na área da domótica. A sua ativação pode ser feita sem qualquer interação humana, sendo para isso necessários sensores de movimento. Com o acionamento automático ativo, também a intensidade pode ser regulada para uma determinada zona ou para um determinado horário, por exemplo, para um hall de entrada pode ser definida uma maior intensidade até às 23h, mas entre as 23h e 6h uma menor intensidade, suficiente para a circulação [70].

Nas salas, cozinhas, jardins, entre outros, a iluminação pode ser ativada pela presença, através de programas de iluminação pré-estabelecidos, sendo mais variados os cenários pré-estabelecidos por exemplo para ver televisão, para dar uma festa, para as refeições.

2.2.2.2. CONTROLO E REGULAÇÃO DE AQUECIMENTO

Controlar e detetar a temperatura de uma divisão pode ser efetuada através de sensores de temperatura que comunicam diretamente com um controlador, que por sua vez irá definir a atuação. A temperatura pode ser programada para um funcionamento global, onde todos os compartimentos são configurados para terem a mesma temperatura, ou para um funcionamento por divisão onde a temperatura é definida para cada uma das divisões do edifício. Esse controlo é constante, e cabe ao utilizador criar cenários para diferentes dados recebidos no controlador, ou mesmo alterar manualmente sempre que queira.

2.2.2.3. CONTROLO DE CORTINAS, ESTORES OU TOLDOS

Este serviço pode e deve interligar vários sistemas, porque faz com que os estores, cortinas e toldos corram, desçam e subam automaticamente, é fundamental a respetiva interligação. O controlo da abertura e fecho de estores pode ser importante em diversos fatores [71]:

- Luminosidade forte ou fraca;
- Quebra de vidros;
- Intrusão;
- Ciclos diários (matinais e noturnos).

2.2.2.4. CONTROLO DO SISTEMA DE REGA

Este sistema, na maioria das vezes não é associado, mas devia, aos restantes sistemas domóticos. Assim, o sistema pode ser acionado conforme a temperatura e humidade do ar (através de sensores exteriores, estações meteorológicas). Caso haja parte do jardim ou habitação em manutenção, ou até mesmo se for detetada uma falha no abastecimento de água, é possível desligar parte ou mesmo por completo todo o sistema de rega. Pode e deve haver um sentido de responsabilidade ambiental e adaptar os cenários criados para que o desperdício de água seja o mínimo possível.

2.2.3. GESTÃO ENERGÉTICA

Nesta secção serão descritas algumas soluções para que uma habitação se torne o mais energeticamente viável. Cada vez mais a poupança energética é uma preocupação de todos, por isso é essencial ter uma habitação onde haja um grande controlo sobre esses gastos.

2.2.3.1. GESTÃO DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS

Sem a devida preocupação dedicada, os equipamentos elétricos mantidos em standby vão aumentando o desperdício de eletricidade ao longo dos tempos. É nesse campo que a domótica pode e deve combater, criando cenários para que aquando da ausência ou utilização nula dos equipamentos, estes sejam desligados da corrente.

Adaptando o horário na utilização dos equipamentos mais potentes evita a ocorrência de picos e permite reduzir bastante a fatura energética ao diminuir a potência contratada, para isso basta programá-los para ativarem nos períodos em que as tarifas são mais reduzidas, assim o consumo energético será menor [13].

2.2.3.2. CONTROLO DE ILUMINAÇÃO

Interligando o sistema de iluminação com o sistema de cortinas e estores, permite que seja regulada a necessidade de iluminação artificial, para que assim seja aproveitada ao máximo a luz natural. A programação do sistema para desligar toda a iluminação em caso de desocupação, é outro fator que permite reduzir os gastos energéticos.

2.2.3.3. CONTROLO DE AQUECIMENTO

É possível, integrar os sistemas de estores com o sistema de aquecimento. Através da deteção de janelas abertas, o aquecimento nessa divisão diminui ou desliga-se, permitindo assim reduzir o desperdício energético. Mas todo esse sistema pode ser adaptado às divisões, porque uma casa de banho não tem a mesma necessidade de aquecimento ao longo do dia que uma sala, nem mesmo a própria sala na ausência dos habitantes.

2.2.4. COMUNICAÇÃO

Nesta secção será apresentado formas de comunicar com todo o circuito residencial, seja controlo dentro da própria casa ou mesmo à distância, através da internet.

2.2.4.1. COMANDOS FÍSICOS/CONVENCIONAIS

É habitual considerar-se que com a implementação do sistema domóticos os tradicionais interruptores, que têm como função o simples desligar e ligar, são abolidos. No entanto, por questões práticas, estes continuam a existir, possibilitando assim o controlo local sempre que necessário.

2.2.4.2. COMANDOS À DISTÂNCIA

Estes são uma das maiores vantagens da domótica, conseguir controlar remotamente inúmeros equipamentos, entre eles, fogões elétricos, televisões e climatização. Este controlo pode ser feito individualmente ou através de ativação de cenários que engloba parte deles.

2.2.4.3. INTERNET

Cada vez mais, acesso à internet é algo comum, não só numa habitação, mas também em qualquer espaço público. Com recurso à internet, é possível transformar um telemóvel ou computador numa central capaz de controlar praticamente toda a habitação.

2.3. REDE DOMÓTICA

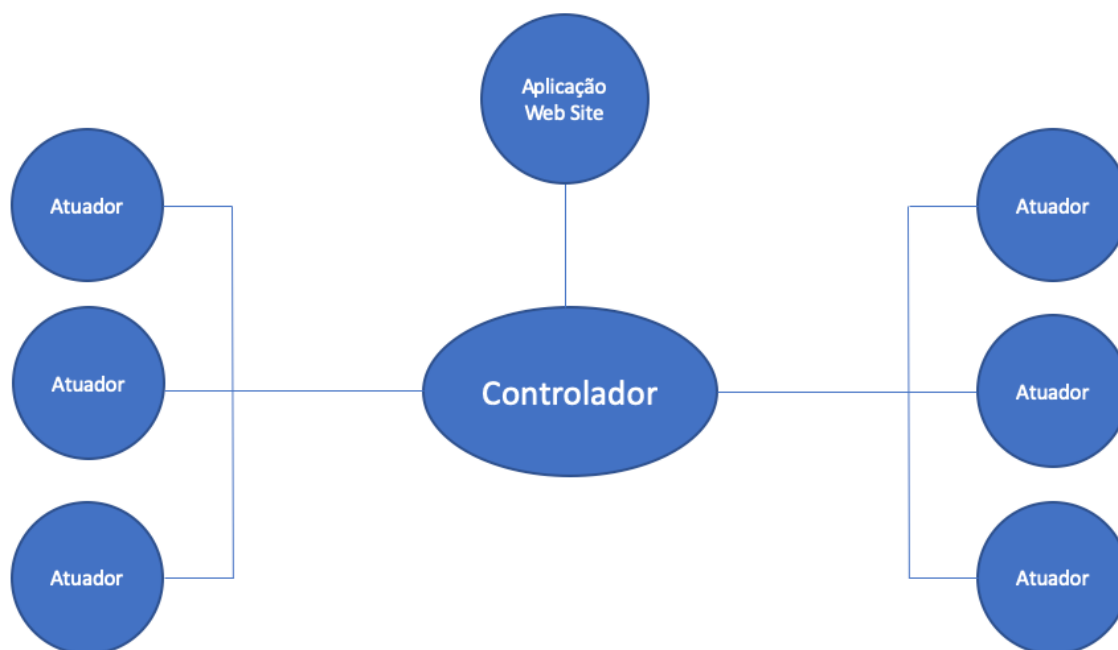


Figura 3: Esquema de uma rede doméstica

As redes domésticas (Figura 3) têm vindo a assumir um papel de importância crescente em diversas áreas, nomeadamente nos edifícios do setor terciário [8], e têm vindo a expandir-se ao sector habitacional.

Devido às inovações tecnológicas das últimas décadas, o paradigma de habitação encontra-se neste momento em alteração. Atualmente uma habitação não possui apenas a função de local de refúgio ou descanso, mas também ser um local de lazer, bem-estar e repouso. Os sistemas domésticos baseiam-se no uso de 5 tipos de dispositivos: sensores, atuadores, controladores, interfaces e dispositivos específicos, todos eles conectados por rede. Ao agir em conjunto e seguir um protocolo específico, eles podem comportar-se de forma “inteligente” [6].

- Controladores, tal como é explícito no próprio nome, controlam dispositivos na rede. Recebem a informação dos sensores transmitindo-a aos atuadores;
- Os sensores são responsáveis por detetar as alterações ou comandos do edifício, por exemplo, comando de um botão de pressão, movimento, alteração da

luminosidade, temperatura, humidade, etc. Recolhem essa informação e entregam-na a equipamentos na rede usando uma rede de comunicação. São considerados dispositivos de entrada pois é por eles que a informação entra no sistema [6];

- Os atuadores, como dispositivos de saída, são responsáveis por executar uma ação por mais simples que seja. São estes os aparelhos que ficam encarregues de desencadear a ação em si. Desde regular intensidades, dar ordens de *on* ou *off*, trancar e destrancar fechaduras ou subir e descer estores [7];
- As interfaces, fornecem e recebem informação do utilizador, instaladas normalmente em *smartphones*, *tablets*, *smartwatches*, computadores, etc.;
- Os dispositivos específicos são elementos necessários ao funcionamento do sistema, como por exemplo, os modems ou routers que permitem o envio de informação entre os diversos meios de transmissão onde viaja a mensagem.

2.4. COMUNICAÇÃO EM SISTEMAS DE DOMÓTICA

Com a massificação dos sistemas de automação residencial na sociedade, levou-se também ao desenvolvimento de uma área fundamental que é a comunicação entre controladores e dispositivos de campo. Nessa evolução, surgiram três tipos de comunicação para sistemas de domótica.

2.4.1. CABLE (CABO)

As tecnologias com fios foram o início da domótica. Estas tecnologias tinham o incómodo da necessidade de introdução de cabos adicionais na infraestrutura para que os dispositivos comunicassem entre eles. Não existem muitas tecnologias conhecidas associadas à domótica com fios, contudo, existem marcas de componentes elétricos, como por exemplo a Honeywell [72], que avançaram no desenvolvimento de dispositivos de controlo domótico proprietários, baseados em tecnologias de rede já

existentes, como é o caso da Ethernet [73], e assentes sobre par entrelaçado, cabo coaxial ou fibra ótica. As tecnologias com fios têm as suas vantagens, como melhores taxas de transferência, menor taxa de perdas de pacotes devido a fatores como a distância, ruído e interferência, e maior segurança, comparativamente a tecnologias sem fios. Um exemplo de sistemas de domótica com fios ainda bastante presentes atualmente são os sistemas de videovigilância, devido às taxas de transferência de dados necessárias [9].

2.4.2. POWERLINE (REDE ELÉTRICA)

As tecnologias *powerline* (PLC) baseiam-se numa transmissão de dados através de rede elétrica, utilizando uma técnica de modulação adequada ao meio. Os dispositivos PLC podem monitorizar e, consoante o pretendido, comunicar sobre a rede elétrica da habitação [10].

Este sistema é dividido em três partes principais, nomeadamente: o transmissor, a linha elétrica e o recetor. Na Figura 4 é possível observar os blocos do transmissor e do recetor. Na parte do transmissor, os dados modulam uma onda portadora e, em seguida, o sinal resultante é transmitido através da linha elétrica. No recetor, o sinal modulado é recebido e, com o uso de técnicas de desmodulação, os dados são recuperados. Num módulo PLC existe um circuito transmissor e um circuito recetor, para comunicação bidirecional [11]. Alguns dos sistemas de comunicação *powerline* mais conhecidos são o X10 [31] e a *INSTEON* [30].

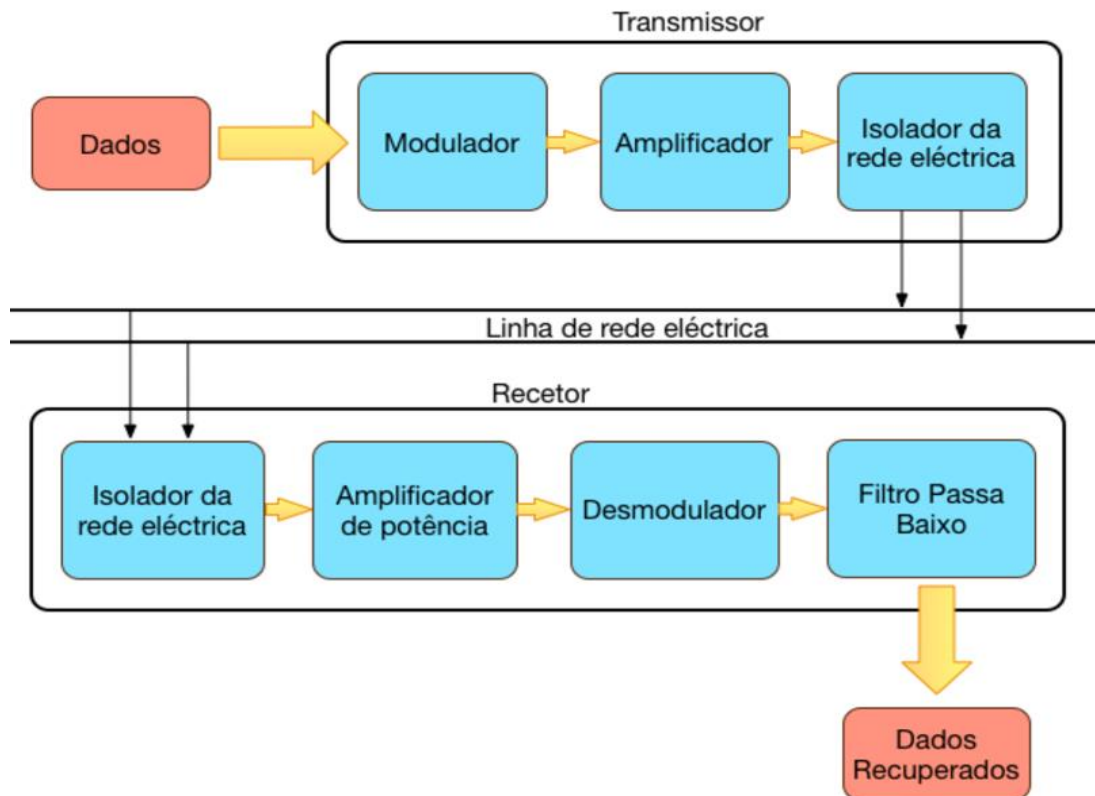


Figura 4: Diagrama de blocos da comunicação PLC [10]

2.4.3. WIRELESS (SEM FIOS)

As tecnologias sem fios constituem uma alternativa às redes convencionais com fios, fornecendo as mesmas funcionalidades, mas de uma forma mais flexível. Apesar das vantagens deste tipo de redes, existem desvantagens: o consumo de energia, o alcance, as interferências no sinal, a menor largura de banda, entre outros. Muitas das desvantagens apresentadas têm vindo a diminuir com o avanço da tecnologia.

2.5. PROTOCOLOS DE AUTOMAÇÃO

Com o aumento dos edifícios com sistemas autónomos, surgiram diversos protocolos de comunicação neles implementados. De realçar que já existem protocolos que têm o poder de combinar dois tipos de comunicação (*powerline* e radiofrequência) com o

objetivo de alargar o número de habitações onde pode ser implementado um sistema doméstico.

Os protocolos de automação doméstica podem ser classificados pela sua abertura relativamente a comunicações:

- **Protocolos abertos:** são sistemas desenvolvidos por inúmeros fabricantes. Cada fabricante pode introduzir as melhorias que acha necessário, uma vez que, sendo um protocolo aberto a várias entidades, leva a uma facilidade de dispersão da tecnologia usada. Com isto, a qualidade do sistema cresce com maior facilidade, ficando assim assegurada a satisfação dos clientes, pois em caso de surgirem problemas com o sistema, o utilizador encontrará solução no seu fornecedor, ou noutro que comercialize equipamento do mesmo protocolo [14];
- **Protocolos abertos a fabricantes:** são sistemas desenvolvidos por uma entidade que posteriormente vende a sua utilização a empresas que o pretendam adotar;
- **Protocolos fechados a fabricantes:** são sistemas desenvolvidos por uma empresa que os utiliza em regime de exclusividade. Toda a venda de equipamentos, serviços e suporte estão ao cargo da própria entidade, o que os torna extremamente desaconselháveis.

Tendo em consideração a classificação anteriormente apresentada, de seguida apresentam-se os protocolos de automação doméstica mais relevantes.

2.5.1. ZIGBEE

O protocolo *ZigBee* foi criado em 2006, implementado sobre o IEEE802.15.4, um padrão criado em Maio de 2004 que consiste num simples protocolo de redes sem fios. A especificação do *ZigBee* está a cargo de um consórcio industrial não lucrativo de produtores e outras companhias, que juntos se designam por *ZigBee Alliance* [15].

O *ZigBee* tem como objetivo um baixo consumo de energia de modo a que, ao ser alimentado por baterias, os seus dispositivos tenham uma elevada autonomia. As redes

IEEE802.15.4/*ZigBee* têm sido utilizadas em diversas áreas de aplicação, como o desporto [16], a agricultura [17], a medicina [18] a automação industrial [19], etc.

O baixo custo de instalação oferecido pela *ZigBee* ajuda a combater os caros e complexos problemas de arquitetura com sistemas de automação residencial. De modo a satisfazer os requisitos de baixo custo financeiro e energético, o *ZigBee* é uma tecnologia que utiliza potências de transmissão e taxas de transmissão de dados substancialmente menores do que redes de área local. Isso implica um alcance menor. Contudo, este suporta comunicações *multihop* (grupo de nós móveis que se comunicam sem exigir uma infraestrutura sem fio fixa) e, assim, consegue aumentar o alcance [20]. O controlador *ZigBee* tem a responsabilidade de criação e manutenção da rede e cada dispositivo eletrônico na habitação pertence a essa mesma rede. O *ZigBee* suporta uma elevada quantidade de nós na rede, até 65.535 dispositivos por cada controlador, atingindo um alcance direto máximo com mais de 10 metros. Este protocolo pode operar em diferentes bandas de frequência: a banda dos 2.4 GHz que, com 16 canais, do 11 ao 26, separados por 5 MHz, pode obter taxas de transmissão até 250 kbps; a banda dos 915 MHz que, com 10 canais, do 1 ao 10, pode obter taxas de transmissão na ordem dos 40 kbps; e 868 MHz, no canal 0.

2.5.1.1. TOPOLOGIAS

O *ZigBee* define três tipos de nós: o coordenador (C), o encaminhador ou router (R) e o *end device* (ED) e admite diferentes tipos de topologia [21]. Na Figura 5 é visível a topologia em estrela. Esta tem um nó central (controlador) que está ligado a todos os outros nós da rede, e todas as mensagens passam pelo nó central [22][23].

Na topologia em árvore, o nó superior é o coordenador, e para enviar uma mensagem é necessário percorrer a árvore até ao topo e, em seguida, descer. Tem como desvantagem a inexistência de uma rota alternativa caso a ligação necessária falhe, como é possível observar na Figura 6 [22][23].

Na topologia em malha (“mesh”) os *routers* comunicam entre si, existindo assim rotas alternativas. A ligação entre os routers é o que diferencia esta tipologia e a topologia em árvore. Na Figura 7 é apresentado um exemplo da topologia em malha.

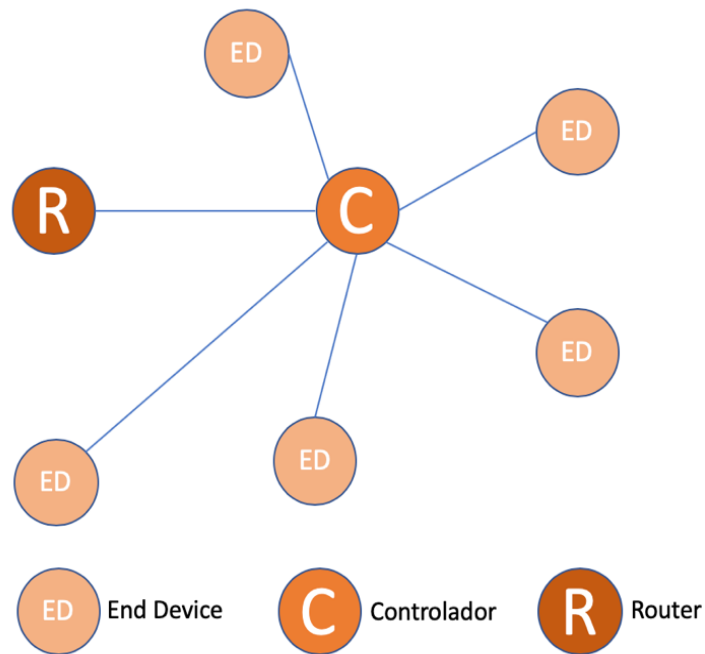


Figura 5: Topologia em estrela [74]

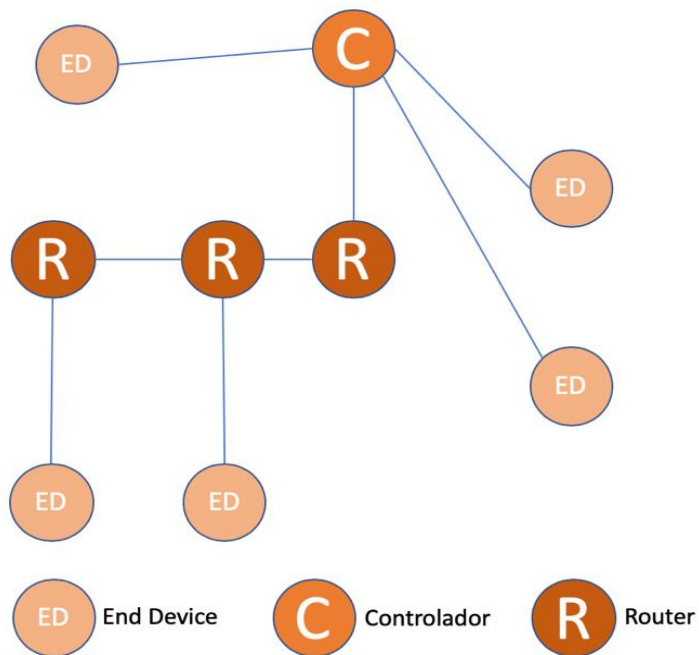


Figura 6: Topologia em árvore [74]

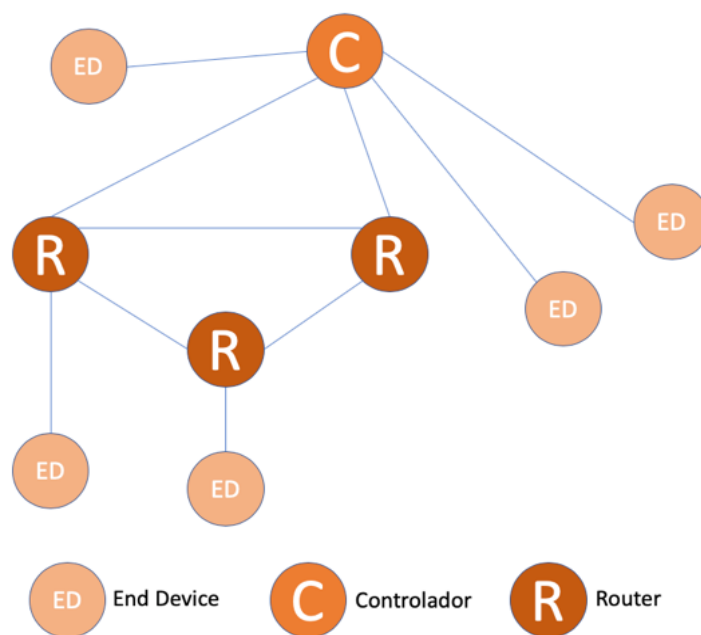


Figura 7: Topologia em malha [74]

2.5.1.2. PILHA PROTOCOLAR

O *ZigBee* assenta sobre a norma IEEE 802.15.4. Na Figura 8 é visível a arquitetura da pilha protocolar *ZigBee* [22][23].

A camada de rede (NWK) cuida de todas as operações relacionadas à rede, como configuração da rede, conexão do dispositivo final e desconexão à rede, roteamento, configurações do dispositivo, etc. Esta camada é responsável por fornecer serviços que permitam o correto funcionamento da camada de controlo de acesso ao meio (MAC) do 802.15.4, e, da mesma forma, serviços adequados para a interface com a camada de aplicação. Para esta camada existem duas entidades, o serviço de dados e o serviço de gestão.

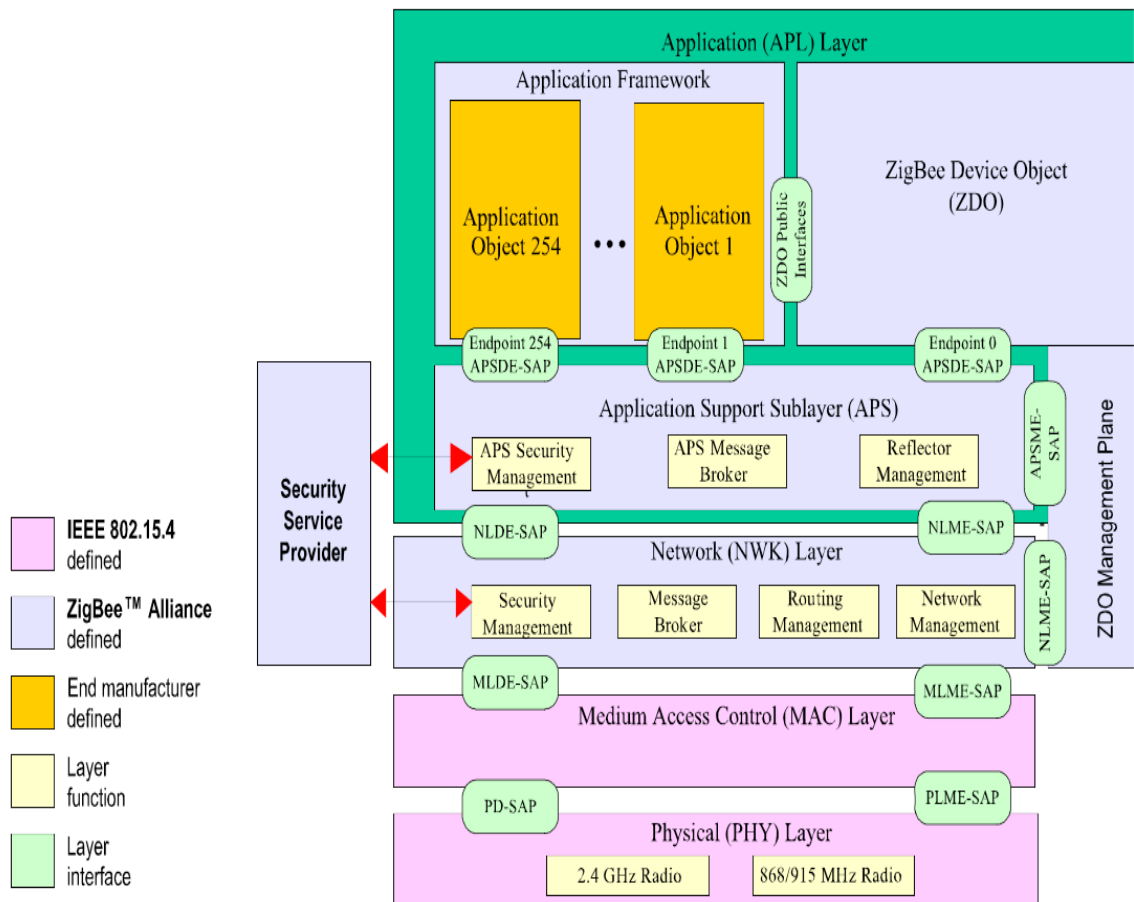


Figura 8: Arquitetura protocolar ZigBee [23]

O NLME (*Network Layer Management Entity*) é o serviço de gestão que, através do seu ponto de acesso ao serviço (SAP – *Service Access Point*) fornece serviços responsáveis por criar recursos que permitam à aplicação interagir com a pilha protocolar. O NLME tem ainda outros serviços disponíveis como:

- Configuração de novos dispositivos;
- Criação de uma rede;
- Juncão ou abandono a uma rede;
- Endereçamento;
- Descobrir vizinhos;
- Descobrir rotas.

Esta entidade é a entidade que fornece o serviço de transmissão de dados através do seu SAP, e está capacitada a fornecer serviços como:

- Criação de NPDUs (*Network Protocol Data Units*);
- Topologia específica de roteamento;
- Segurança.

A camada de aplicação *ZigBee* consiste na subcamada *Application Support (APS)*, no *ZigBee Device Object (ZDO)* e nos objetos de aplicação definidos pelo fabricante na *Application Framework (AF)*. A responsabilidade da subcamada *Application Support (APS)* incluem a manutenção de tabelas para efetuar o binding, que é a capacidade de combinar dois dispositivos baseados nos seus serviços e necessidades, e o encaminhamento de mensagens entre os dispositivos ligados. Existem dois tipos de mensagem: *Key-Value Pair (KVP)*, onde cada nó conhece o endereço do nó destino; e *Message Service Type (MSG)*, onde é necessário que seja feita e armazenada uma ligação entre dois end points. Outra responsabilidade da subcamada APS é a funcionalidade de discovery, que é a capacidade para determinar quais são os outros dispositivos que operam no espaço operacional pessoal de um dispositivo. Isto é realizado com auxílio de duas entidades, o serviço de dados, *Application Support Sub-Layer Data Entity (APSDE)*, e o serviço de gestão, *Application Support Sub-Layer Management Entity (APSME)*. As responsabilidades do *ZigBee Device Object (ZDO)* incluem a definição da função do dispositivo dentro da rede (como, por exemplo, coordenador, router ou end device), iniciar e/ou responder a pedidos de ligação, e estabelecer uma relação segura entre dispositivos de rede, selecionando um dos métodos de segurança do *ZigBee*, tais como: chave pública, chave simétrica, entre outros.

A *Application Framework (AF)* fornece funções que permitem enviar e receber dados. Nesta subcamada o utilizador pode definir até 240 objetos de aplicação, em que cada um é identificado pelo seu end point, tornando possível o desenvolvimento e identificação de aplicações no mesmo nó. Na Figura 9 são visíveis os formatos das mensagens criadas pelas diferentes camadas da pilha protocolar *ZigBee* [24].

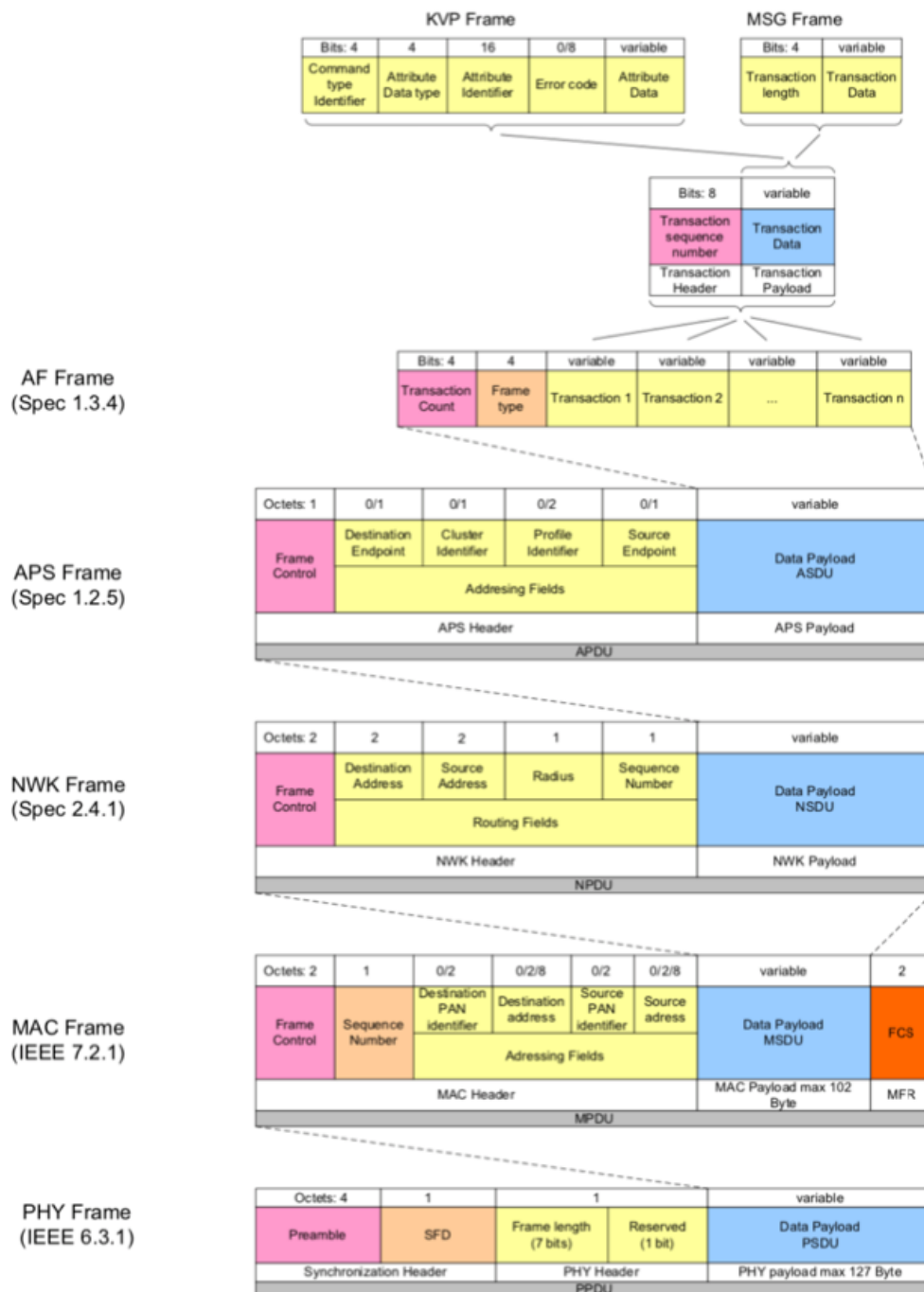


Figura 9: Mensagens da pilha protocolar *ZigBee*

2.5.2. Z-WAVE

Z-Wave é um protocolo para automação doméstica de baixo custo completamente wireless e é implementável em qualquer estrutura, nova ou antiga, sem exigências ao

nível de infraestrutura presente no edifício. O utilizador pode elaborar um sistema com dois dispositivos e acrescentar novos à medida da sua vontade.

O *Z-Wave* foi desenvolvido pela empresa dinamarquesa chamada *Zen-Sys*. Dois engenheiros dinamarqueses fundaram o *Zen-Sys* no final da década de 1990. A partir da ideia inicial de desenvolver a própria solução de automação residencial, a empresa evoluiu rapidamente para se tornar um fornecedor de tecnologia de comunicação vendendo para empresas que queriam desenvolver soluções de controlo. Mais tarde, em 2009, com o dinamismo crescente do mercado da domótica a *Zen-Sys* foi comprada pela *Sigma Designs*, uma fabricante de chips dos Estados Unidos da América [25].

Com tecnologia digital bidirecional, o *Z-Wave* congrega todos os dispositivos numa rede “*mesh*” (Figura 7) para o controlo completo de residências, espaços comerciais e até mesmo edifícios de serviços com maiores dimensões [26]. O controlo pode ser feito dentro e fora do espaço, através da internet usando qualquer computador ou telemóvel, sempre de forma segura.

Tecnologicamente este protocolo destaca-se pela fiabilidade, baixo consumo, rapidez e alcance das suas redes. O facto de trabalhar numa banda estreita, que está fora dos 2,4 GHz, faz com que não sofra interferências de redes wireless, sistemas *Bluetooth*, telefones sem fio ou dispositivos de transmissão áudio/vídeo. Cada equipamento *Z-Wave* alimentado por corrente elétrica, após configurado na sua rede, repete as mensagens que lhe chegam via rádio frequência, sendo que o dispositivo alvo, responde com a confirmação de comando recebido. Obtém-se, portanto, uma rede de alcance bastante alargado desde que os dispositivos estejam espaçados entre si até um máximo de 30 metros em linha de vista (poderá ser inferior mediante as características do edifício). Todo este processo de envio, repetição, execução e devolução da confirmação de comandos, é produzido praticamente de forma instantânea e com um consumo residual.

A aliança *Z-Wave Alliance* foi criada no início de 2005 por um grupo dos principais fabricantes de produtos de controlo residencial, insatisfeitos com a fragmentação tecnológica. Graças aos esforços das empresas fundadoras da *Z-Wave Alliance* e das

mais de 450 empresas que se juntaram a elas, a promessa de controlo doméstico prático e generalizado é agora uma realidade do mercado [27]. A interoperabilidade entre fabricantes é exigida pela entidade reguladora *Z-Wave*, permitindo aos produtores a especialização e garantido ao utilizador a compatibilidade entre marcas.

Apesar de ter nascido como um protocolo proprietário, com a recetividade que o *Z-Wave* teve no mercado e com o sucesso da tecnologia como ecossistema de controlo residencial, em 2012 tornou-se num sistema aberto e público. Desta forma o consumidor não está preso a uma marca ou protocolo proprietário, podendo escolher a melhor e mais atual solução para o seu sistema [28].

2.5.2.1. DISPOSITIVOS

No protocolo *Z-Wave* existem dois tipos de equipamentos principais, os controladores e os dispositivos escravos. A principal diferença está no facto de apenas os controladores terem a habilidade de construir e gerir uma rede. O controlador onde são inseridos novos nós é conhecido como controlador primário. Existem outros controladores, designados de controladores secundários, que realizam funções de controlo dentro da rede criada pelo anterior. Estes controladores podem ser portáteis ou estáticos:

- **Portáteis:** estes controladores são alimentados a bateria e permitem uma mobilidade associada;
- **Estáticos:** são alimentados com corrente elétrica e instalados numa localização fixa.

O modo como são alimentados os dispositivos determina a sua habilidade para comunicar. Um módulo com uma alimentação consistente tem a capacidade de ficar acordado e reagir imediatamente a todas as mensagens que passam por ele. Por outro lado, um módulo alimentado a bateria, necessita de poupar o máximo de energia, e para isso entra num modo adormecido e apenas comunica com os vizinhos quando “acorda”.

É devido a este facto, que no protocolo *Z-Wave*, apenas os dispositivos alimentados com corrente elétrica têm a capacidade de reproduzir a mensagem que recebem, aos seus nós vizinhos.

2.5.2.2. TRANSMISSÃO

O *Z-Wave* foi concebido para fornecer uma transmissão fiável de pequenos pacotes de dados. A distância de comunicação entre dois nós ronda os 30 metros (40 metros com chip da série *Z-Wave Plus*), e com capacidade para a mensagem saltar até quatro vezes entre nós, o que oferece uma cobertura suficiente para a maioria das habitações.

Este protocolo utiliza frequências livres de licença, mas regulamentadas por órgãos governamentais. Sendo assim, o *Z-Wave* opera a 868,42 MHz na Europa, a 908,42 MHz na América do Norte e usa outras frequências em outros países, de acordo com suas regulamentações.

O *Z-Wave* usa uma arquitetura de rede em malha. A rede mais simples passível de ser criada é composta por um único dispositivo controlável e um controlador primário. Podem ser adicionados dispositivos a qualquer momento, assim como os controladores secundários, incluindo interruptores, controladores “*keyfob*” e até aplicações de smartphone e tablet. Uma rede *Z-Wave* pode comportar até 232 dispositivos, sendo possível conectar redes se forem necessários mais dispositivos [26].

Um dispositivo tem de ser “incluído” na rede *Z-Wave* antes de poder ser controlado e este processo é geralmente iniciado com uma sequência de botões no controlador e no dispositivo. Caso seja necessário os dispositivos podem ser removidos da rede *Z-Wave* por um processo similar.

Cada rede *Z-Wave* é identificada por uma ID de rede (identificação de rede), e cada dispositivo é identificado por um ID de nó (identificação de nó). O ID de rede é a identificação comum de todos os nós pertencentes a uma rede lógica de *Z-Wave* e tem um comprimento de 4 bytes (32 bits) e é atribuído a cada dispositivo, pelo controlador

primário, quando o dispositivo está "incluído" na rede. Os nós com diferentes ID's de rede não podem comunicar entre si. O ID de nó é o endereço de um único nó na rede e tem um comprimento de 1 byte (8 bits) e deve ser exclusivo dentro da sua rede.

Com a rede mesh do *Z-Wave*, cada dispositivo da casa faz ressaltar sinais sem fio dentro da rede, o que resulta num baixo consumo de energia, permitindo que os dispositivos funcionem durante anos sem a necessidade de substituir as baterias.

Este protocolo de rádio permite que pouca informação seja compartilhada. A informação deve ser suficientemente poderosa para uma casa inteira, mas também não consumir a vida útil das baterias dos equipamentos que não são alimentados a 230V. Isso exclui qualquer informação de banda larga, como vídeo, música.

2.5.2.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS

Existem mais de 700 produtos *Z-Wave* certificados e são mais de 12 milhões os equipamentos instalados em todo o mundo. Este protocolo é usado, maioritariamente, em residências, mas cada vez mais utilizado em edifícios de serviços. Centenas de hotéis estão equipados com eles, usando em maior número os sensores de fumo e sensores de temperatura nos quartos. Este protocolo apresenta várias vantagens, que o tem levado a uma aceitação de mercado muito interessante, nomeadamente pela sua simplicidade, economia, poder, versatilidade, inteligência e modularidade:

- **Simplicidade:** Possibilidade de qualquer equipamento elétrico ser controlado por *Z-Wave*, bastando apenas ligá-lo a um módulo adequado e adicioná-lo à rede;
- **Económicos:** Ao contrário de protocolos que exigem infraestrutura prévia com tubagens e cabos especiais, o *Z-Wave* é barato e passível de ser instalado por qualquer pessoa;
- **Poderoso:** A rede *mesh* consegue perceber em tempo real o estado de qualquer aparelho. Confirma as ordens enviadas aos dispositivos e atualiza o seu estado na rede;

- **Versatilidade:** Este protocolo pode ser adicionado a praticamente qualquer dispositivo elétrico de uma habitação, permitindo o seu controlo e monitorização, tanto em casa como remotamente;
- **Inteligência:** Após a inclusão de atuadores e controladores *Z-Wave* numa habitação, é possível tirar partido dos equipamentos elétricos como se de uma equipa se tratasse. Podemos cruzar informação entre os vários dispositivos para criar cenários facilitadores de tarefas triviais, de segurança ou conforto. A porta do hall de entrada pode “mandar” ligar as luzes do corredor principal quando aberta, a central meteorológica do jardim indica se o sistema pode ou não ser ativo (em caso de chuva não há necessidade de ligar o sistema de rega);
- **Modularidade:** O *Z-Wave* tanto funciona com 4 ou 40 equipamentos, e novos dispositivos podem ser adicionados em qualquer altura. Podemos controlar um único equipamento, uma divisão, um piso ou o edifício inteiro (interior e exterior) de acordo com as necessidades.

Apesar desta tecnologia ser uma solução interessante principalmente para residências já construídas, a velocidade na transmissão dos dados é baixa, o que ainda inviabiliza a transmissão de imagem, som e outros dados. Além disso, para soluções que necessitem de mais que 30 dispositivos, esta tecnologia começa a ficar mais cara que um sistema por cabo.

2.5.3. INSTEON

A *Insteon* foi desenvolvida para substituir o padrão X10 e permite que simples dispositivos e de baixo preço estejam ligados em rede usando a rede elétrica de energia, radio frequência ou ambas [29].

2.5.4. DISPOSITIVOS

Todos os dispositivos *Insteon* são peers o que quer dizer que qualquer dispositivo pode transmitir, receber ou repetir mensagens sem ter que ter permissão. Quanto mais dispositivos forem adicionados à rede *Insteon* mais robusta esta fica, pois, os dispositivos *Insteon* repetem as mensagens uns dos outros simultaneamente (simulcasting) [30]. Quanto maior for o número de dispositivos na rede mais forte o sinal fica. Outra vantagem da *Insteon* é a sua compatibilidade parcial com dispositivos X10, uma vez que os comandos executados são idênticos aos do X10. A transmissão de dados ocorre na frequência de 1.131,65 KHz para dispositivos ligados à rede elétrica e 904 MHz para dispositivos sem fios.

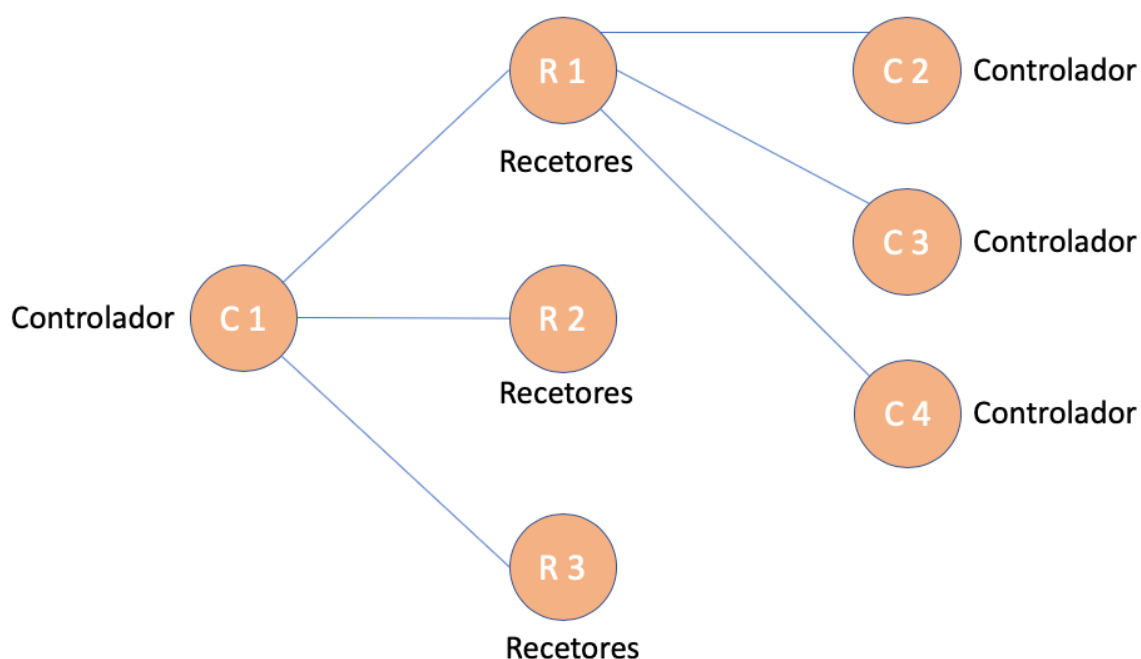


Figura 10: Rede *peer-to-peer* [30]

A Figura 10 ilustra o modo de funcionamento da rede *peer-to-peer* onde o dispositivo C1 está a atuar como um controlador, envia mensagens para os dispositivos R1, R2 e R3 que estão a atuar como recetores. Por outro lado, também é possível ter vários controladores, como é o caso dos dispositivos C2, C3 e C4 que estão a atuar como controladores e enviam mensagens para um único recetor *Insteon*, neste caso o dispositivo 3 que está a atuar como recetor.



Figura 11: Retransmissão de Comandos entre Dispositivos [30]

Já na Figura 11 podemos observar o modo de funcionamento com repetidor em que o dispositivo C1 está a atuar como controlador, envia uma mensagem que vai ser repetida pelo dispositivo R2 e chega então ao destino que neste caso é o dispositivo R3. Com isto é possível verificar o que foi afirmado anteriormente sobre o reforço da força do sinal da rede quando o número de dispositivos disponíveis é grande.

2.5.4.1. TRANSMISSÃO

O *Insteon* usa uma tecnologia de duplo canal para incremento da fiabilidade. Ao usar conjuntamente a rede elétrica existente na habitação e comunicação via rádio frequência, este protocolo, possibilita o controlo remoto e a elaboração de cenários para todo o tipo de aplicações domésticas.

Desde a automatização de iluminação até aos sistemas de segurança integrados, existe a possibilidade de controlar a residência da forma pretendida. Fácil de instalar e configurar, o *Insteon*, oferece a flexibilidade e a segurança necessárias para tornar a sua existência mais conveniente e segura.

Quando adequadamente equipados com uma interface dedicada, como USB, RS232 ou *Ethernet*, os dispositivos *Insteon* também podem interagir com a internet, smartphones, tablet, computadores pessoais e outros equipamentos digitais [30].

Todos os dispositivos *Insteon* são capazes de repetir mensagens de comando e fazem isso automaticamente assim que estiverem ligados (não precisam de ser especialmente

instalados através de procedimentos específico de configuração de rede). Adicionar mais dispositivos aumenta o número de caminhos disponíveis para que as mensagens possam viajar. Essa diversidade de caminho resulta numa maior probabilidade de uma mensagem chegar ao destino pretendido, de modo que, quanto mais dispositivos uma rede possua, melhor a sua fiabilidade. Mas com todos os dispositivos a repetir mensagens, tem de existir um mecanismo para limitar o número de vezes que uma mensagem pode ser retransmitida. A saturação da rede através da repetição de mensagens é conhecida como "tempestade de dados". O protocolo *Insteon* evita esse problema, limitando o número máximo de vezes que uma mensagem individual pode ser retransmitida para um máximo de três vezes.

Quanto às principais características deste protocolo, temos [30]:

- **Baixo custo:** bastante competitiva no mercado;
- **Garantia de compatibilidade:** *Statelink* é uma tecnologia que garante a compatibilidade entre dispositivos *Insteon* existentes e futuros;
- **Rapidez:** um sinal *Insteon* é capaz de ativar, em simultâneo, centenas ou até mesmo milhares de dispositivos de forma instantânea, usando a tecnologia *Statelink*. Outros protocolos têm a necessidade de enviar mais informação e tendem a ser mais lentas, naturalmente;
- **Fiabilidade:** através do duplo canal de transmissão os sinais são propagados via wireless e corrente elétrica ao mesmo tempo. Assim sendo, ocorrendo problemas de propagação de sinal num dos canais, o redundante assume controlo, ultrapassando qualquer interferência, aumentando a fiabilidade do sistema;
- **Escalabilidade:** não existe limite prático para uma rede *Insteon*;
- **Limitado:** sendo um protocolo proprietário, na hora de escolher dispositivos existe limitação, estando o utilizador sempre dependente do que a marca oferece.

2.5.5. X10

O sistema X10 apareceu em 1976, através da empresa escocesa *Pico Electronics Ltd* que tentou desenvolver um sistema de automação doméstica que utilizasse a rede elétrica como meio de comunicação e que permitisse controlar de forma remota os aparelhos e luzes de uma qualquer habitação. Com vista a obter o apoio financeiro necessário para o desenvolvimento e distribuição dos seus produtos, a *Pico Electronics* associou-se à BSR em 1978, o que resultou na criação da X10 Ltd, que desenvolveu o sistema X10, tal como hoje é conhecido [31].

Posteriormente foi estabelecido um acordo com a *Sears, Roebuck and Company*, e com a *Radio Shack*. Em 1979 a X10 Ltd começou a distribuir o sistema X10 a estas duas empresas que, por sua vez, o introduziram com sucesso no mercado.

2.5.5.1. DISPOSITIVOS

A linha de automação doméstica criada pela companhia X10 Ltd baseia-se também em dois componentes básicos, controladores e módulos recetores. A comunicação entre estes dispositivos é feita pela rede elétrica – os primeiros enviam sinais (comandos), que são recebidos pelos segundos. Os módulos recetores são simples adaptadores que se ligam entre o dispositivo a controlar (por exemplo, um aparelho eletrodoméstico ou uma lâmpada) e a rede elétrica.

Existem duas classes básicas de módulos recetores: os módulos de lâmpadas e os módulos de aplicativos. Os primeiros permitem ligar/desligar e efetuar o *dim/bright* (diminuição/aumento do nível de intensidade luminosa) das lâmpadas incandescentes.

Os segundos usam um relé para ligar/desligar qualquer aplicativo que a eles se encontre ligado, pelo que permitem controlar motores, lâmpadas fluorescentes, etc. Os controladores enviam comandos pela rede elétrica para os módulos a fim de controlar os dispositivos que lhes estão ligados. Tais controladores podem ser simples, isto é, possuir um número reduzido de comandos, ou então ser mais complexos, com

relógio integrado e acesso telefónico. Em geral, qualquer controlador pode ser usado para controlar qualquer módulo. Além disso, estes módulos podem ser controlados por mais do que um controlador.

Posteriormente à criação de controladores e módulos que comunicavam exclusivamente através da rede elétrica, foram desenvolvidos outros, cuja infraestrutura de comunicação se baseia em radiofrequência ou infravermelhos e que permite implementar funções que não se adequam a uma comunicação via rede elétrica.

Muitos dos controladores são operados manualmente pelo utilizador. Ao pressionar os botões existentes no controlador, o utilizador seleciona o módulo e a ação (função) a ser executada.

Por exemplo, para acender uma lâmpada endereçada pelo módulo 8, o utilizador pressiona o botão 8, seguido pelo botão "ON". Cada botão, ao ser pressionado, faz com que o controlador transmita um pacote de informação pela rede elétrica. Assim, por exemplo, para acender uma lâmpada são transmitidos dois pacotes: o primeiro, identificando o módulo a controlar; o segundo, enviando a função a ser executada.

O sistema X10 possui um conjunto básico de funções (ou comandos) que podem ser executados pelos módulos de lâmpadas e de aplicativos (os módulos de aplicativos apenas podem executar três das funções existentes no conjunto).

	H8	H4	H2	H1
A	0	1	1	0
B	1	1	1	0
C	0	0	1	0
D	1	0	1	0
E	0	0	0	1
F	1	0	0	1
G	0	1	0	1
H	1	1	0	1
I	0	1	1	1
J	1	1	1	1
K	0	0	1	1
L	1	0	1	1
M	0	0	0	0
N	1	0	0	0
O	0	1	0	0
P	1	1	0	0

Figura 12: Código de casa [75]

	D8	D4	D2	D1	F
1	0	1	1	0	0
2	1	1	1	0	0
3	0	0	1	0	0
4	1	0	1	0	0
5	0	0	0	1	0
6	1	0	0	1	0
7	0	1	0	1	0
8	1	1	0	1	0
9	0	1	1	1	0
10	1	1	1	1	0
11	0	0	1	1	0
12	1	0	1	1	0
13	0	0	0	0	0
14	1	0	0	0	0
15	0	1	0	0	0
16	1	1	0	0	0
All Units Off	0	0	0	0	1
All Units On	0	0	0	1	1
On	0	0	1	0	1
Off	0	0	1	1	1
Dim	0	1	0	0	1
Bright	0	1	0	1	1
All Lights Off	0	1	1	0	1
Extended Code	0	1	1	1	1
Hail Request	1	0	0	0	1
Hail Acknowledge	1	0	0	1	1
Pre-Set Dim	1	0	1	X	1
Extended Data	1	1	0	0	1
Status is On	1	1	0	1	1
Status is Off	1	1	1	0	1
Status Request	1	1	1	1	1

Figura 13: Código de unidade [75]

A Figura 12 e Figura 13 representa o conjunto básico de funções.

A seleção de um módulo é feita recorrendo ao seu endereço. Os endereços X10 são constituídos por duas partes: código de casa (*House Code*) com 4 bits e código de unidade (*Unit Code*), também com 4 bits. A primeira corresponde a uma zona de um determinado circuito de comando e tem 16 posições possíveis (de 1 a 16), enquanto que a segunda corresponde a um determinado circuito de comando e tem 16 posições possíveis (de A a P).

Em geral, numa determinada casa, é atribuído o mesmo código de casa aos controladores e aos módulos, sendo o código de unidade utilizado para seleccionar cada um desses módulos em particular. O código de casa é usado para separar módulos que podem estar instalados em casas ou apartamentos adjacentes, mas que partilham a mesma rede elétrica. Podem-se utilizar vários códigos de casa na mesma casa desde que não se verifique interferência com casas vizinhas. Os códigos de casa e de unidade são atribuídos aos módulos e aos controladores mediante o uso de seletores rotativos [32].



Figura 14: Sistema de endereçamento [33]

Tal como foi mencionado anteriormente, para selecionar o módulo e para que seja, por ele, executada uma função específica, devem ser enviados dois pacotes que correspondem a dois tipos de comandos: comandos de endereços e comandos de funções. Os primeiros identificam os módulos que se pretendem controlar e os segundos a função a desencadear pelo módulo.

Quando o controlador envia um comando de endereço, os módulos com esse endereço passam a estar recetivos ao comando de função que está para chegar. Deste modo, assim que o recebem, executam a ordem.

2.5.5.2. TRANSMISSÃO

O protocolo de comunicação X10 consiste na “injeção” de sinais de alta- frequência (120 KHz) sobre a rede de 230V AC, representando sinais binários (1 ou 0) [36].

As transmissões X10 são sincronizadas com a transição pelo zero da frequência da linha de potência AC (50Hz), uma vez que o ponto de passagem por zero possui menos ruído e está sujeito a menor interferência por parte de outros dispositivos ligados à rede elétrica.

A presença de uma modulação em amplitude de 120KHz durante 1ms, na passagem por zero da onda sinusoidal, é usada para representar os símbolos binários que são transmitidos: o 1 e o 0. O primeiro é representado pela presença da modulação em amplitude de 120KHz, enquanto que o segundo é representado pela sua ausência. Os recetores são sincronizados para receber a portadora 120KHz, a cada passagem por zero da onda de 50Hz.

A primeira passagem por zero pode ser uma transição positiva ou negativa e depende unicamente de quando ocorre a primeira modulação em amplitude no início da mensagem, uma vez que os recetores usam as primeiras modulações em amplitude para começar a contar os bits da mensagem.

Devido às necessidades de potência por parte do equipamento comercial, são geralmente utilizados sistemas de distribuição de energia de três fases, pelo que cada onda AC corresponde a cada uma das fases do sistema de distribuição de energia. Assim, se o transmissor estiver numa fase e o recetor numa das outras duas, as mensagens não são recebidas por falta de sincronismo entre eles, no que diz respeito às passagens por zero. Para resolver este problema, a modulação em amplitude de 120KHz é transmitida três vezes, para coincidir com as três passagens por zero das três fases do sistema de distribuição de energia.

2.5.5.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS

O protocolo X10 possui algumas vantagens em relação a outros protocolos, mas como referido anteriormente encontra-se em fim de vida sendo que não existem equipamentos novos a ser produzidos e torna-se cada vez mais difícil encontrar equipamentos para substituir avarias. De seguida são apresentadas algumas das

principais características, que fizeram do X10 um dos protocolos mais usados no processo de automação até aos dias de hoje:

- Não há necessidade de uma unidade central. Os módulos comunicam entre si diretamente;
- Facilidade na instalação (sem necessidade de técnicos especializados) e na utilização;
- Comunicação entre dispositivos por rede elétrica tradicional, não necessitando de uma rede de tubagem adicional;
- Custo de equipamentos relativamente baixo;
- Os sinais X10 podem ser degradados ou alterados por alguns tipos de fontes de alimentação;
- Não há hipótese de crescer para além dos 256 componentes devida à limitação de 16 códigos de casa e 16 códigos de aparelho;
- O protocolo X10 não deteta nem tolera colisões, ou seja, se 2 comandos X-10 forem enviados ao mesmo tempo, é possível que eles não cheguem ao destino;
- Os comandos desencadeiam apenas funções simples do tipo ligar/desligar e controlo da intensidade da iluminação.

2.5.6. CEBus

O protocolo CEBus (*Consumer Electronics Bus*), também conhecido pelo nome de EIA-600, foi desenvolvido pela *Electronics Industries Association* (Associação de Indústrias Eletrónicas - EIA), consiste num protocolo complexo e muito poderoso. As suas raízes datam de 1984, tendo sofrido uma constante evolução até ter sido objeto de normalização em 1995 [34][37].

O protocolo CEBus não tem grande expressão na Europa, mas oferece dois sistemas padronizados:

- Um destinado a controlo a baixas velocidades (até 10 Kbps);

- Outro utilizado para sistemas que utilizam altas taxas de transmissão de dados tais como transmissões de vídeo e som.

2.5.6.1. DISPOSITIVOS

O CEBus segue um modelo em que todos os dispositivos estão ao mesmo nível, podendo comunicar diretamente com qualquer outro, sem existirem hierarquias. Deste modo é possível implementar um controlo distribuído, em que um nó pode solicitar ações da parte de qualquer outro nó, dispensando a existência de um controlador central. Este modelo reflete um objetivo fundamental do CEBus que visa oferecer um comportamento do tipo *Plug & Play* possibilitando que novos dispositivos sejam inseridos num sistema em qualquer momento [35].

2.5.6.2. TRANSMISSÃO

O CEBus consiste numa arquitetura aberta e é um protocolo muito ambicioso, o que se nota desde logo pelos meios de comunicação suportados: rede elétrica, cabo coaxial, infravermelhos, rádio frequência e fibra ótica. Em alguns destes meios está contemplada a coexistência com sinais de voz e imagem [36].

Este protocolo opera em redes ponto a ponto (peer-to-peer), e como resultado disso não é essencial a existência de um sistema de controlo. Os endereços CEBus standard que são ativados na fábrica através do *hardware*, incluem 4 biliões de possibilidades ou combinações. Este sistema também oferece uma linguagem pré-definida de controlo orientado por objetos [36].

Preâmbulo	Serviços do nível lógico	Endereço Destino	Endereço Origem	Serviços do nível de rede	Serviços do nível de aplicação	Mensagem CAL	FCS
1 byte	1 byte	2 bytes	2 bytes	1 a 8 bytes	1 a 2 bytes	n bytes	1 byte

Figura 15: Formato das tramas CEBus [36]

É usado um ritmo de comunicação de cerca de 10 000bps (o valor médio é 8 500bps) e o formato das tramas é o representado na acima (Figura 15). O comprimento das tramas pode variar desde poucos *bytes* até cerca de 44. Uma trama típica demora cerca de 25ms a ser enviada.

Um endereço tem uma grandeza de 32bits em que os 16 bits mais significativos são usados para identificar um sistema e os 16 bits menos significativos identificam um dispositivo desse sistema. Existe ainda uma gama de endereços que é usada para identificar grupos (são possíveis 3839 grupos). É possível existirem vários dispositivos com o mesmo endereço de grupo e um dispositivo pode ter mais do um endereço de grupo. Os endereços de grupo permitem a criação de grupos lógicos de dispositivos. Quando é enviada uma mensagem para um endereço de grupo ela é recebida por todos os nós com esse endereço.

2.5.6.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS

O CEBus possui algumas características especiais que o distinguem dos demais protocolos e que o destacam em relação às tecnologias de rede baseadas na rede elétrica:

- Permite a adição e remoção de dispositivos sem interrupção e com o mínimo de envolvimento do utilizador;
- Permite diversos dispositivos utilizarem subconjuntos de facilidades, por isso todos devem interpretar um conjunto mínimo de comandos;
- Suporta a distribuição de áudio e vídeo em vários formatos analógicos e digitais;

- Utiliza uma estratégia distribuída, onde não é necessário um controlador central para que os dispositivos possam comunicar.

Apesar de ter capacidades claramente superiores em relação a outros protocolos, o CEBus é um protocolo que detém para já um custo elevado nos seus dispositivos, dificultando a sua afirmação em termos de mercado.

2.5.7. EIB/KNX

O *European Installation Bus* (EIB) é um protocolo desenvolvido pela *European Installation Bus Association* (EIBA), uma associação com sede em Bruxelas e constituída por várias empresas líderes do mercado europeu de material elétrico [76]. O grande objetivo foi sempre criar um sistema que fosse concorrente direto de sistemas semelhantes importados do Japão e Estados Unidos da América. Ao criar uma norma europeia que permitisse a comunicação entre todos os dispositivos de uma instalação, esteja ela numa habitação ou num edifício de escritórios, o EIB seria capaz de competir com os protocolos existentes.

Baseado numa arquitetura descentralizada este protocolo define uma relação elemento a elemento entre os dispositivos, o que permite distribuir a inteligência entre os sensores e atuadores instalados [58].

Baseado nos sistemas EIB, EHS (*European Home Systems*) e *Batibus*, “nasce” o único *standard* europeu que seja capaz de competir em qualidade, prestações e preços, com outros sistemas norte-americanos como o *Lonworks* ou CEBus.

2.5.7.1. DISPOSITIVOS

Um sistema KNX, sendo um sistema domótico, utiliza, como vários outros protocolos, três tipos de dispositivos que já anteriormente foram referidos como essenciais para

completar uma solução de automação, integrados numa rede estruturada em barramento, são eles os sensores, atuadores e os módulos de sistema.

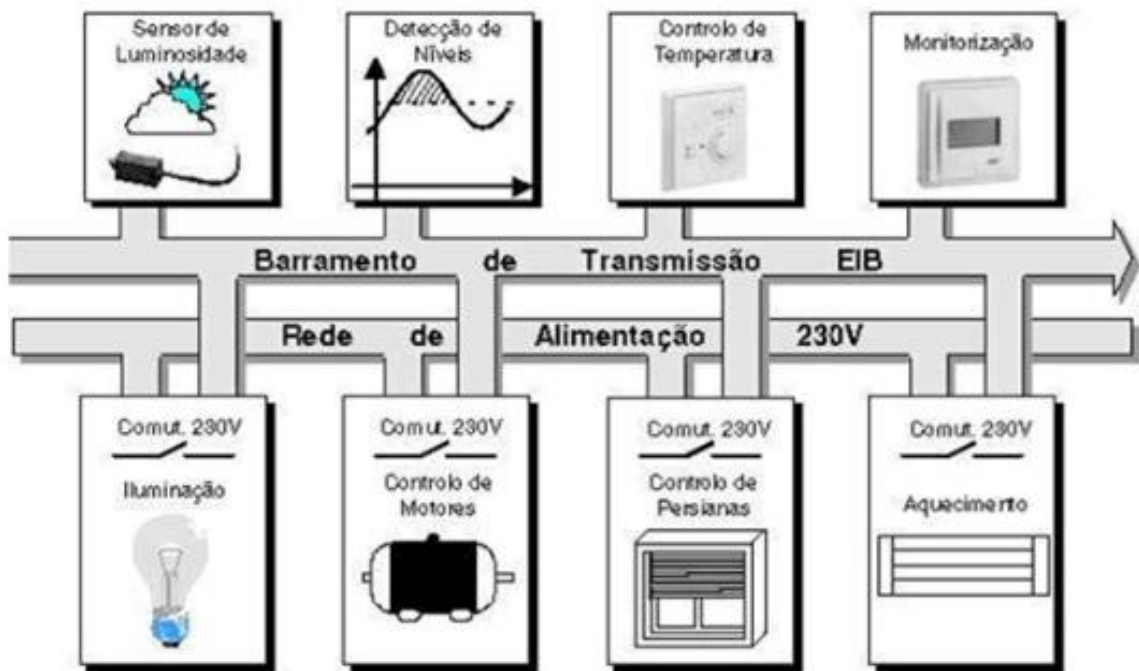


Figura 16: Exemplo de gestão KNX [59]

2.5.7.2. TRANSMISSÃO

O KNX/EIB é uma rede distribuída que pode ter até 65536 dispositivos com endereços individuais de 16 bit [60].

Um dos grandes trunfos do KNX/EIB é a possibilidade da sua utilização sob vários tipos de meios físicos. Apesar de a norma especificar cinco meios físicos, o KNX/EIB refere que é possível utilizar outros que o fabricante pretenda. Contudo, *software*s de configuração como o ETS, apenas funcionam para os meios físicos descritos na norma. Se o fabricante pretender utilizar outro meio físico, deverá solicitar a sua certificação junto da Konnex, para a sua introdução no *software* ETS. Os cinco meios físicos serão [77]:

- **Par Entrançado:** os dados são transmitidos simetricamente e a transmissão de sinais é feita por meio da diferença de tensão entre os dois condutores do cabo.

Existem dois tipos de rede para este meio físico: TP0 e TP1. O primeiro foi herdado do protocolo *Batibus* e funciona com uma taxa de transferência de 2400 bit/s enquanto que o TP1 foi herdado do EIB e funciona com uma taxa de transferência de 9600 bits/s;

- **Rede Elétrica:** este meio físico utiliza a rede elétrica como meio para comunicação, contudo tem muitas interferências e as taxas de transmissão são baixas. O KNX/EIB tem duas especificações para este meio físico: o PL110 e o PL132. O PL110 tem uma taxa de transferência de 1200 bits/s e foi herdado do EIB pelo que dispositivos EIB PL110 podem comunicar com dispositivos KNX/EIB PL110. O PL132 tem uma taxa de transferência de 2400 bits/s e foi herdado do EHS que ainda o utiliza, no entanto, dispositivos KNX/EIB PL132 não conseguem comunicar com dispositivos EHS PL132 porque o protocolo de domótica é diferente;
- **Radiofrequência e Infravermelhos:** este protocolo permite a utilização do ar como meio físico de comunicação. Na norma estão definidos dois tipos de redes que utilizam o ar como meio de transmissão dos dados: a radiofrequência e os infravermelhos. A radiofrequência transmite as tramas em sinais de radio na banda de frequência de 868 MHz. São chamados dispositivos de curto alcance com um máximo de 25 mW de potência emitida e uma taxa de transmissão de 16,384kBits/s. Para a utilização da radiofrequência, podem ser utilizados componentes de baixo custo que permitam comunicação bidirecional ou unidirecional. A transmissão de dados por infravermelhos é assíncrona e a frequência do sinal que é emitido pelo emissor de infravermelhos é de 447,5 kHz com modulação em amplitude. A taxa de transmissão é de aproximadamente 7000bits/s e a comunicação pode ser bidirecional ou unidirecional como no caso dos comandos de infravermelhos;
- **Ethernet:** Este meio físico ao contrário dos anteriores, não tem nenhum documento na norma que o especifique. Apenas tem a referência que o meio físico *Ethernet* é utilizado sob o protocolo de rede IP. O KNX/EIB, referencia uma norma, herdada do EIB, que permite a utilização do KNX/EIB sob redes TCP/IP.

2.5.7.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS

Segundo a *Konnex*, o protocolo EIB tem na sua génese a conjugação de conhecimento e experiência adquirida ao longo dos últimos 20 anos, e por isso apresenta várias vantagens em relação a outros protocolos:

- Sistemas com o protocolo KNX podem ser utilizados quer em edifícios novos quer já em existentes;
- O EIB/KNX pode ser utilizado para todas as aplicações/funções possíveis no controlo de residências e edifícios, desde a iluminação e o controlo de estores, à segurança, aquecimento, ventilação, ar condicionado, monitorização, alarme, controlo de águas, eficiência energética, bem como eletrodomésticos, áudio e muito mais;
- São suportados diversos meios de comunicação. Cada meio de comunicação pode ser utilizado em combinação com um ou mais modos de configuração, permitindo a cada fabricante escolher a combinação certa para o segmento de mercado e a aplicação a que se destina o produto;
- O KNX é a norma internacional para controlo de residências e edifícios aprovada por diversas entidades mundiais;
- O processo de certificação garante que produtos diferentes de fabricantes diferentes utilizados em diferentes aplicações operem e comuniquem entre si, o que garante um elevado grau de flexibilidade na ampliação e alteração de instalações.

Sendo apoiado por alguns gigantes da indústria, como a *Bosch*, a *Schneider* e a *Siemens* (entre outros) o KNX é uma boa e coesa aposta para automação e recomendada nas áreas do controlo de iluminação, climatização, segurança, gestão de acessos, e gestão de energia. A sua única (e principal) desvantagem são os custos relativamente elevados dos seus módulos, para muitos isso é o fator fundamental para continuar a usar os módulos com preços bem mais acessíveis de outros sistemas de automação.

2.5.8. LONWORKS

Lonworks é um sistema proprietário utilizado para automação residencial, desenvolvido na década de 90 pela empresa norte-americana *Echelon Corp.* apoiada por mais de 400 empresas de diversos setores de atividade [61]. Estima-se que o número de dispositivos instalados apoiados nesta tecnologia a nível mundial seja de milhões, apesar da sua expressão ser muito maior nos Estados Unidos da América do que na Europa.

2.5.8.1. DISPOSITIVOS

Um sistema instalado baseado neste protocolo pode operar até 32.000 dispositivos mas o componente fundamental é um chip chamado *Neuron-Chip* que possui 3 processadores de 8 até 32 bits, sendo 2 deles dedicados à comunicação (um para o controlo do acesso físico MAC, e outro dedicado ao protocolo proprietário *LonTalk*, que cobre todas as sete camadas OSI), e o terceiro chip fica dedicado somente à aplicação. Assim, o protocolo fica embutido no processador reduzindo os custos e aumentando a velocidade e o desenvolvimento das aplicações.

2.5.8.2. TRANSMISSÃO

A topologia de rede *Lonworks* soluciona muitos problemas de arquitetura, construção, instalação, controlo e manutenção de redes (Figura 17). Cada nó da topologia inclui computação local, fontes próprias e pode ser ligado a diversos dispositivos sensores e atuadores através de:

- **Ethernet:** É atualmente utilizado como espinha dorsal de segmentos FT-10, com velocidade de comunicação 100/1000 Mbit/s;
- **Par entrançado:** É um dos mais utilizados pelos fabricantes, velocidade de comunicação de 78 kbit/s;

- **Rádio:** Para distâncias até 3,2km, e com velocidade de comunicação 9,6 a 128 kbit/s;
- **Powerline:** Transmissão de comunicação pela linha energética, PL-20 (5 kbit/s) e PL-30 (2 kbit/s).

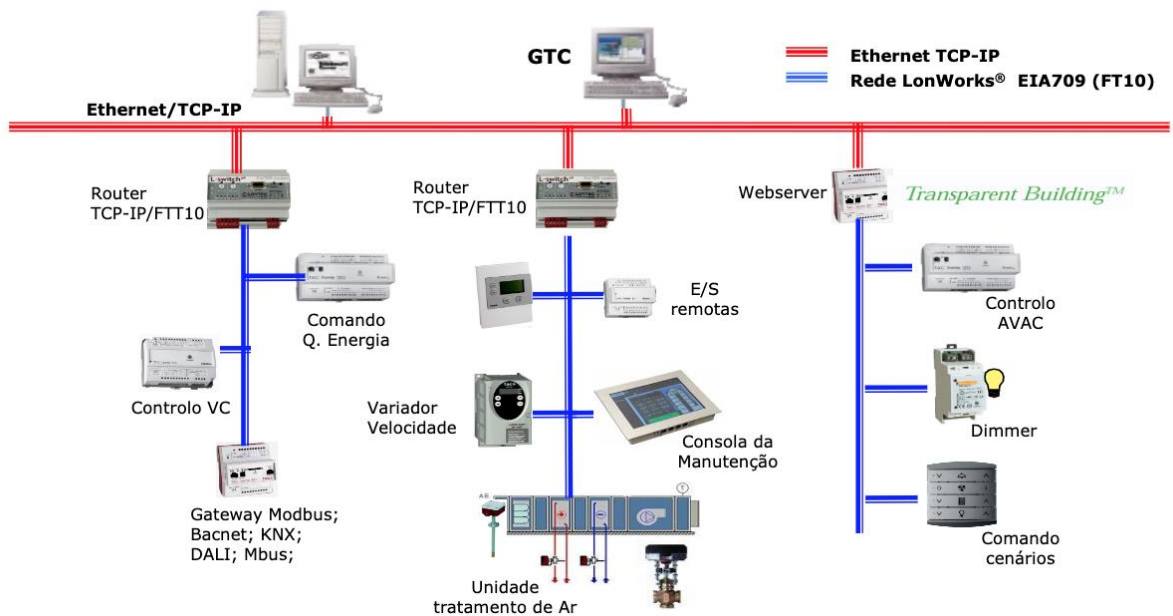


Figura 17: Exemplo de Topologia de Rede Lonworks Ethernet e FT10 [62]

2.5.8.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS

Sendo uma tecnologia muito forte no mercado, que num circuito apenas pode operar até 32.000 dispositivos por diversos meios, um sistema baseado nesta tecnologia tem as seguintes propriedades [61]:

- Não é necessário um controlador central;
- O processamento de informação é feito localmente;
- Minimização da quantidade de cablagem necessária;
- Ter sensores e atuadores equipados com a sua própria inteligência, trocando assim informações diretamente entre si;

- Flexibilidade máxima em termos de expansibilidade podendo atingir 2200 metros de comprimento de barramento.

A tecnologia *Lonworks* [62] é bastante poderosa e funcional, verificando-se, como referido anteriormente, a sua utilização maioritariamente nos Estados Unidos da América e em ambientes industriais, sendo o custo dos dispositivos bastante significativo. A necessidade do uso do *Neuron Chip* [78] e de ferramentas específicas de configuração e teste pode ser encarado como um fator negativo desta tecnologia.

2.5.9. COMPARAÇÃO DE TECNOLOGIAS

Protocolos abertos deve ser a principal aposta dos utilizadores, garantindo assim ao cliente um melhor suporte e um maior portfólio de produtos, não dependendo de uma única empresa. Comparando as várias tecnologias existentes e analisadas neste documento, consegue-se ter uma melhor ideia de qual será melhor opção:

Protocolo	Complexidade de Instalação	Dispositivos Disponíveis	Fiabilidade	Preço
<i>ZigBee</i>	4	2	3	4
<i>Z-Wave</i>	4	5	3	4
<i>Insteon</i>	4	3	3	4
X10	5	5	2	5
CEBus	2	2	4	2
KNX	4	5	5	2
<i>Lonworks</i>	5	5	5	2

Tabela 1: Comparação entre Protocolos de automação Residencial

(escala de 0 a 5, onde 5 é muito bom e 0 é muito mau)

Com o protocolo X10 a construção de uma pequena rede de domótica é uma tarefa ao alcance de qualquer utilizador comum e permite-lhe realizar pequenas soluções de automação mesmo em habitações já construídas, sem ser necessária a instalação de nenhum tipo de cablagem, é a tecnologia de comunicação mais económica, contudo está em fim de vida.

As principais vantagens dos dispositivos *Z-Wave* são a flexibilidade e a segurança. Características como capacidades de rede de malha, *firmware* atualizável e diagnóstico do dispositivo remoto tornam esta tecnologia interessante. Além disso, o *Z-Wave* oferece API's abertas, o que é ideal para desenvolvedores.

Como é possível ao *Insteon* operar em malha e trabalhar com repetidores, isso aumenta o alcance de transmissão. As suas principais desvantagens são número limitado de fornecedores e dispositivos certificados disponíveis. O *Insteon* é interessante para utilizadores que migram do antigo padrão X10, já que este permite a integração de ambas as tecnologias de RF e de *powerline*.

O *ZigBee* tem sido uma tecnologia preferida por muitos, principalmente devido ao facto de ser um protocolo aberto. Além disso, *ZigBee* oferece fiabilidade dos dados e contém bons recursos de criptografia de dados. Tem potencial para prevalecer no mercado que continua em expansão. Existem vários *kits* de desenvolvimento *ZigBee* disponíveis no mercado para o desenvolvimento de protótipos e, assim, o *ZigBee* é ideal para atividades relacionadas com a investigação.

Como é possível de concluir, os diferentes protocolos são adequados para diferentes aplicações, e não há uma solução de rede de sensores sem fios que se encaixe perfeitamente em todas as aplicações. Cada tecnologia representa um compromisso entre diferentes fatores como alcance, taxa de transmissão e segurança. A escolha de uma determinada tecnologia depende do onde esta será aplicada.

Neste capítulo foi realizado um levantamento das vantagens e desvantagens das soluções apresentadas anteriormente: *ZigBee*, *Z-Wave*, *Insteon*, X10 e CEBus. Considerando que o *ZigBee* foi concebido para fins gerais, as restantes soluções foram desenvolvidas para aplicações específicas.

2.6. SUMÁRIO

Neste capítulo foi explicado conceito de “Domótica” e como um circuito de automação residencial pode ser constituído a nível teórico.

Fala-se de uma rede domótica e é necessário referir que é constituída por vários componentes, sendo eles: sensores, atuadores, controladores, interfaces e dispositivos específicos; mas também é importante saber como esses componentes podem comunicar entre eles. Essa comunicação pode ser feita por cabo, por rede elétrica ou mesmo por wireless, dependendo sempre do protocolo e dos componentes a usar na rede.

Existem várias áreas onde este sistema pode ser aplicado, desde a segurança da habitação, à gestão energética, ou até mesmo para o próprio conforto. É importante construir um circuito adaptado às várias áreas, porque para várias áreas podem ser utilizados diferentes sensores. Assim no capítulo seguinte será explicado os diferentes meios de comunicação, os diferentes protocolos, os diferentes sensores e atuadores e, claro está, as diferentes formas de controlar todo o circuito.

3. CATÁLOGO Z-WAVE

Existem mais de 3000 produtos *Z-Wave* interoperáveis em todo o mundo, e mais de 94 milhões de produtos *Z-Wave* foram vendidos desde o início do século. Todos eles trabalham juntos, independentemente da marca, porque são todos baseados no padrão *Z-Wave* [39].

O *Z-Wave* é o protocolo de automação doméstica com maior robustez nos dias que correm, sendo essa uma das razões para a escolha deste protocolo para estudo. Com um catálogo de produtos extenso, esta tecnologia oferece qualidade a preços pelo vale a pena investir, assim, e de modo a compreender um pouco do que este protocolo pode oferecer é importante conhecer mais, quais os fornecedores mais influentes, que tipo de equipamentos existem no mercado e qual a categoria onde estes podem estar inseridos.

3.1. CENTROS DE CONTROLO

Os Centros de Controlo *Z-Wave* (Controladores) sem fios são o coração e o centro de uma rede *Z-Wave*. É possível configurar e operar uma rede *Z-Wave* com um controlo remoto *Z-Wave*, contudo certas funções tais como, desencadear ações a determinadas horas ou a partir de eventos só podem ser conseguidas com um Controlador *Z-Wave* ou um computador com uma aplicação própria (*Home Automation Software*). Os controladores estão permanentemente online, mas apenas necessitam de um valor residual de energia para o seu funcionamento. Eles são controlados por botões locais ou através de um Explorador Internet (*Web Browser*) via *Ethernet*. A interface web permite também um acesso remoto via um smartphone Andróid ou i-Phone.

3.1.1. CENTROS DE CONTROLO PRIMÁRIO E SECUNDÁRIO

Quando se fala de controladores, há que fazer distinção entre primários e secundários. Os controladores primários são normalmente gateways responsáveis pela gestão da rede *Z-Wave* e são o cérebro da tecnologia. Estão constantemente conectados à Internet de modo a que seja possível aceder-lhes através de um computador, *tablet* ou *smartphone*/*smartwatch*. Seguem alguns exemplos:



Figura 18: *Fibaro Home Center Lite* [40]



Figura 19: *Smart Friends Box - Z-Wave Plus* [41]



Figura 20: *Micro Smart Home Controller Z-Wave Plus ZIPAMICRO* [42]



Figura 21: *ZipaTile - Home Control System Z-Wave Plus and ZigBee* [43]

Os controladores secundários são dispositivos associados á rede *Z-Wave*, como comandos portáteis, que controlam equipamentos específicos dentro da rede e desencadeiam funções simples tais como ligar e desligar um determinado módulo de tomada ou iluminação (comandos de portões de garagem por exemplo).

Os controladores têm geralmente um limite de dispositivos *Z-Wave* que podem controlar que ronda os 232 dispositivos. São também equipamentos de reduzidas dimensões, sendo, por exemplo, o *Micro Smart Home Controller* da *Zipamicro*, um dispositivo com 6,2cm de comprimento, 6cm de largura e 50cm de espessura (Figura 20).

3.1.2. INTERFACES Z-WAVE (ADAPTADORES PARA PC)

Um adaptador Z-Wave para PC permite que o *software* de automação residencial, *Home Automation*, em execução num PC possa interagir com uma rede Z-Wave. Os adaptadores utilizam normalmente o *System Bus Universal* (USB), o RS 232 ou o GPIO. Dependendo do *software* utilizado estes adaptadores costumam atuar como controlador de estática, no entanto existem adaptadores USB com bateria embutida e agem como controlador portátil de inclusão de dispositivos. Os adaptadores através do *software* de automatização residencial podem controlar os dispositivos Z-Wave, tais como interruptores, dimmers e sensores e podem executar uma ampla gama de funções como eventos desencadeados pelo tempo, selecção de cenas, comutação e muito mais.



Figura 22: USB Controller Z-Wave Plus - Everspring [44]



Figura 23: USB Dongle Z-Wave Plus [45]

3.1.3. RASPBERRY PI

Com o querer e conseqüente procura de controlo sobre as habitações, sobre o sistema de iluminação, proteção da casa contra incêndios, roubo, inundações e redução no uso de energia desperdiçada, nunca foi tão tentador impor o conceito de automação residencial, e por conseguinte, os dispositivos para estes fins têm vindo a aumentar bastante.

Ser capaz de entender os programas que controlam a habitação exige a capacidade de visualizar e, se necessário, modificar, o código fonte executado nos próprios dispositivos. O primeiro passo para trazer um open-source no sistema de automação residencial é garantir que o dispositivo “cérebro”, ou seja, o que controla a rede, apresenta uma interface para este tipo de *software*. Felizmente, há muitas opções para executar em diversos dispositivos, desde o computador pessoal até um *Raspberry Pi*.

O *Raspberry Pi* é um mini-microcomputador, de baixo custo e tamanho semelhante ao de um cartão e crédito, capaz de viabilizar projetos. O que o torna tão barato é sua arquitetura: possui portas de comunicação (GPIO, USB, *Ethernet*, Wi-Fi e *Bluetooth*), processador, memória, saída de vídeo HDMI e uma interface leitora de cartão de memória. O princípio foi desenvolvido para que crianças pudessem com facilidade testar seus projetos.

Os primeiros modelos, *Raspberry A* e *Raspberry B*, foram comercializados, respetivamente, por US\$25 e US\$35. Atualmente, o mais recente modelo, *Raspberry Pi 4 Model B*, vem em 3 variedades, de 1Gb, de 2Gb ou de 4Gb de memória RAM, alimentação USB Type C ao invés do antigo micro-USB, suporta até e monitores de 4k de resolução, e portas USB2.0 e 2 USB3.0 e por fim contém porta *Ethernet Gigabit* [46].

Neste projeto, será usado, numa das soluções apresentadas posteriormente, um *Raspberry Pi 3* modelo B. Esta versão incorpora conectividade *wireless* LAN 802.11b/g/n, *Bluetooth* clássico e *low energy*. Com mais velocidade de processador e maior conectividade chega uma contrapartida, o Pi 3 precisa de mais alimentação que as versões anteriores. A fonte de alimentação de 5 Volts recomendada para o *Raspberry Pi*

3 deverá ter no mínimo 2.1A e para o seu correto funcionamento, retornando um alerta pelo mesmo se for ligado a uma fonte mais fraca, de 1.2A por exemplo.

O teste basear-se-á na tentativa de transformar este minicomputador num mini controlador Z-Wave de baixo custo através da integração de um open-source designado *Home-Assistant* [47]. Deste modo vai ser estudada a possibilidade de esta solução realizar as mesmas tarefas que um controlador nativo consegue desempenhar facilmente.

O *Home-Assistant* é uma plataforma *Open-Source* que permite o controlo de dispositivos inteligentes direcionados para a Domótica. Resumidamente esta plataforma, é responsável por “enviar” as ordens a todos os dispositivos smart que nela estão ligados. Destaca-se por ser de fácil instalação e ter uma grande comunidade participativa e que também contribuem para o desenvolvimento de componentes para as mais variadas funcionalidades. Atualmente já existem cerca de 1467 componentes oficiais disponíveis, sendo também possível interligar dispositivos cm distintos protocolos de automação doméstica (*Z-Wave*, *ZigBee* ou *KNX*) o que faz com que torne a habitação cada vez mais inteligente [48].

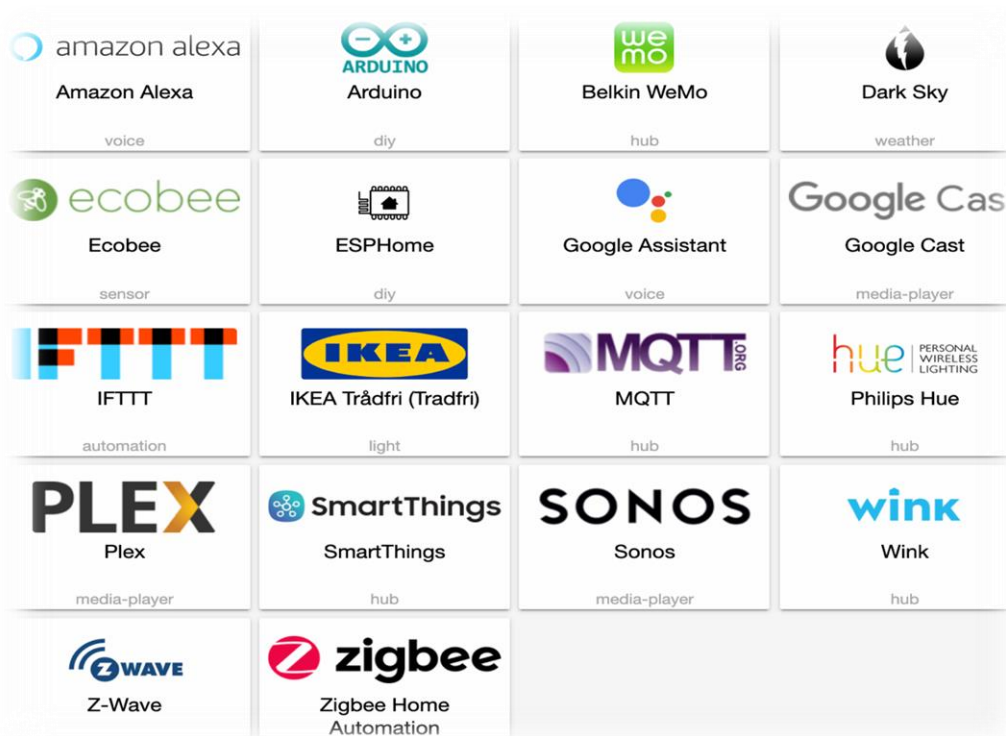


Figura 24: Alguns componentes do *Home-Assistant* [48]

Os componentes vão desde controladores de luzes, tomadas, câmaras IP, localizadores, sensores de monitorização, portões de garagem etc...

E para quem se preocupa com a estética o *Home-Assistant* tem uma interface muito limpa e simples de utilizar, é possível organiza-la de várias formas e personalizar, o *Lovelace* UI é o nome que atribuíram a interface do utilizador onde é possível fazer as modificações gráficas [49].

O *Home-Assistant* e é disponibilizado sob a licença *Apache 2.0* [50], e pode ser descarregado diretamente no site oficial (<https://www.Home-Assistant.io/hassio/installation/>). Depois de descarregado, e uma vez que já inclui o sistema operativo, basta montar a imagem num cartão SD usando uma máquina *Windows* ou *MacOS*. Como neste caso foi usada uma máquina com *MacOS*, foi necessário usar o programa designado de “*balenaEtcher*” para montar a imagem.



Figura 25: Montagem do *Home-Assistant* num cartão SD usando o *balenaEtcher*

Como na maioria dos sistemas de automação, o *Home-Assistant* oferece aos clientes uma aplicação para aparelhos móveis para controlar dispositivos inteligentes remotamente. Este *software* oferece componentes para cada dispositivo ou serviço suportado, bem como acesso fácil a grupos de componentes, como luzes, termostatos, interruptores ou portas de garagem. A configuração é facilitada com uma verificação de

rede, ou seja, um dispositivo compatível, quando descoberto é configurado automaticamente. É possível integrar, por exemplo, um sensor de temperatura que aciona ar condicionado quando deteta uma determinada temperatura na divisão ou fazer cenários baseados em calendarizações ou acontecimentos meteorológicos.

Foi sobre o preço que recaiu a maior atenção na seleção dos controladores a utilizar nas duas soluções apresentadas de seguida. Como já foi evidenciado anteriormente, e uma vez que o protocolo de automação doméstica a ser utilizado é o *Z-Wave*, será empregue uma numa das soluções a *Z-Wave USB Stick Generation 5* da *AeonLabs* (Figura 23) associada ao *Raspberry Pi 3* a correr o *Home-Assistant* (solução A). A outra solução terá como elemento principal um controlador *Fibaro Home Center Lite*, que, para além de ser um dos equipamentos mais poderosos do mercado, vem com uma funcionalidade bastante importante/útil, este equipamento consegue gerir internamente o consumo de energia, além de detetar os dispositivos que mais consomem, apresentando para isto, estatísticas detalhadas graficamente.

Pode ver-se na tabela 3 as várias ofertas de controladores primários e interfaces *Z-Wave* e seus preços baseado nos websites *Z-Wave* [79] e *PcComponentes* [80], sem esquecer o *Raspberry Pi*.

Equipamento	Dispositivos (limite)	Preço
<i>Fibaro Home Center Lite</i>	>230	279€
Zipamicro – Micro Smart Home Controller	232	80,90€
Zigatile – Home Control System Z-Wave Plus	232	379€
Steinel – Smart Friends Box	232	249€
Everspring Controller Z-Wave Plus + <i>Raspberry Pi 3</i>	232	24,90€ + 36,90€
AeonLabs Dongle Z-Wave Plus + <i>Raspberry Pi 3</i>	232	59,95€ + 36,90€

Tabela 2: Alguns controladores presentes no mercado

É possível verificar, pela tabela acima, uma grande variedade de controladores à escolha e a preços bem dispares. Tendo eles um limite máximo de dispositivos iguais ou muito próximos, recaiu sobre o valor dos mesmos a escolha, como já referido anteriormente.

3.2. SENSORES

Os Sensores são responsáveis por detetar as alterações ou comandos do edifício, por exemplo, o comando de um botão de pressão, movimento, a alteração da luminosidade, a temperatura, a humidade, etc. Os sensores enviam mensagens para o controlador, e depois esse está responsável de enviar ou não informações para os atuadores para que executem os comandos apropriados.

Grande parte dos sensores são alimentados por uma bateria de 3,6V, como é o caso dos sensores de movimento e sensores magnéticos de porta/janela, que recebem a informação de uma “intrusão” e comunicam ao controlador para que este ative as luzes dessa mesma divisão.

É muito comum encontrar-se no mercado os mais variados sensores *Z-Wave*, desde os típicos sensores de humidade/luminosidade, até as estações meteorológicas tipicamente instaladas nos jardins ou mesmo nos telhados dos edifícios. E é este um dos mais complexos que se pode encontrar, a estação meteorológica da *Popp* (Figura 26).



Figura 26: estação meteorológica Popp [79]

É um sensor multifuncional, alimentado através de uma célula solar, não usando assim baterias. Graças à sua gestão de energia e ao condensador interno, o sensor de vento envia as suas informações para o controlador mesmo durante a noite, essas informações podem ser relativas à temperatura do ar, humidade relativa, intensidade luminosa, velocidade do vento, pressão do ar e ponto de condensação da água. Pode ser bastante útil para edifícios com bastante jardim e assim pode haver uma melhor gestão no que toca ao sistema de rega e iluminação exterior (por exemplo, para jardins públicos seria bastante útil).



Figura 27: Sensor de porta/janela [79]

Para além destes sensores, existem sensores de inundação, fumo ou deteção de monóxido de carbono (CO), alimentados a bateria, que são também de importância extrema na constituição de um sistema de segurança incorporado no sistema idealizado. Os sensores de inundação, fumo e CO comunicam ao controlador a deteção de modo a que seja enviada uma notificação ao utilizador, e podem deste modo desencadear cenários de corte de válvulas, abertura de portas ou mesmo cortes de energia.

A Tabela 3 demonstra alguns dos sensores presentes no mercado, e como é perceptível, o utilizador pode optar por ter mais que uma funcionalidade no mesmo dispositivo. Numa instalação de médias/grandes dimensões seria uma vantagem a escolha pelo sensor “*Aeon Labs 6 in 1 ZW100*”, podendo assim diminuir o custo total da instalação.

Equipamento	Porta/Janela	Mov.	Lumin.	Temp.	Humid.	Inund.	Fumo	Rad. UV	Vibra.	Preço
<i>Fibaro</i> FGW002	X	-	-	-	-	-	-	-	-	49,9€
4 em 1 Philio PST02-1A	X	X	X	X	-	-	-	-	-	59€
3 in 1 Philio PST02-1C	-	-	-	X	X	X	-	-	-	59€
Aeon Labs 6 in 1 ZW100	-	X	X	X	X	-	-	X	X	69,95

Tabela 3: Alguns sensores do mercado [79]

3.3. MÓDULOS DE ESTORES

Janelas ou portas de persianas (estores), assim como telas de projeção motorizadas, podem ser controladas remotamente. Para isso, o interruptor analógico convencional duplo (*Up/Down*) de controlo do motor é substituído por um interruptor de parede *Z-Wave*. Controles de janela cegos são normalmente fornecidos como tomada de embutir com interruptores de comutação para operação local. O controlo pode ser efetuado de forma individual ou em grupos via comunicação sem fios. Quando utilizado em conjunto com um centro de controlo sem fios, podem ser criados determinados cenários do dia tais como pôr do sol e o nascer do sol, automatizando deste modo as ações de abertura e fecho.



Figura 28: Micromódulos de Estores *Fibaro* [79]

Depois de uma instalação bastante simples, este equipamento, representado na Figura 28, procedem a uma calibração automática de modo a perceber onde são os fins de curso do motor. Isto permite que o utilizador possa controlar percentualmente a subida e descida do estore sem que este deixe de saber em que posição se encontra.

3.4. MÓDULOS DE ILUMINAÇÃO



Figura 29: Interruptor *Nano* da *Aeon Labs* [79]

A Figura 29 representa um interruptor único *Z-Wave*, quer isto dizer que após a instalação deste equipamento é possível controlar apenas um circuito, como o próprio nome indica, este interruptor apresenta apenas um relé. O objetivo destes equipamentos é o controlo on/off de iluminações [51]. Estes Micromódulos, alimentados a 230V AC, possuem um ou dois relés e mediante informação enviada pelo utilizador abrem ou fecham um circuito elétrico. Para edifícios construídos já a pensar na instalação destes equipamentos, é habitual colocá-los diretamente na caixa do interruptor convencional, para uma fácil organização, caso não seja possível, caso não haja espaço suficiente também é possível colocá-los no quadro elétrico (com recursos a caixas próprias). A ideia de os conectar a interruptores convencionais é válida para que o controlo manual e local seja sempre permitido. Outra característica destes dispositivos

é o facto de alguns deles serem capazes de medir os consumos associados à carga que está conectada e reportar esta informação ao controlador de rede *Z-Wave*.



Figura 30: Interruptor Nano da Aeon Labs [79]

O controlo on/off não é a única opção destes dispositivos, existe também a possibilidade de regular a intensidade luminosa, para isto são usados micromódulos “dimmer” [52]. Em tudo são iguais aos controladores *on/off* no que toca à sua instalação, mas estes possuem a capacidade de regular a intensidade da iluminação ligada à sua saída e, dependendo do método de regulação, o “*dimmer*” pode ser utilizado em cargas resistivas incandescentes ou, de forma mais geral, em cargas indutivas e reativas.

Equipamento	Tipo	Quant. Saídas	Preço
Aeon Labs ZW132	On/Off	2	64,95€
Aeon Labs ZW116	On/Off	1	59,99€
Aeon Labs ZW111	Dimmer	1	59,99€
Fibaro FGS223	On/Off	2	59,99€
Fibaro FGS223	On/Off	1	59,99€
Fibaro FGD212	Dimmer	1	59,99€

Tabela 4: Micromódulos de iluminação [79]

Na acima (Tabela 4) podemos ver as várias alternativas no mercado para o controlo de iluminação. Pode-se verificar que, dependendo do tipo de lâmpada que o utilizador

tenha, pode optar por escolher um interruptor banal ou um que consiga controlar a intensidade luminosa, tudo pelo mesmo valor. Mas mesmo dentro de interruptores, existem duas alternativas, sendo possível controlar dois circuitos independentes com o mesmo dispositivo e pelo mesmo custo, o que por si só é uma vantagem.

3.5. FECHADURAS DE SEGURANÇA

Um dos melhores, senão o melhor e mais seguro sistema de segurança são as fechaduras de portas, principalmente para apartamentos e escritórios, onde o principal ponto de invasão é a porta. Estes equipamentos têm-se tornado numa aposta firme em sistemas de controlo de acessos. Estes dispositivos permitem ao utilizador abdicar da chave para trancar ou destrancar a porta. Exemplo disso é a *Popp Keypad* (Figura 31), que pode ser usada de forma independente, não sendo obrigatória a presença de um controlador. O teclado pode ativar e desativar o sistema de segurança usando um código pin individual, podendo assim desbloquear os fechos das portas ligados sem uma chave.



Figura 31: Popp Keypad [79]

O *Popp Keypad* pode salvar até 20 códigos pin diferentes e cada um deles pode ter de 4 a 10 dígitos. Cada um dos códigos gerados possui seu próprio ID de cena e pode iniciar outras cenas, podendo assim o utilizador criar vários cenários para diferentes códigos. Estando desta forma ligado a um controlador *Z-Wave*, o utilizador recebe sempre

notificações de cada vez que a porta é aberta e, caso pretenda, pode bloquear todos os códigos, não permitindo a entrada de ninguém. Ao contrário dos sensores de presença, humidade e outros idênticos, estas fechaduras são alimentadas por uma bateria de 12V. Quando associada a um controlador *Z-Wave*, o utilizador pode via smartphone trancar e destrancar a porta onde quer que esteja bem como saber o estado da fechadura em tempo real. Do lado interior, a fechadura é operada convencionalmente ao tocar no botão de utilizador.

3.6. MÓDULOS DE CLIMATIZAÇÃO

O conforto está inteiramente ligado a uma boa climatização da habitação. Para isso existem várias alternativas no que toca a automatizar toda a climatização do edifício. Um exemplo disso, na Figura 32 está representado um termostato de radiador da fabricante *Popp* [81], é montado em válvulas de aquecimento de parede e controla-as através de um motor interno. O dispositivo regulará o fornecimento de água quente ao radiador de parede e comparará a temperatura detetada para garantir que a temperatura na sala seja mantida no nível desejado. Um pequeno painel LCD no dispositivo exibe a temperatura do ponto de ajuste, mediante solicitação.



Figura 32: Termostato de aquecimento Popp [79]

O utilizador consegue definir até 9 pontos de ajuste da válvula, uma vez programados, esses pontos de ajuste serão ativados sem qualquer interação manual ou sem fio

adicional. Além de definir a temperatura desejada, o dispositivo suporta cenários especiais de aquecimento, como economia de energia e proteção contra geadas e funções inteligentes, como detecção de janelas abertas.

3.7. MÓDULOS PARA EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS

Existem equipamentos capazes de realizar as mesmas funções de on/off e regulação que os micromódulos referidos anteriormente, mas diferentes na sua estrutura e instalação. As chamadas tomadas *Z-Wave* são dispositivos inteligentes *Plug & Play*, compactas, sofisticadas e controladas remotamente. Podem ser utilizadas para controlar dispositivos elétricos registrando os respectivos consumos de energia de uma forma conveniente, versátil e sem necessidade de manutenção. São dispositivos muito úteis para quem não possui controladores com controlo de consumos incorporado. A Figura 33 é um exemplo disso, é um módulo extremamente compacto, que permite não só controlar lâmpadas mas também outros equipamentos elétricos por comandos *Z-Wave*, podendo ser usada com qualquer tipo de carga até ao máximo de 2500W de potência [53].



Figura 33: Tomada com medição de consumos *Fibaro* [79]

Através deste módulo, os valores recolhidos do consumo instantâneo e o consumo total são enviados para o controlador *Z-Wave*. Uma indicação visual permite, e apenas com um simples olhar, ter a informação sobre o consumo: um LED verde, em anel, indica um baixo consumo enquanto um LED vermelho, em anel, indica um elevado consumo. Este dispositivo também oferece uma funcionalidade única: a capacidade de testar a cobertura da rede *Z-Wave*. Basta pressionar por alguns segundos o botão incorporado no módulo, o LED com cor violeta informa que o módulo se encontra no modo de teste, permitindo-nos “ver” a atual cobertura através da cor apresentada.

3.8. SUMÁRIO

Neste capítulo foi possível verificar como um circuito de automação residencial pode ser realmente constituído, desde controladores primários e secundários a sensores e atuadores finais. É possível controlar praticamente tudo dentro de uma habitação, desde que esse “tudo” seja elétrico. Usar módulos de iluminação para controlar a luz de entrada, os sensores meteorológicos para detetarem humidade no exterior e “mandarem” desligar o sistema de rega, estas são todas soluções/opções que um morador pode ser em casa. Para isso necessita de algo que ligue todo este circuito, um controlador central que tanto pode ser um nativo com *software* pago, como um com *software* gratuito. Como é natural existem diferenças entre eles, sobretudo nas suas configurações e cabe ao utilizador optar pela melhor alternativa. No capítulo seguinte será demonstrado como se configuram 2 controladores nas nestas condições, uma com *software* pago e outra com *software* gratuito.

4. CASO DE ESTUDO

4.1. PERFIL DE INSTALAÇÃO

Como foi referenciado ao longo desta dissertação, devido às suas características, o *Z-Wave* é um protocolo que pode facilmente ser implementado em qualquer tipo de edifício sem grande necessidade de obras ou remodelações. Por isso, este é um dos muitos perfis de instalação possíveis.

A solução final será para implementar fisicamente numa moradia com apenas um piso, que inclui três quartos, uma sala de estar, duas casas de banho, uma cozinha e um jardim. Foram montadas as duas soluções *Z-Wave* para automação doméstica e vigilância nesta habitação. Estas diferenciar-se-ão apenas no equipamento que faz a gestão e controlo da rede e nas câmaras IP integradas, sendo que todos os sensores e atuadores utilizados em ambas as soluções apresentadas em seguida serão exatamente iguais. Deste modo será apresentada de seguida a estrutura e localização dos elementos comuns as duas soluções e posteriormente será apresentada a configuração de cada uma das soluções individualmente.

4.2. ESTRUTURA

Como foi mencionado no capítulo 1.3, as duas soluções são estruturalmente iguais e envolvem as 4 áreas principais (conforto, segurança, gestão energética e área de controlo).

O objetivo, além do controlo e automação, passou por integrar uma câmara IP que possa ser associada à interface de automação, mesmo possuindo uma aplicação nativa, para

que assim o morador possa controlar visualmente a habitação sem necessitar de saltar entre aplicações.

Para ambas as soluções foram utilizados os seguintes dispositivos:

- **Controlador Z-Wave**
 - Para a solução A o controlador escolhido foi o *Raspberry Pi* associado ao *software Home-Assistant*, incluindo a *Z-Stick Gen5* da *Aeon Labs*
 - Para a solução B foi escolhido o controlador *Home Center Lite*, da *Fibaro*, por questões de orçamento e pelo facto de conseguir fazer internamente a gestão energética dos equipamentos a ele ligados.

Para as duas soluções, o controlador ficará localizado no armário dentro da sala de estar, onde se encontra também o router de internet, para que assim seja mais fácil a conexão do controlador à rede de internet da habitação e também evita o impacto visual que acabaria sempre por causar, ficando assim fora da vista humana.

Como foi descrito no capítulo 2.5.1.1, o protocolo *Z-Wave* tem uma estrutura em teia (“mesh”), pelo que a localização mais resguardada do controlador não será um problema nas comunicações entre os vários dispositivos, porque cada um deles replicará o sinal *Z-Wave* construindo assim uma rede de contactos confiável para o transporte de mensagens.

Os controladores depois de alimentados energeticamente, são ligados por cabo à rede de internet da habitação, possuindo assim um IP que, caso desejável, poderá ser configurado como IP fixo. Deste modo, mesmo que o serviço de internet da habitação falhe, o utilizador poderá aceder ao controlador remotamente e controlar os equipamentos que lhes estará associado.

- **Sensor Luminosidade, Temperatura e Movimento**

Uma vez que no mercado existe um grande número de multisensores, para a recolha de informação relativa à luminosidade, temperatura e movimento da habitação foram

utilizados 3 multisensores da marca *Aeotec* (AEO-ZWA005), no corredor, na cozinha e na sala de estar (um em cada divisão).



Figura 34: *TriSensor* da *Aeotec* [82]

- **Micromódulos de Iluminação**

Os Micromódulos utilizados são da marca *Fibaró* (FGS-223). Por questões económicas e também para simplificar, os micromódulos possuem duas saídas, permitindo assim controlar dois circuitos de iluminação independentes, o que impede que a sua instalação seja feita na caixa de um interruptor único, mas sim diretamente no quadro elétrico. Em questões de rentabilidade financeira, esta opção é a melhor, mas a sua instalação não será tão prática para quem não é do ramo da eletricidade e circuitos, apenas é viável a sua instalação em caixas de interruptores duplos.

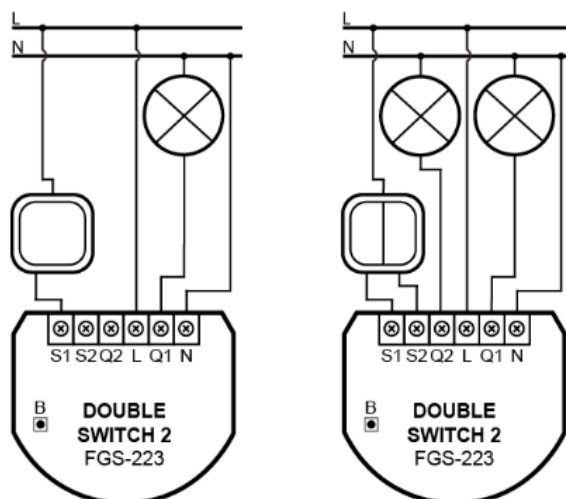


Figura 35: Esquema de ligação de Micromódulo de Iluminação com duas saídas [54]

Para a instalação desde micromódulos nas caixas de interruptores, existe a particularidade de ter de existir neutro e fase de forma permanente, pois este equipamento é alimentado a 230V AC. Para que o controlo local não desapareça, o interruptor manual é ligado ao micromódulo, como é ilustrado na Figura 35.

Para este estudo foram instalados seis micromódulos na totalidade, todos dentro das caixas dos interruptores, sendo que um deles é para iluminação do exterior. As suas localizações são perçetíveis pela Figura 36.

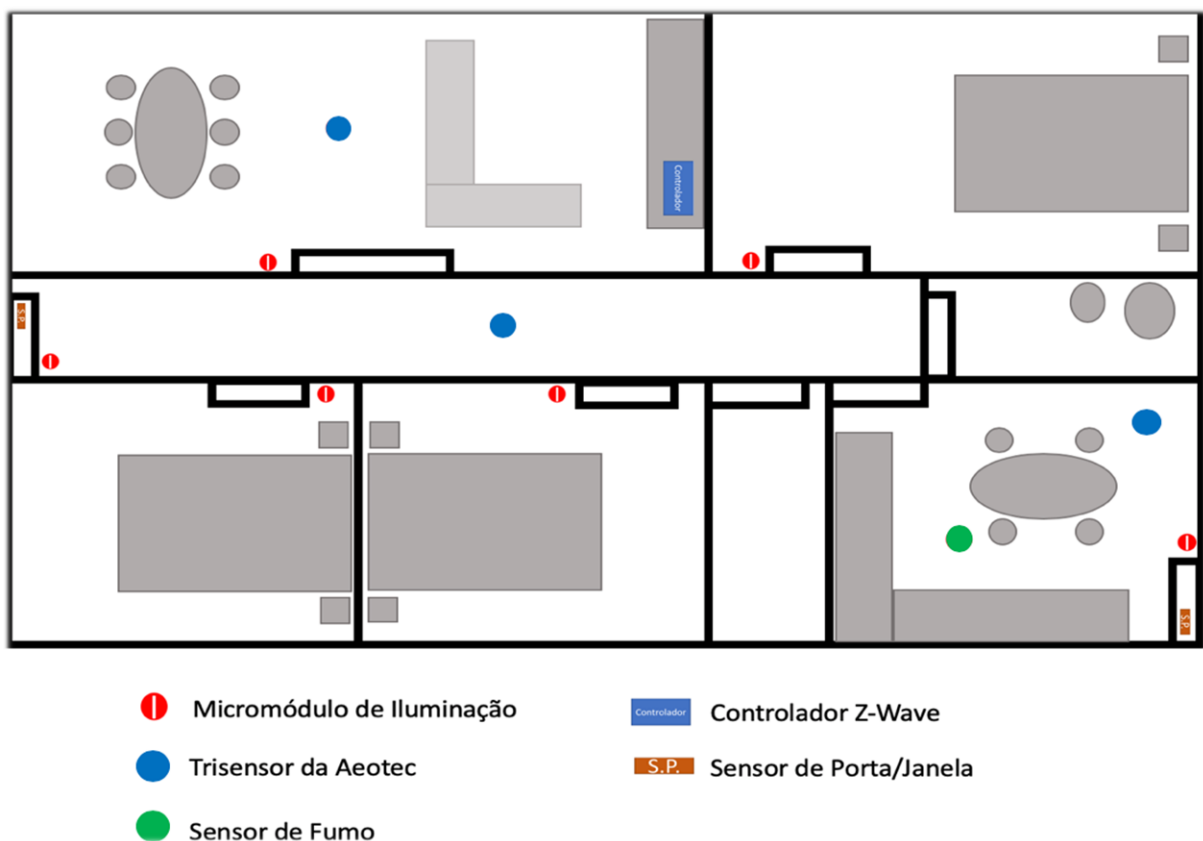


Figura 36: Localização dos sensores na habitação

- **Sensor Porta/Janela**

É pelas janelas e portas que grande maioria dos edifícios são invadidos, então é lá que tem de haver um maior reforço. Para isso, nesta instalação foram usados três sensores

FGDW-002 da marca *Fibaro* [83]. Dois deles ficaram colocados na janela da sala de estar e da cozinha, enquanto que o terceiro ficou instalado na porta que dá acesso do corredor para o exterior da casa.

Estes sensores são instalados facilmente, uma parte é montada na parte móvel da porta/janela que se pretende proteger e outra parte é montada na ombreira/moldura (usualmente, a parte de maior dimensão, onde está localizada a bateria). Caso exista ativação, o equipamento comunica o seu estado ao controlador e pode desencadear alarmes, e notificar o utilizador de uma intrusão quando este se encontra fora de casa.



Figura 37: Instalação de Sensor de Porta/Janela

- **Sensor de Fumos**

Para esta área de segurança fica responsável o sensor FGSD-002 também da marca *Fibaro* [84]. Este equipamento, após a deteção um aumento brusco na temperatura sinaliza através de um alarme sonoro, sinal visual (através de um LED) e envia notificações ao controlador *Z-Wave* para que este informe o morador. Para além disto,

o equipamento possui uma “caixa preta” registrando assim todas as mudanças de temperatura para necessidade futura.

4.3. SOLUÇÃO A – RASPBERRY PI + Z-WAVE STICK

No presente capítulo é descrito o caso de estudo que se baseia no controlador *Raspberry Pi 3B* e pela *Z-Stick Gen5* da *Aeon Labs*. Como referenciado na Figura 38, o circuito é constituído pelos 3 multisensores da *Aeotec*, 6 módulos de iluminação da *Fibaro* (FGS-223), 2 sensores de porta/janela da *Fibaro* (FGDW-002) e 1 sensor de fumo (FGSD-002).

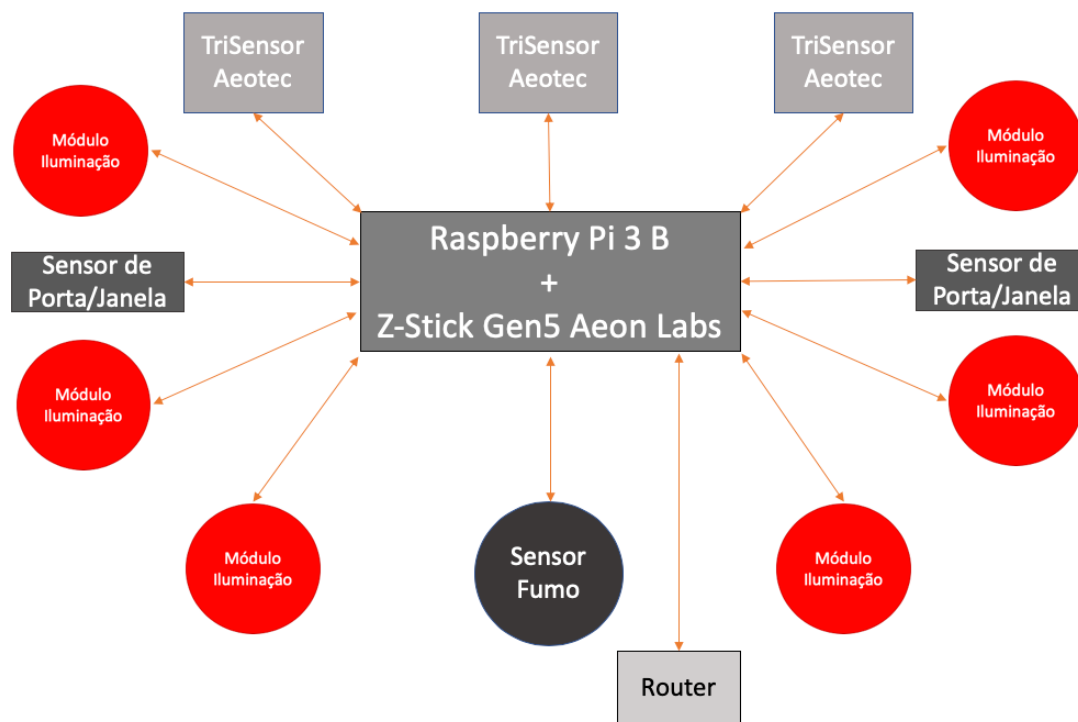


Figura 38: Arquitetura do circuito suportado pelo *Raspberry Pi 3B* e pelo *Z-Stick Gen5* da *Aeon Labs*

4.3.1. CONFIGURAÇÃO

Depois de definidos quais os equipamentos instalados e quais os locais onde estão aplicados é necessário proceder a toda a configuração para que o utilizador possa fazer uso das potencialidades da domótica.

Sendo o controlador baseado num *Raspberry Pi 3* limpo, é necessário um sistema open-source para o controlo e automação residencial, que neste caso foi usado o *Home-Assistant* descarregado diretamente do seu site oficial <https://www.Home-Assistant.io/getting-started/>. O sistema operativo denomina-se por “Hassio.IO” e foi montada a imagem num cartão SD através do *software balenaEtcher* numa máquina *MacOS*. Este *software* de gravação de imagem é o aconselhado pela própria *Home-Assistant*, sendo o seu uso bastante simples. O sistema operativo instalado no *Raspberry* (Hassio.IO) é o responsável por instalar o *Home-Assistant* e atualizá-lo sempre que necessário.

Com o cartão SD preparado, bastou colocá-lo na ranhura dedicado do *Raspberry*, conectar este à rede de internet via cabo e ligar à alimentação. Após alguns minutos é possível aceder à interface do *Home-Assistant* através do endereço “<http://hassio.local:8123>” ou através do endereço de rede do equipamento associado à porta 8123 (neste caso esse endereço seria “<http://192.168.1.91:8123/>”). Na Figura 39 é possível ver a interface inicial do *Home-Assistant*.

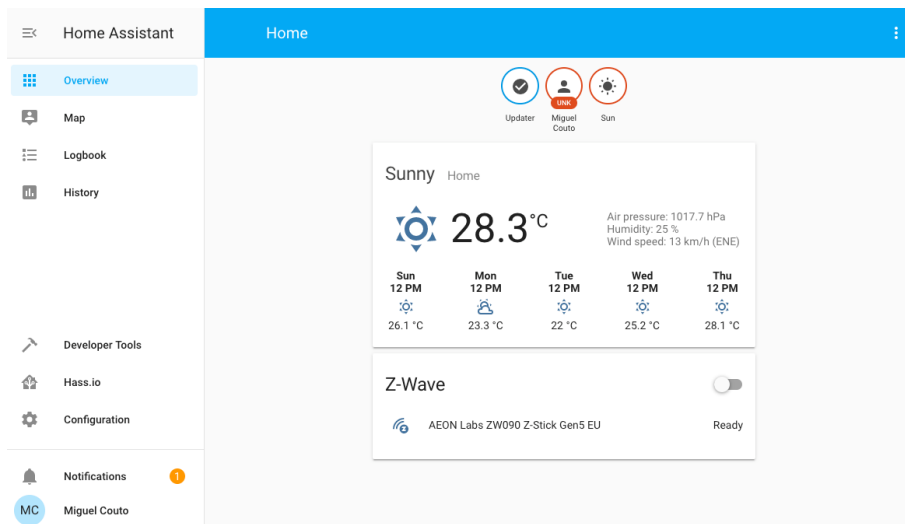


Figura 39: Interface inicial do *Home-Assistant*

Também, através da aplicação móvel (neste caso para iOS) *Home-Assistant* é possível aceder ao controlador. Na Figura 40 podemos ver os campos configuráveis. Dentro da mesma rede que o *Raspberry*, basta colocar o endereço deste para que seja possível aceder.

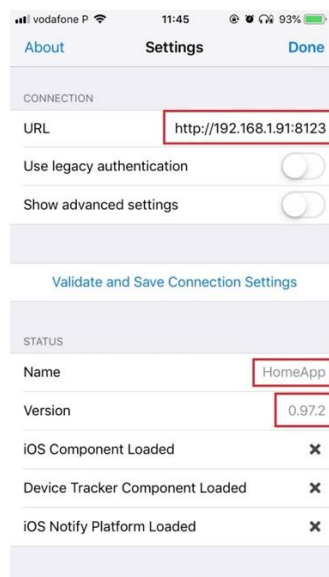


Figura 40: Interface inicial do aplicativo móvel *Home-Assistant*

Após esta primeira fase finalizada, começa a configuração propriamente dita. Para uma melhor iteração e para que seja mais fácil a programação do sistema, uma vez que será necessário aceder a ficheiros de configuração existentes em pastas alocadas no

Raspberry, foram instalados uma série de plugins, que neste caso são designados como add-ons e são instalados muito facilmente. Através do menu inicial (Figura 41) da interface é possível encontrar a opção “Hassio.IO”, acendo à mesma e seguindo para a ADD-ON STORE é possível pesquisar pelos plugins que são desejados.

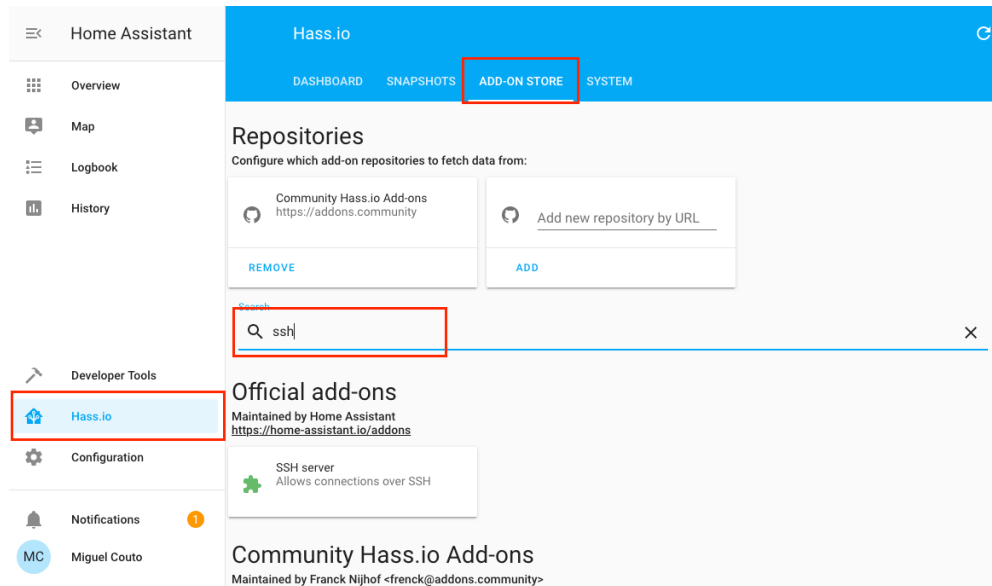


Figura 41: Instalação de Add-Ons no *Home-Assistant*

Nesta instalação foram usados 2 complementos, o “SSH Server” e o “Duck DNS”. O primeiro instalado (*ssh server*) é bastante útil, uma vez que facilita todo o processo de programação que será necessário realizar posteriormente, pois será necessário aceder ao ficheiro de configuração (*configuration.yaml*) do Home-Assistant várias vezes, e assim é possível fazê-lo através o Terminal (no caso de máquinas *MacOS*) ou do *Prompt* de Comando (*cmd.exe* no caso de máquinas *Windows*). Após instalado, bastou aceder à secção “Config” e colocar a password desejada (Figura 42).

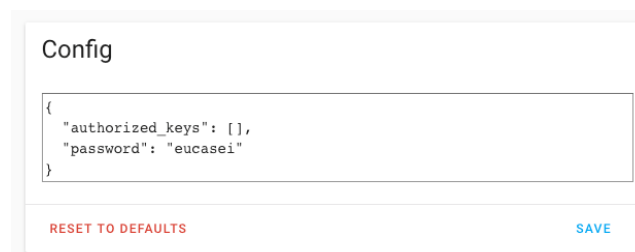


Figura 42: Configuração SSH no *Home-Assistant*

Para que o controlador *Z-Wave* pudesse ser acedido remotamente, quer isto dizer, aceder através de uma rede internet que não a da habitação, foi necessário criar condições para tal. Foi necessário abrir a porta 8123 no router da instalação, que será usada juntamente com o IP público para o acesso remoto ao *Home-Assistant*.

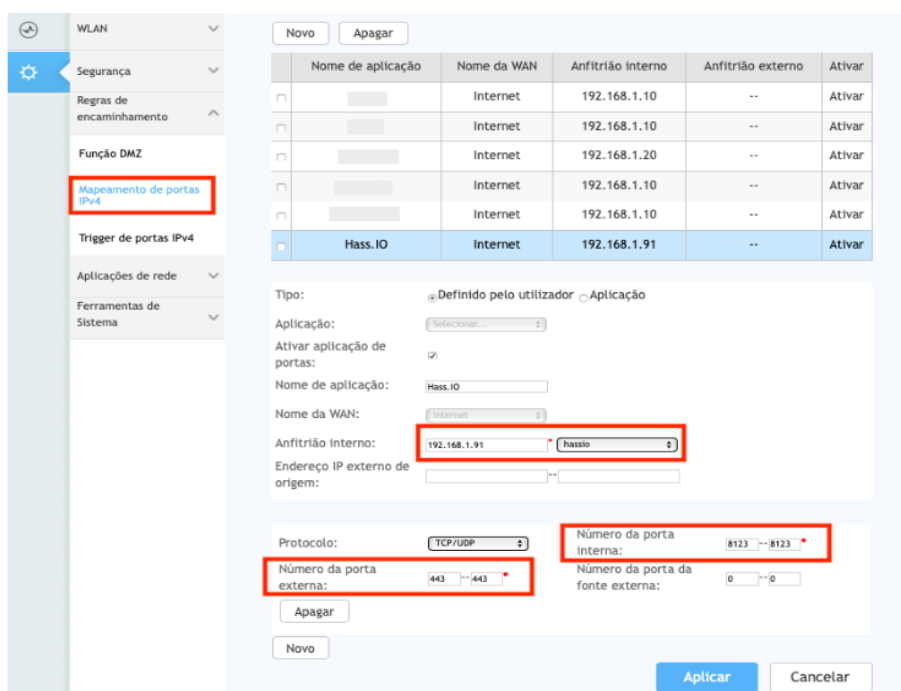


Figura 43: Abertura de Porta no Router de Internet HG8247Q

Esta parte pode ser uma das mais confusas, uma vez que a abertura de portas depende do equipamento que se esteja a utilizar. Neste projeto, este processo foi feito sobre um router Vodafone (HG8247Q) e está descrito na figura seguinte.

Com a porta aberta, o segundo componente a ser instalado foi o “Duck DNS”, um serviço gratuito que direcionará um domínio DNS (hássio.duckdns.org) para um endereço IP. Assim torna conexão ao controlador mais elegante, porque será através de um domínio e não de do IP público do router. Para isso foi necessário aceder ao site <https://www.duckdns.org>, registar com uma conta Google e depois decidir qual o domínio a usar, como podem ver pela Figura 44.

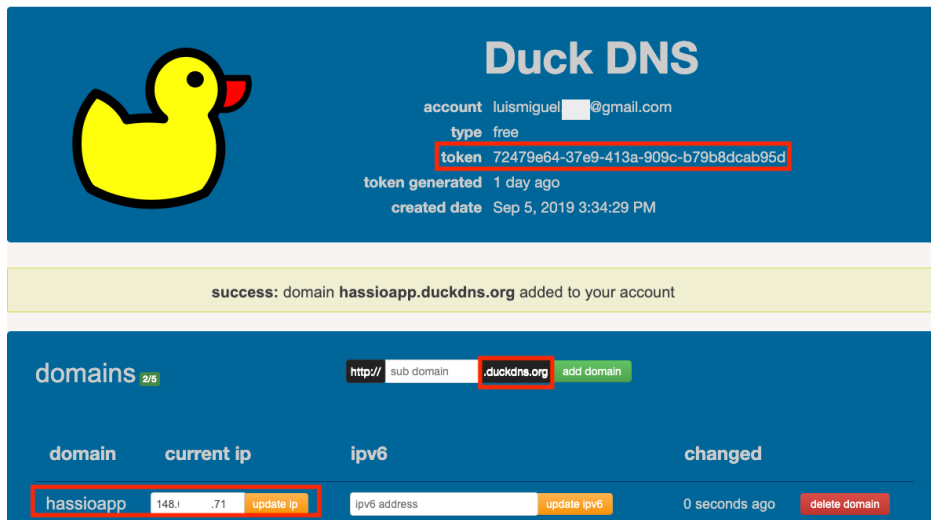


Figura 44: Atribuição de Domínio através do DucDNS [55]

Depois de definido qual o domínio, foi necessário instalar o *add-on* no *Home-Assistente* configurá-lo. Para isso foi necessário colocar o domínio (“hassioapp.duckdns.org”) e o identificador da conta (“token”). Após configurado basta iniciar o serviço.

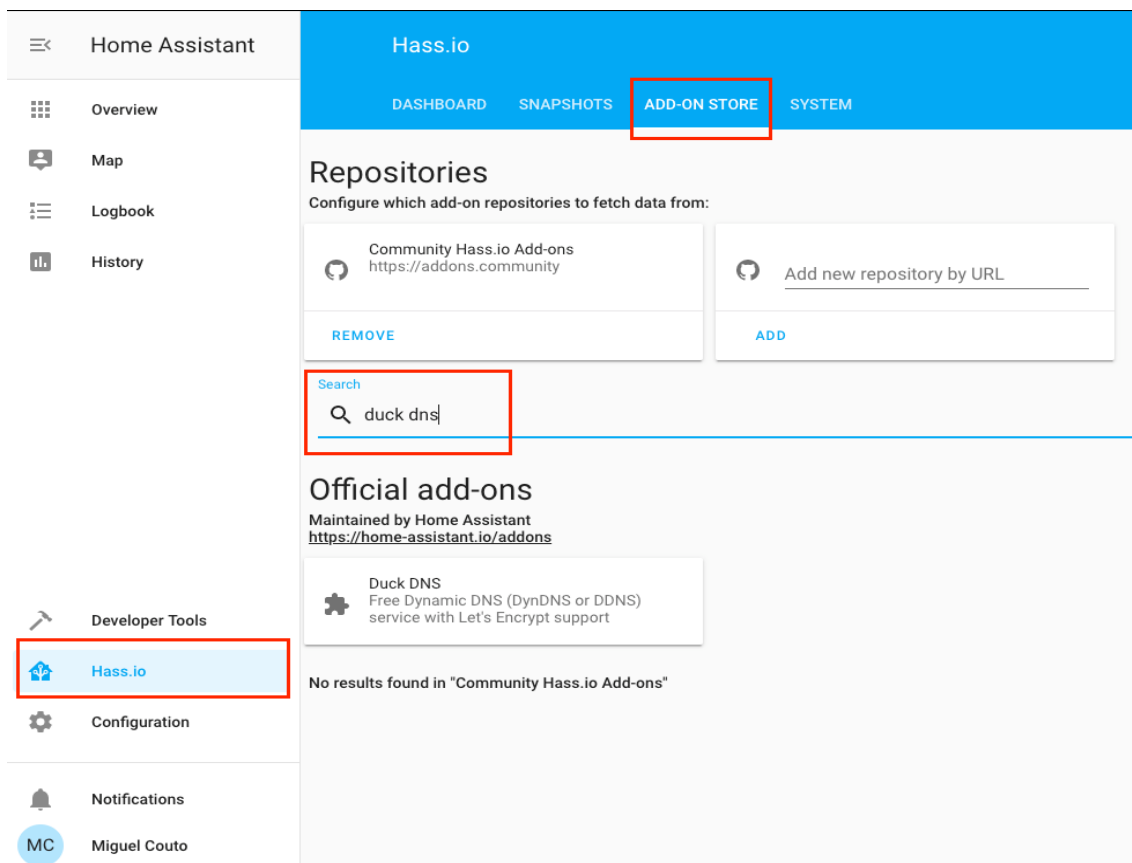


Figura 45: Procurar e instalar o Add-ON Duck DNS



Figura 46: Configuração do *DuckDNS* no *Home-Assistant*

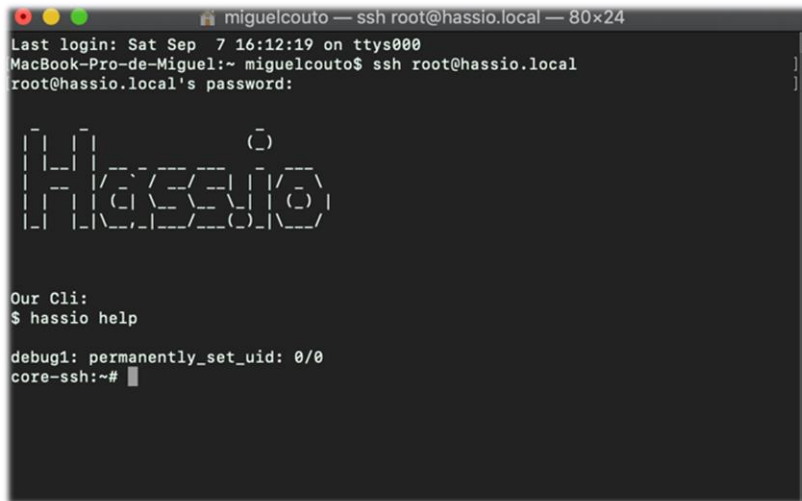
As figuras acima (Figura 45 e Figura 46) demonstram como é feito o download e configuração do *add-on "Duck DNS"*. Na Figura 46 é notório a forma como é associado o domínio e o identificador da conta.

O acesso remoto ao *Home-Assistant* ficou mais fácil e intuitivo através de um domínio. O próximo passo é configurar os dispositivos *Z-Wave* para ser possível realizar o controlo da habitação.

4.3.1.1. ADIÇÃO DE DISPOSITIVOS À REDE *Z-WAVE*

Como foi referido anteriormente, neste projeto será utilizado um stick *Z-Wave* da Aeonlabs como controlador da rede *Z-Wave*, e para isso é necessário indicar ao *software*, isto é, é necessário aceder ao ficheiro de configuração do *Home-Assistant* e indicar que o controlo *Z-Wave* será feito pelo equipamento conectado numa das portas USB.

Para aceder ao ficheiro de configuração, e uma vez que foi instalado o *add-on "SSH Server"*, é possível aceder utilizando o Terminal da máquina *MacOS* (Figura 47), para isso basta entrar com as credenciais definidas anteriormente (Figura 42).

A terminal window titled 'miguelcouto — ssh root@hassio.local — 80x24'. The terminal shows the following text: 'Last login: Sat Sep 7 16:12:19 on ttys000', 'MacBook-Pro-de-Miguel:~ miguelcouto\$ ssh root@hassio.local', 'root@hassio.local's password:', a large 'Hello' message in a dashed ASCII art font, 'Our Cli:', '\$ hassio help', 'debug1: permanently_set_uid: 0/0', and 'core-ssh:~#'.

```
miguelcouto — ssh root@hassio.local — 80x24
Last login: Sat Sep 7 16:12:19 on ttys000
MacBook-Pro-de-Miguel:~ miguelcouto$ ssh root@hassio.local
root@hassio.local's password:
Hello

Our Cli:
$ hassio help

debug1: permanently_set_uid: 0/0
core-ssh:~#
```

Figura 47: Ligação via SSH ao *Home-Assistant*

Conseguindo aceder ao sistema, e sabendo que os arquivos de configuração no *Home-Assistant* são baseados no idioma *YAML*, dentro do ficheiro de configuração foi necessário colocar o seguinte código:

```
Zwave:
  Usb_path: /dev/ttyACM0
```

Figura 48: Excerto do ficheiro de configuração *configuration.yaml*

YAML é uma linguagem concebida para ser facilmente utilizada pelo utilizador e opera muito bem com linguagens de programação modernas para tarefas comuns [56]. Proposta por Clark Evans em 2001 em conjunto com *Ingy döt Net* e *Oren Ben-Kiki*. Esta linguagem foi criada na convicção que todos os dados podem ser representados adequadamente como combinação de listas, mapas e dados escalares. A sintaxe é relativamente simples e foi projetada para ser muito legível, e por isso usada em vários ficheiros de configuração [56].

Depois de entrar no controlador iniciou-se o processo de adição dos equipamentos para construir, módulo a módulo, a rede *Z-Wave*. O processo para emparelhamento de equipamentos com o controlador é muito idêntico para todos eles, existindo apenas diferença no método de ativar o módulo para que este seja reconhecido pelo controlador.

O primeiro passo é colocar o controlador em modo inclusão, para iniciar este modo, foi necessário desconectar o stick do *Raspberry* e, em seguida, tocar o botão de ação que se encontra na parte superior. Depois, pressiona-se 3 vezes o botão de programação no dispositivo que se pretende incluir. O LED azul incorporado no stick pisca rapidamente durante uma descoberta de equipamentos na rede e permanece aceso por 2 segundos para indicar a inclusão bem-sucedida.

Depois de incluir todos os dispositivos, e passados 30 segundos sem atividade o controlador saiu automaticamente do modo de inclusão. Assim basta voltar a ligar o stick novamente ao *Raspberry* e reiniciar o equipamento. Após este reinício, ao conectar com o *Home-Assistant* é possível ver imediatamente os dispositivos presentes na rede, os mesmo são mostrados na tela inicial. À primeira vista parece um bocado confuso, mas na secção seguinte será explicado como organizar melhor a interface.

No caso das câmaras de vigilância foi necessário recorrer novamente ao ficheiro de configuração. Com a introdução do código *YAML* associado a esses componentes no ficheiro de configuração do *software*, é possível, como já foi referido, incluir equipamentos multimédia como o *Chromecast* da *Google* [85]. Foi recorrendo a esta base de códigos que se conseguiu integrar as câmaras IP neste sistema. Para isso, no ficheiro de configuração, foi necessário colocar o seguinte código para cada um dos equipamentos, neste caso o código é referente a uma câmara DCS-932L da D-link:

```
camera:  
  - plataforma: mpeg  
    name: Exit Camera  
    still_image_url: http://198.162.103.75/image.jpg  
    mjpeg_url: http://198.162.103.75/video/mjpg.cgi
```

Figura 49: Excerto do ficheiro de configuração *configuration.yaml*

Depois de adicionar as câmaras no ficheiro de configuração, é preciso fazer um restart ao *Home-Assistant* e as câmaras aparecem na interface.

4.3.1.2. INTERFACE

A interface inicial desta ferramenta de automação não é, claramente, a mais intuitiva no primeiro momento. Logo depois de associar os dispositivos a interface apresenta-se bastante confusa sem qualquer grupo definido e com todos os equipamentos *Z-Wave* juntos. Os nomes dos dispositivos surgem parametrizados de fábrica e aparecem vários que não dão qualquer tipo de indicação ao utilizador mesmo permanecendo na interface.

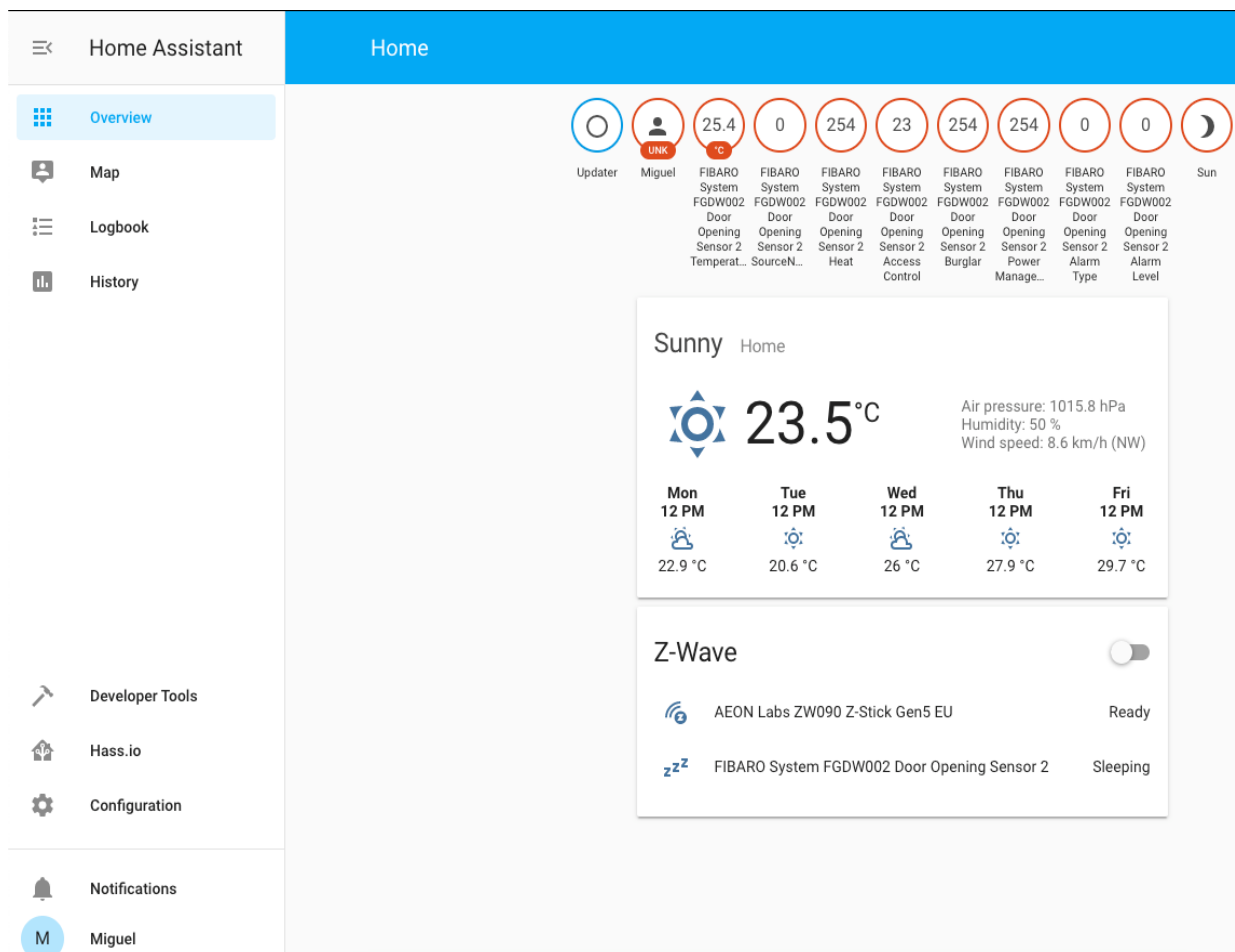


Figura 50: Interface do *Home-Assistant* após adicionar o Sensor de Porta/Janela da *Fibaro*

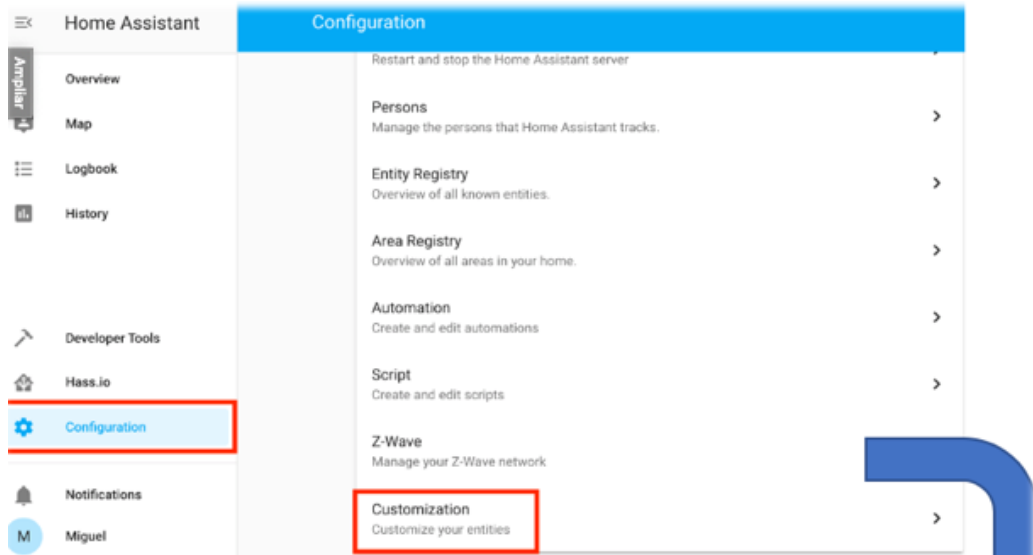
Para tornar tudo mais intuitivo e de fácil utilização foi necessário organizar a interface. Em primeiro lugar criaram-se grupos, e para isso, mais uma vez foi inevitável aceder aos ficheiros de configuração. Para este caso existem duas alternativas, editar o ficheiro “*groups.yaml*” com a configuração desejadas sendo depois necessário “incluir” este

ficheiro no de configurações principais ("*configuration.yml*"), ou configurar diretamente neste ultimo. No código seguinte é apresentado um excerto do grupo "Casa" criado para esta solução, que incluiu o sensor de Porta/Janela da *Fibaro*:

```
group:  
  casa:  
    name: Casa  
    entities:  
      - sensor.fibaro_system_fgdw002_door_opening_sensor_2_access_control
```

Figura 51: Excerto do código para o grupo "Casa"

Uma opção bastante útil dada pela interface, é a oportunidade de verificar se todas as configurações não apresentam erro, e para isso basta fazer uma verificação na aba "Server Control" dentro das configurações. Após os grupos criados, foi necessário renomear os dispositivos para que fosse mais fácil encontra-los sempre que se pretende através da interface, seja via computador ou por aplicação móvel. Como as atualizações de firmware do *Home-Assistant* são uma constante, a tarefa de renomear dispositivos deixou de ser feita via código, passando a ser possível fazê-lo através das configurações no menu principal da interface e selecionando a opção "*Customization*" tem-se acesso à área onde se pode facilmente trocar nome do equipamento para algo perceptível em futuras utilizações. A Figura 52 mostra não só como o processo é realizado, mas também mostra como é possível "esconder" certos dispositivos da interface. Após escolher a identidade que não deve aparecer basta escondê-la no sistema colocando um visto na opção "*hidden*".



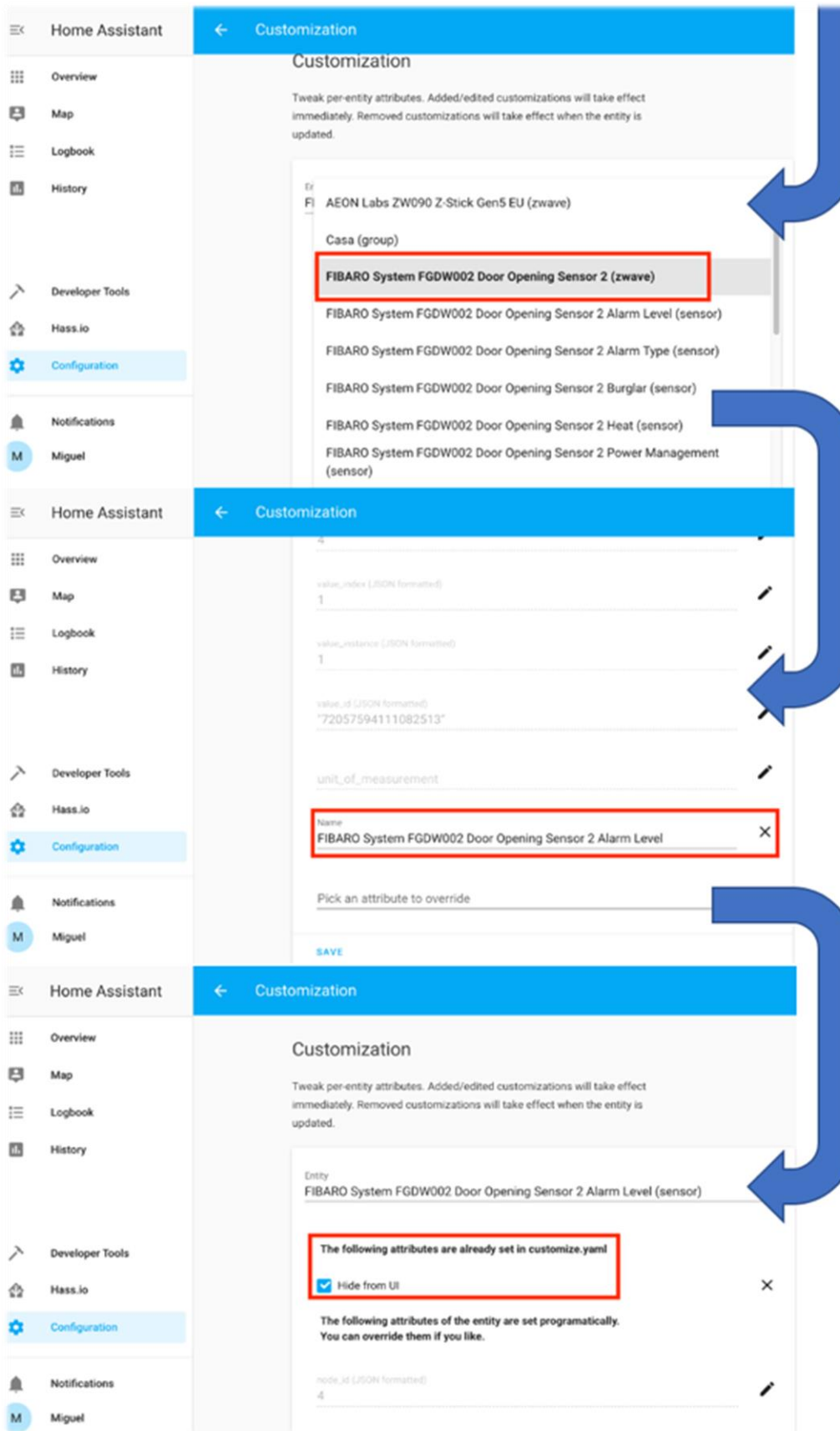


Figura 52: Procedimento para Renomear e Esconder um Dispositivo no *Home-Assistant*

Terminado este procedimento a interface fica com um aspeto bem mais apelativo e organizado que no início. Dentro do menu principal alocado ao lado esquerdo existe ainda opção de visualizar o mapa com a localização do controlador (“*map*”), o “*logbook*” onde estão registadas todas as entradas e saídas dos utilizadores no *software* e o histórico (“*History*”) que mostra o estado e registo de todos os atuadores e sensores desde a sua instalação.

4.3.1.3. CENÁRIOS

Um cenário permite o controlo de vários dispositivos da rede de automação residencial com um único comando. É um conceito bastante interessante e acima de tudo facilitador do dia a dia. Um cenário pode ser ativado manualmente pelo utilizador ou por um sensor ou outro dispositivo da rede. Por exemplo, ativar automaticamente várias luzes (em diferentes níveis de brilho), bem como um equipamento, quando é detetado movimento e, depois de um período de tempo definido, desligar as luzes, é um cenário muito utilizado em automação doméstica.

Esta instalação conta com uma série de equipamentos ativadores de vários cenários. Os sensores de movimento podem desencadear cenários como o referido em cima, sensores de porta/janela podem dar ordem para acender uma luz (em determinado período do dia e a determinada intensidade) para que o utilizador não precise fazê-lo manualmente quando não lhe é cómodo (por exemplo quando entra em casa com sacos de compras). Os sensores de temperatura podem “comandar” a climatização e até os sensores de movimento das câmaras servem para comandar cenários de gravação automática por exemplo, para segurança da habitação. Todos estes cenários são invocados pontualmente, mas também é possível desencadeá-los por calendarizações, horárias, diárias, semanais ou até para uma data específica.

Para esta solução, a criação de cenários é talvez a tarefa mais complexa. Sendo uma peça fundamental no controlo domótico de uma habitação, a configuração de cenários deve ser simples e intuitiva.

Para configurar um cenário, acender a luz de entrada cada vez que alguém abrir a porta principal durante a noite, para que não seja necessário procurar o interruptor, foi necessário aceder á configuração no menu principal e logo de seguida a “Automation”. Posteriormente é necessário criar um cenário, nomeá-lo, definir qual o gatilho e qual a ação que vai ser despoletada. Seguindo o exemplo anterior, para o gatilho pode ser o estado de um sensor, uma calendarização ou apenas um dia/hora específica.

Na figura seguinte é demonstrado a configuração de como um sensor de porta ativa/liga a luz central do hall de entrada, ou seja, quando a porta é aberta e separa as partes magnéticas a luz principal acende.

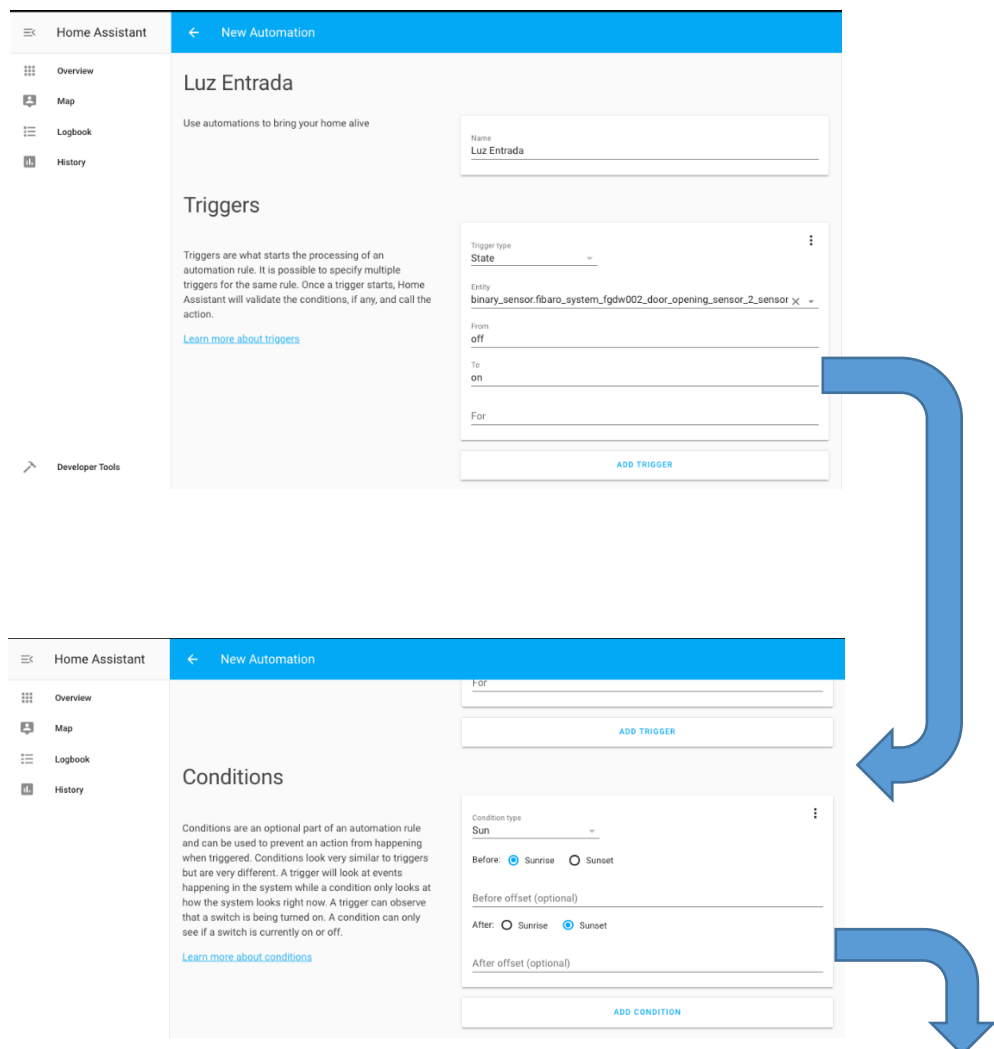


Figura 53: *Trigger* e condição presente num cenário no *Home-Assistant*

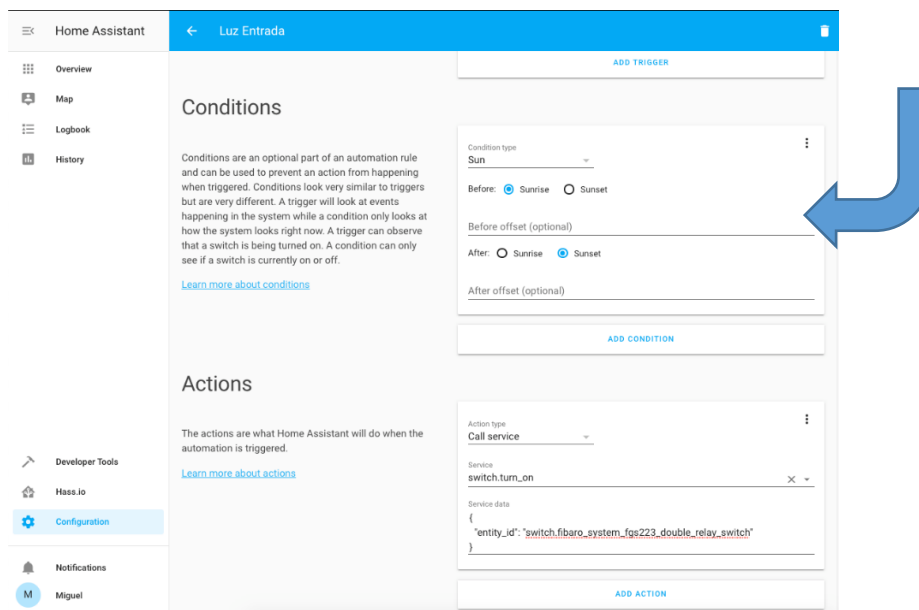


Figura 54: Condição e ação presente num cenário no *Home-Assistant*

Para garantir que durante este cenário não esteja a acender a luz, uma vez que é o período onde a luz do dia é suficiente para iluminar, foi colocada uma condição. Este cenário só ocorre entre o pôr do sol e o nascer do sol, e o *Home-Assistant* através da conexão à internet consegue obter a informação movimento do sol.

Após a definição do elemento que vai desencadear a ação e a condição a que tem de obedecer indicou-se qual a ação que vai ser despoletada. Como a vontade é ligar as luzes da entrada é necessário "invocar" o serviço de ligar a luz e indicar qual a identidade do dispositivo que tem de ser ligado. Para isso é utilizada a função "call service" e referido que a ação será ligar a luz (*switch.turn_on*) na entidade própria (*switch.Fibaro_system_fgs223_double_relay_switch*). Com as configurações feitas, basta gravar o cenário e reiniciar o controlador para que fiquem ativas.

Para outro exemplo mais simples, para "ordenar" que a luz do quarto ligue sempre que o sol nasça basta seguir os passos da Figura 55, onde é definido o nome do cenário, o "trigger" (como o cenário é ativo), e a condição para que aconteça. Para este caso, a condição presente não é necessária, uma vez que está a repetir-se ao trigger, por isso pode ser ignorada (não ser adicionada ao cenário).

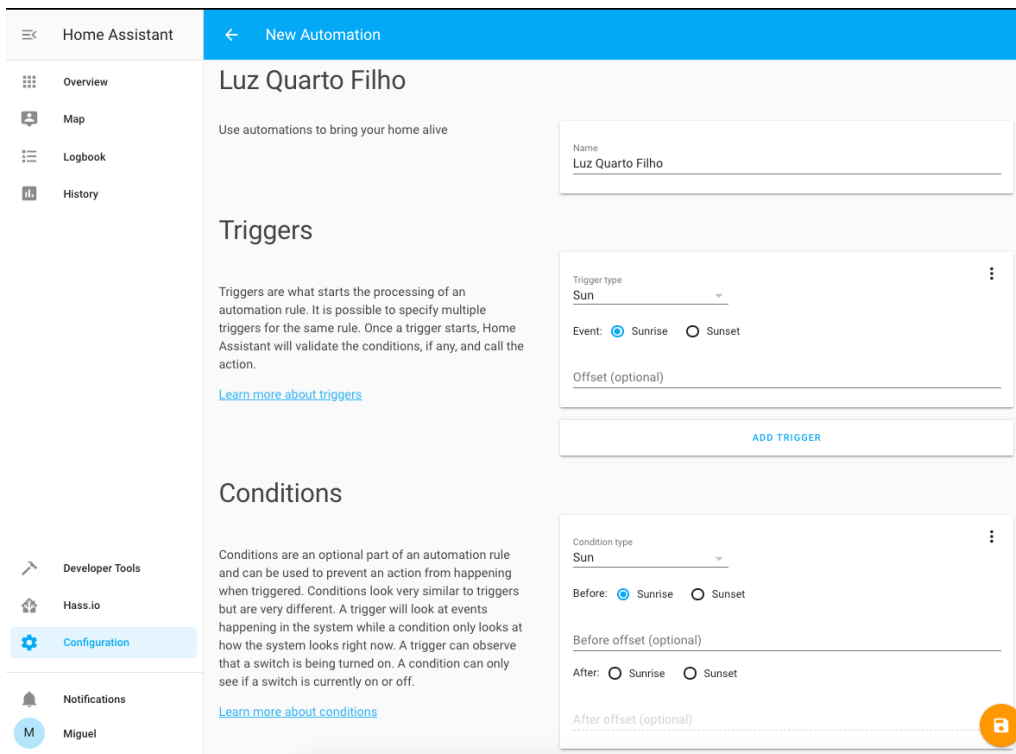


Figura 55: *Trigger* e condição presente num cenário no *Home-Assistant*

Por fim, é necessário definir o tipo e ação propriamente dita que vai ser executada e por quem em “*service data*”.

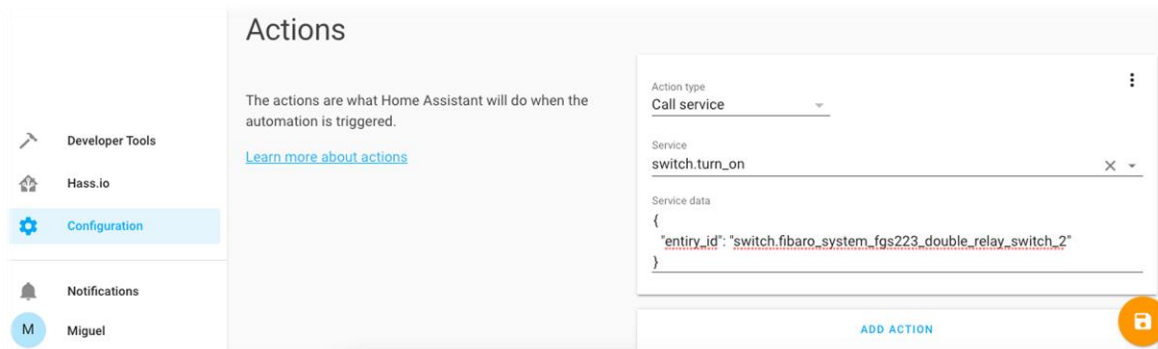


Figura 56: Ação presente num cenário do *Home-Assistant*

Com os vários cenários criados, é possível encontrá-los na interface inicial da aplicação, como é demonstrado na Figura 57. É possível também agrupar todos os switches

presentes na instalação, todos os sensores, na prática é possível agrupar tudo conforme o requisitado pelo morador, como foi referido anteriormente, para que assim possa ter ações sobre todo o grupo, como desligar todas as luzes da casa com um só comando.

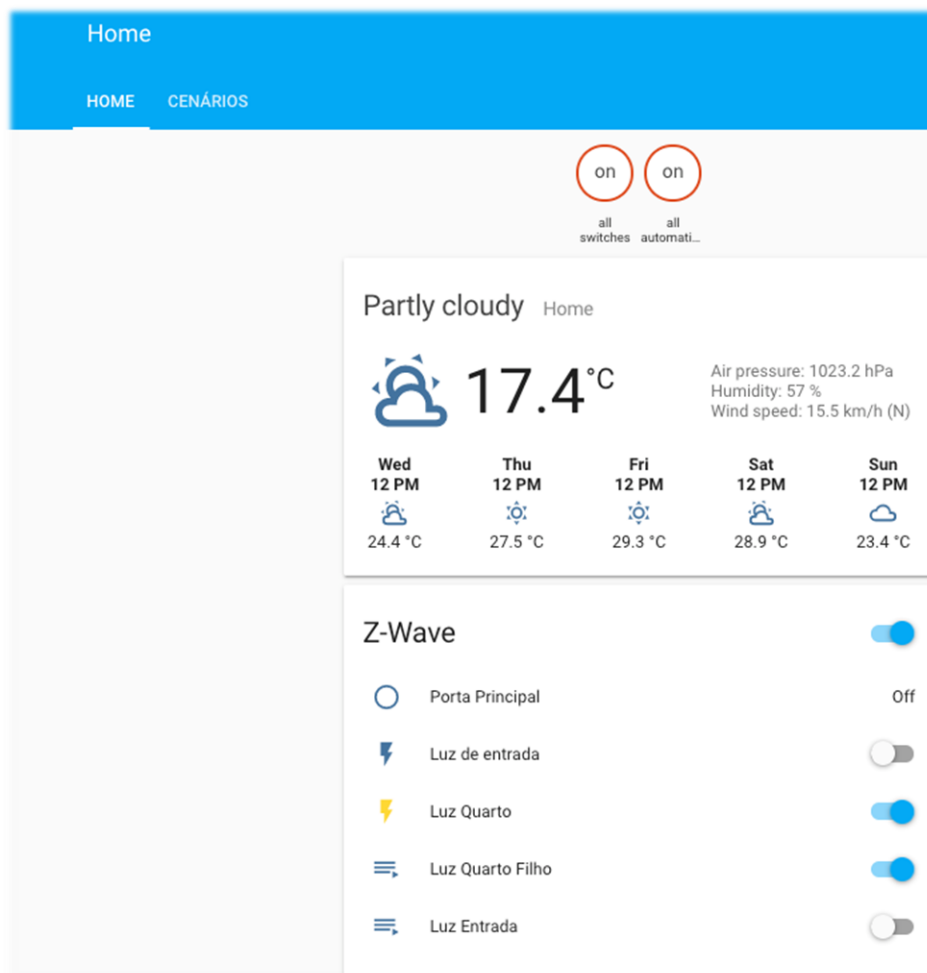


Figura 57: Cenários no *Home-Assistant*

O utilizador pode dar asas à imaginação e mediante o uso de sensores, ou temporizações pode criar um maior leque de cenários possíveis. Pode efetivamente criar um cenário que ligue as luzes de entrada com uma determinada intensidade a partir de uma determinada hora para que quando chegar a casa com uma criança a dormir nos braços não tenha de andar à procura do interruptor nem correr o risco que a criança acorde com o choque de luz. Apesar de menos intuitivo que a próxima solução, a criação de cenários não é assim tão difícil neste controlador.

4.4. SOLUÇÃO B – HOME CENTER LITE

No presente capítulo é descrito o caso de estudo que se basei no controlador da *Fibaro*, *Home Center Lite*. Como referenciado na Figura 58, o circuito é constituído pelos mesmo módulos que a solução anterior, tendo este como cérebro o controlado pelo *Home Center Lite*.

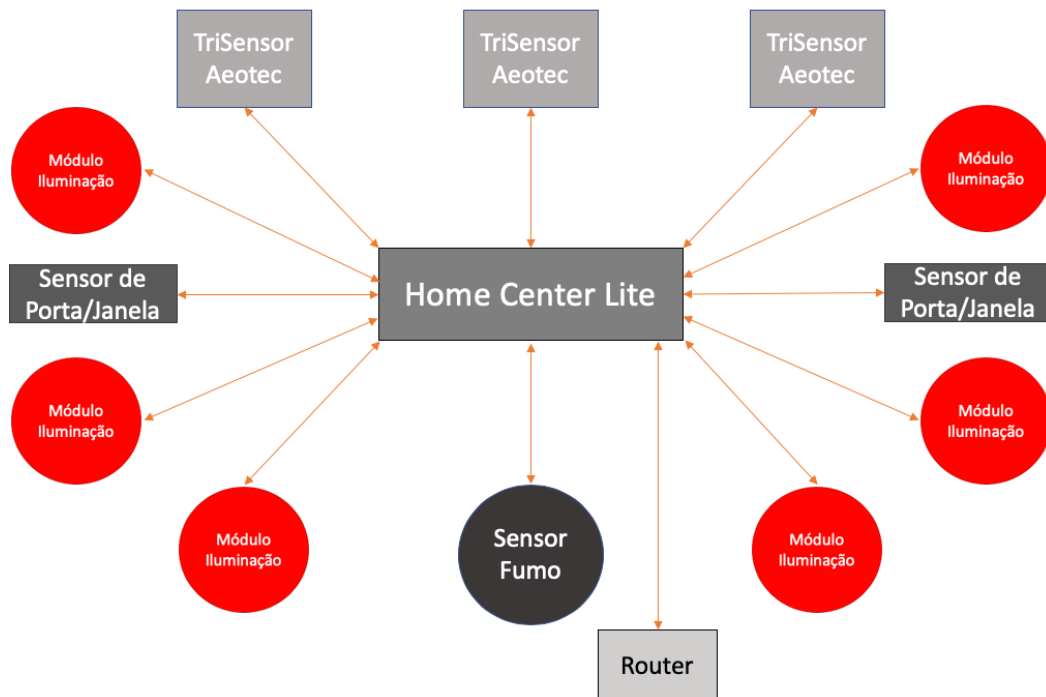


Figura 58: Arquitetura do circuito suportado pelo *Home Center Lite*

4.4.1. CONFIGURAÇÃO

A configuração desta solução, como será perceptível, é muito mais intuitiva para a sua instalação e configuração. Depois de instalados os equipamentos nos devidos lugares e feitas todas as ligações de alimentação e rede do controlador, é necessário proceder a configuração propriamente dita. Primeiro de tudo, é necessário instalar num computador o *software Fibaro Finder*, através do site “<https://www.Fibaro.com/en/support/>”, para que seja possível integrar o controlador dentro da rede da habitação (Figura 59).

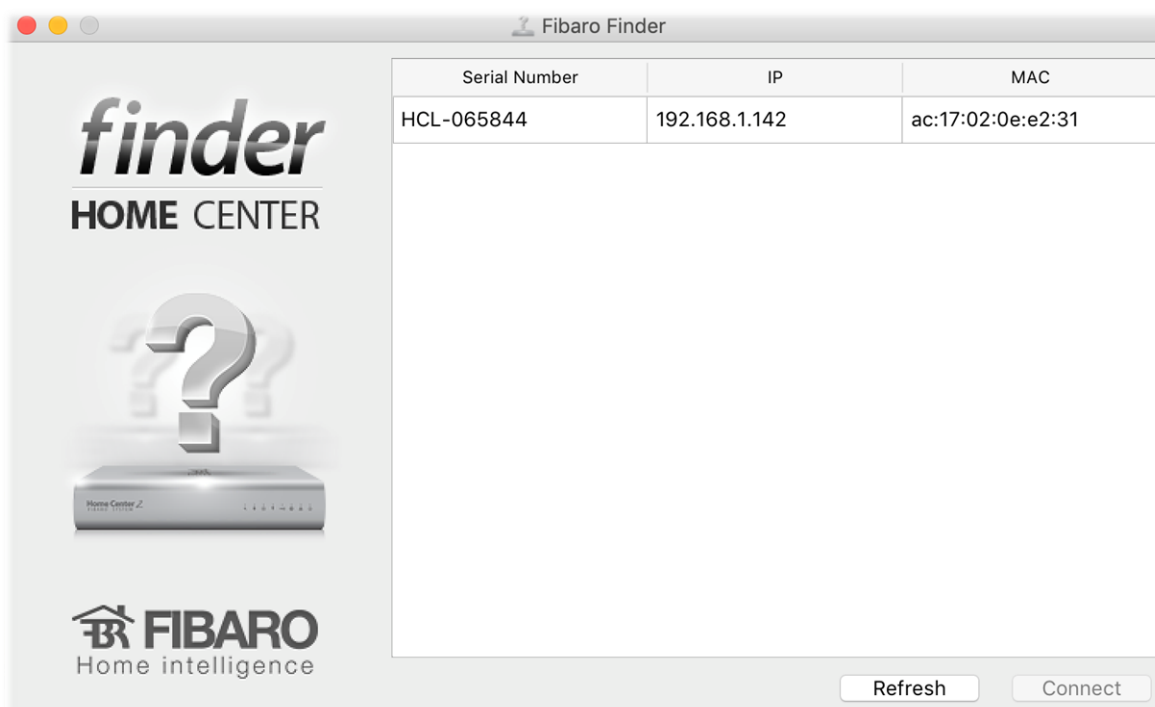


Figura 59: Configurar o controlador *Home Center Lite* na rede da habitação

De salientar que este processo inicial pode ser feito também através da aplicação móvel “*Fibaro*”. Após a conclusão desta etapa, é necessário criar uma conta do utilizador para que os dados não sejam públicos, e assim a configuração do controlo estará concluída.

4.4.1.1. ADIÇÃO DE EQUIPAMENTOS À REDE Z-WAVE

Uma vez associado o controlador á conta do utilizador é necessário já dentro do controlador começar a adicionar e configurar os dispositivos que receberão os comandos e desencadearão a ação. Depois de fazer login na área pessoal, encontram-se listados no cimo da página as várias opções, entre elas “Dispositivos”, que é onde se pode adicionar nos equipamentos ao sistema. Este processo é idêntico ao da solução A, na interface é escolhida a opção “*Add or remove device*” e lá é possível escolher o que o utilizador pretende, se adicionar um dispositivo consoante a sua especificidade ou se remove um. Para adicionar basta clicar em “Adicionar”, como mostra na Figura 60, e irá

ser aberto uma janela com um contador decrescente, começando em 30 segundos (valor default, mas é possível alterar), e dentro desse tempo o utilizador tem de pressionar o botão de programação presente no sensor/dispositivo também 3 vezes para o controlador o adicionar à sua rede *Z-Wave*.



Figura 60: Adicionar dispositivos ao *Home Center Lite*

Assim que o controlador encontra o equipamento, inicia o processo para receber deste todos os parâmetros configuráveis e quando este processo termina é necessário alterar o nome, para uma identificação mais fácil no painel dos dispositivos. Para ajudar a esta identificação, e para uma melhor organização, a *Fibaro System* permite ao utilizador criar divisões da habitação e distribuir os dispositivos por elas. Assim acedendo à aba “Divisões” é possível adicionar uma divisão nova, com nome personalizado e o mesmo para o seu ícone, tornando assim a iteração mais agradável.

Adicionar câmaras IP em controladores *Z-Wave* não é tão linear. Os controladores acedem, com credenciais autorizadas, aos streams que estas camaras dispõem na rede e reproduzem-nos na interface que o utilizador tem acesso para controlar todos os outros dispositivos. Da mesma forma que a anterior, acedendo a “Add or remove device” o utilizador deve escolher a opção “Adicionar câmara”, após isto, basta escolher uma das câmaras já listadas, sendo apenas necessário adicionar o identificador IP da mesma (Figura 61). Caso a câmara pretendida não esteja listada, é possível adicioná-la

manualmente, sendo para isso necessário preencher também os feeds de stream, informação essa passível de ser encontrada também na documentação da câmara.

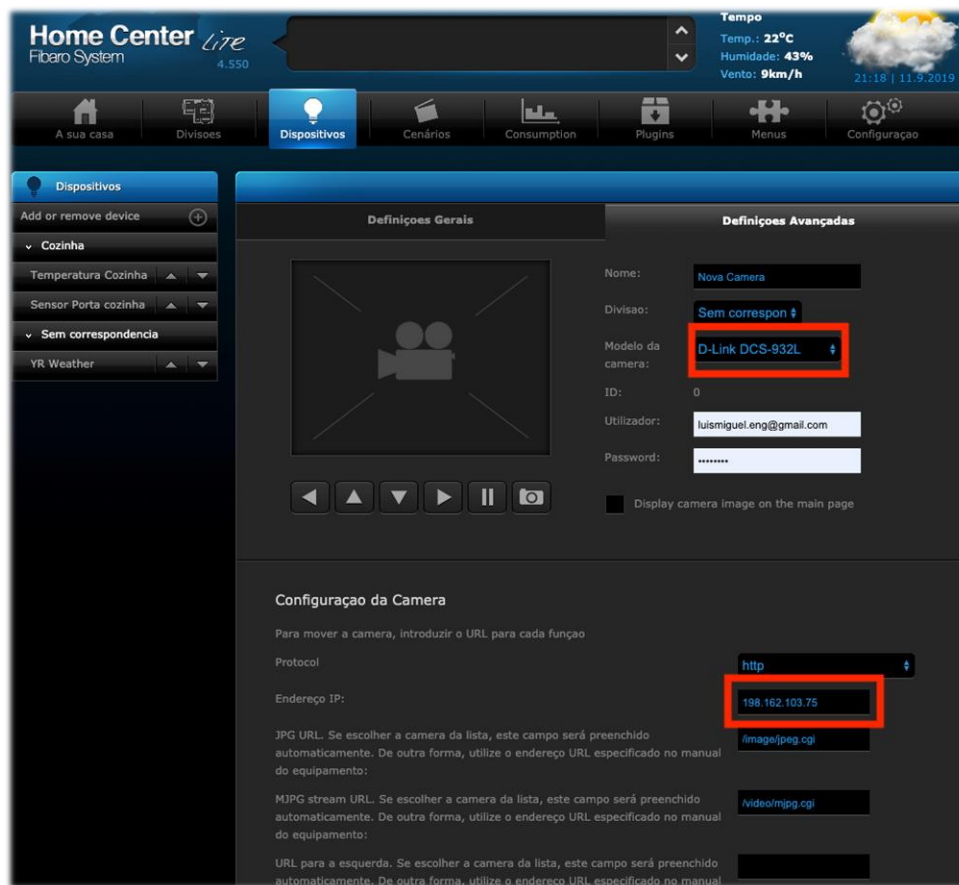


Figura 61: Adicionar câmara manualmente

Em alternativa a este processo (Figura 62), o utilizador pode adicionar o plugin da marca deferente à camara através da opção no cimo da interface “*Plugins*”. O *Home Center* possui mais de 130 *plugins* disponíveis para diferentes câmaras. Neste processo, será usado uma câmara D-Link, para isso é necessário aceder à aba “*Plugins*” na parte superior e, em seguida, “Disponível” na barra esquerda. Depois de localizado o plugin correto basta clicar em “Instalar” e com isto o processo está praticamente finalizado, sendo apenas necessário colocar o identificador IP da câmara e as credenciais de acesso, que usualmente vem especificado nos documentos da mesma.

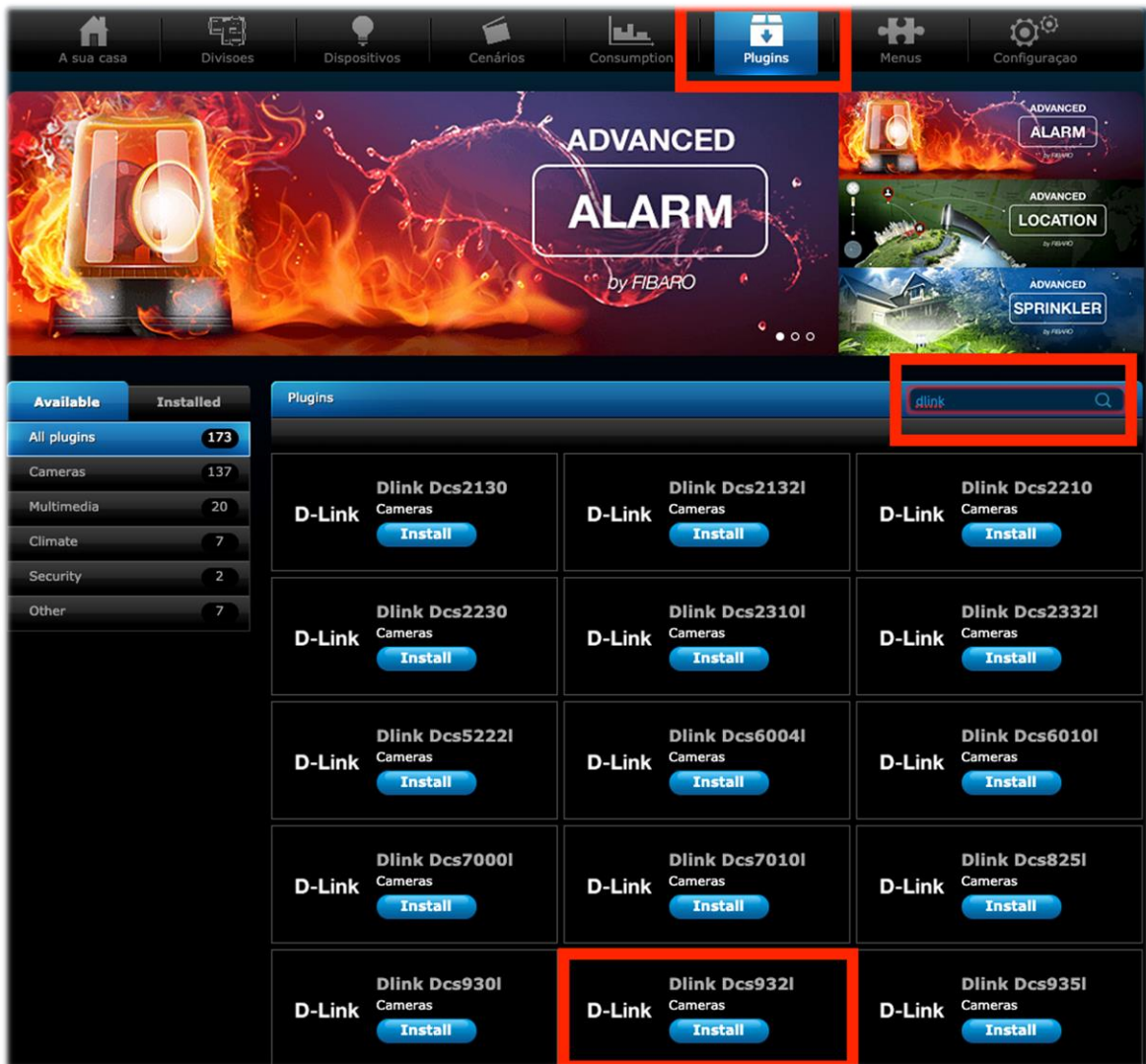


Figura 62: Adicionar uma câmara através do *plugin*

4.4.1.2. INTERFACE

Os controladores desta marca apresentam os utilizadores com dois géneros de interface, isto é, oferecem uma aplicação móvel onde a o forte é apenas o controlo de todo o sistema, verificar o estado de todos os sensores e atuadores, mas também existe a possibilidade de fazer pequenas tarefas, bem como adicionar/remover dispositivos, divisões, secções ou mesmo desligar os alarmes de todo o sistema. É uma interface bastante limpa o que torna a sua utilização bastante *“friendly”*, uma enorme vantagem em termos de navegação, resultando numa maior rapidez na navegação entre janelas.

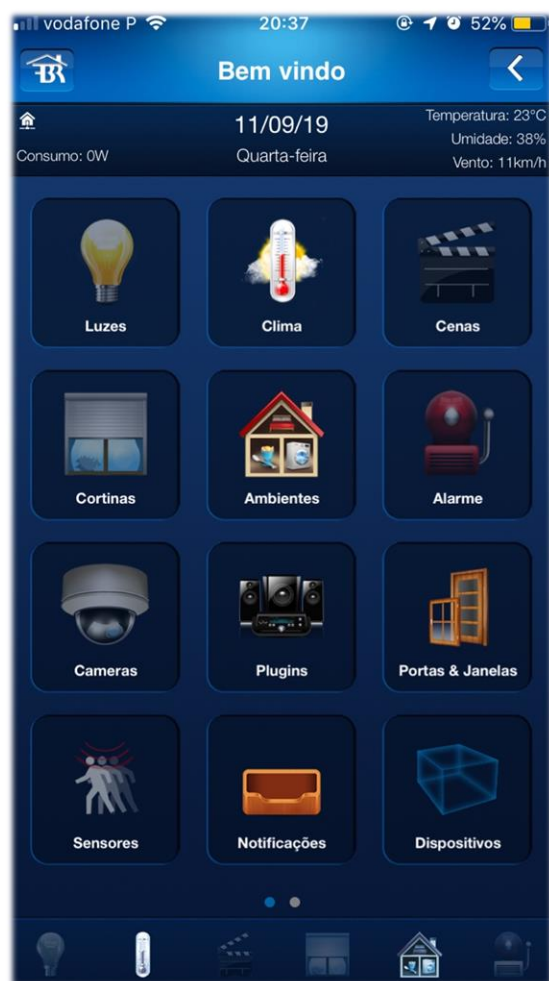


Figura 63: Interface móvel do controlador *Fibaro*

É na página web do controlador que todo o sistema pode ser configurado, desde a criação e divisões até à criação de cenários específicos. É possível ver na **Error! Reference source not found.** os 8 painéis, sendo eles:

1. **Barra Superior:** mostra o estado atual dos dispositivos;
2. **Janela de Comando:** exhibe uma lista de ações executadas pelo controlador principal;
3. **Menu:** barra de navegação principal;
4. **Ferramenta de Pesquisa:** Procurar dispositivo;
5. **Filtros:** menu da barra lateral para ver apenas um tipo específico de componentes;

6. **Menu Casa:** barra lateral para selecionar a sala ou outra secção específica;
7. **Secção Principal:** lista de dispositivos agrupados em secções e salas;
8. **Barra Lateral Direita:** acesso fácil às principais funções do sistema.



Figura 64: Interface inicial do controlador Home Center Lite [57]

Uma das grandes vantagens deste controlador, é que contém uma secção dedicada ao consumo de energia dos dispositivos (Figura 65). Esta secção permite monitorizar o consumo de energia e as leituras de temperatura de todos os dispositivos conectados ao controlador e que sejam capazes de o fazer. A janela principal exibe os medidores com as medidas atuais de energia e temperatura, mas também é possível verificar o valor resumido do consumo de energia no período de uma hora, dia, semana, mês ou mesmo o valor médio dos mesmos períodos, tudo isto para cada divisão à escolha do utilizador.



Figura 65: Secção de Consumo Energético do *Home Center Lite*

Ainda dentro desta secção, é possível encontrar o painel “*Energy Panel*” que mostra as informações complexas sobre o consumo atual e estatístico de energia elétrica. Nesse painel encontram-se 3 ações possíveis para uma melhor análise por parte do utilizador, podendo este escolher se pretende ver as medições energéticas por dispositivo ou divisão, se pretende ter uma visão resumida ou comparativa, e por último e a mais importante, é possível ao utilizador escolher entre ter uma exibição dos dados em kWh ou por custo.

Uma outra funcionalidade importante e bastante útil, é o facto de ser possível ao utilizador controlar o sistema remotamente mesmo este não tendo acesso a internet através do seu dispositivo móvel. Deste modo, através da secção “Menus” e entrando no painel SMS, o utilizador pode ativar esta funcionalidade e associar um ou mais contactos ao controlador e assim através de uma mensagem de texto, como: “Fechar todos os estores na sala de estar”, conseguirá fechar todos os estores de uma divisão, mesmo não tendo acesso à internet, como já referido. De referir que, até ao dia de hoje, 11 de Setembro de 2019, esta funcionalidade está apenas disponível na Polónia, estando a *Fibaro* com intenção de alargar para o resto da Europa.

4.4.1.3. CENÁRIOS

Ao contrário da solução anterior, através do controlador *Home Center Lite*, a possibilidade de criar cenários é bastante mais simples, tanto que já vem com alguns pré-configurados. Tal como na solução A, os cenários podem ser despoletados pelos mais diversos sensores, por calendarizações ou pelo próprio utilizador.

Na secção “Painéis” o utilizador tem a oportunidade de utilizar alguns dos cenários próprios da interface, mas apenas o pode fazer para géneros de atuadores independentes, isto é, consegue controlar o sistema de rega, (o número de ciclos diários, o atraso na sua ativação dependendo se chove ou não) sem iteração com outros sistemas (Figura 66). O Mesmo acontece para o controlo de aquecimento da casa por exemplo, tendo configurado várias divisões com vários dispositivos de aquecimento, aqui consegue controlar todos eles e programar a temperatura que deseja para determinado intervalo de tempo. Uma solução bastante útil, é o painel de eventos (“*Event Panel*”), onde encontra o registro de todas as atividades que ocorrem no Sistema *Fibaro*. O painel permite que o morador monitorize as alterações de estado de todos os dispositivos e os filtre, dependendo do tipo de dispositivo, local ou hora da ocorrência. Existe a hipótese de ligar todo o sistema num único cenário, e isso é possível de se fazer na secção “Cenário”. Os cenários podem integrar vários dispositivos incluídos no sistema da habitação e podem ser iniciadas por condições climáticas, uma série de

temporizadores intuitivos ou vários estados do sensor/módulo. É também possível ao utilizador ativar manualmente um cenário diretamente na interface do controlador. A sua configuração é simples e pode ser feita de duas formas distintas:

- **Cenários mágicos:** com base num sensor e num é construído o cenário de forma bastante intuitiva. Indicando qual o sensor e em que condições terá de estar para que o atuador identificado faça determinada tarefa e com que características (i.e.: se chover fechar os estores da sala em 90%);
- **Cenários em blocos:** são mais poderosas que as cenas mágicas e ainda fáceis de construir. É possível criar visualmente o uso do número de cenas complexas disponíveis de blocos personalizáveis (gatilhos). Existem cinco tipos diferentes de gatilhos: clima, variável, temporizadores, dispositivos e GPS - em cinco cores diferentes, que se podem interligar de várias maneiras.



Figura 66: Adicionar um painel de rega pela interface *Home Center Lite*

4.5. COMPARAÇÃO DE SOLUÇÕES

A solução baseada no *Raspberry* oferece uma grande abertura a nível de componentes integráveis, ao contrário da solução baseada no controlador Home Center, mas esta última é de facto bastante mais intuitiva.

A solução A não é a mais indicada para vigilância. Apesar de existir uma grande variedade de câmaras integráveis, é mais difícil para o utilizador configurar o equipamento e a possibilidade de criar cenários para gravação é nula. Mas isto não implica que esta opção seja de todo descartada para automação residencial, antes pelo contrário, a verdade é que o *Raspberry*, de aproximadamente 45€, associado ao stick da Aeonlabs com valor de 60€, constitui um controlador *Z-Wave* a rondar os 100€, que ao nível de automação residencial se debate muito bem com um controlador *Home Center Lite* (este com o valor a rondar os 270€). Nesta solução é possível realizar praticamente todas as funções que o controlador da solução B, depois de devidamente configurada, a interface é igualmente intuitiva a nível de comandos rápidos e cenários, apesar destes necessitarem de algum esforço extra na criação, funcionam de forma categórica.

O controlador nativo usado na solução B, transforma-a numa verdadeira instalação *Z-Wave* com um complemento de vigilância. Os dispositivos são bastante fáceis de serem adicionados à rede *Z-Wave*, a interface é de uma simplicidade incrível, clara quanto ao que oferece e a criação de cenários é bastante detalhada, o que promove a utilização por todos os que pretendem adotar esta solução. A sua filosofia é mesmo essa, não ser necessário que o utilizador perca muito tempo a em configurações e planos do que pretende para a habitação. Exemplo disso é o sensor de porta/janela, três clicks para o adicionar à rede, colar na porta/janela e está pronto a ser usado.

4.6. TESTES E VALIDAÇÕES

O cenário escolhido para realizar os testes de controlo foi uma habitação, que pode ser observada na Figura 67. Nesta figura podem-se igualmente verificar os trajetos definidos, um controlador e vários end devices.

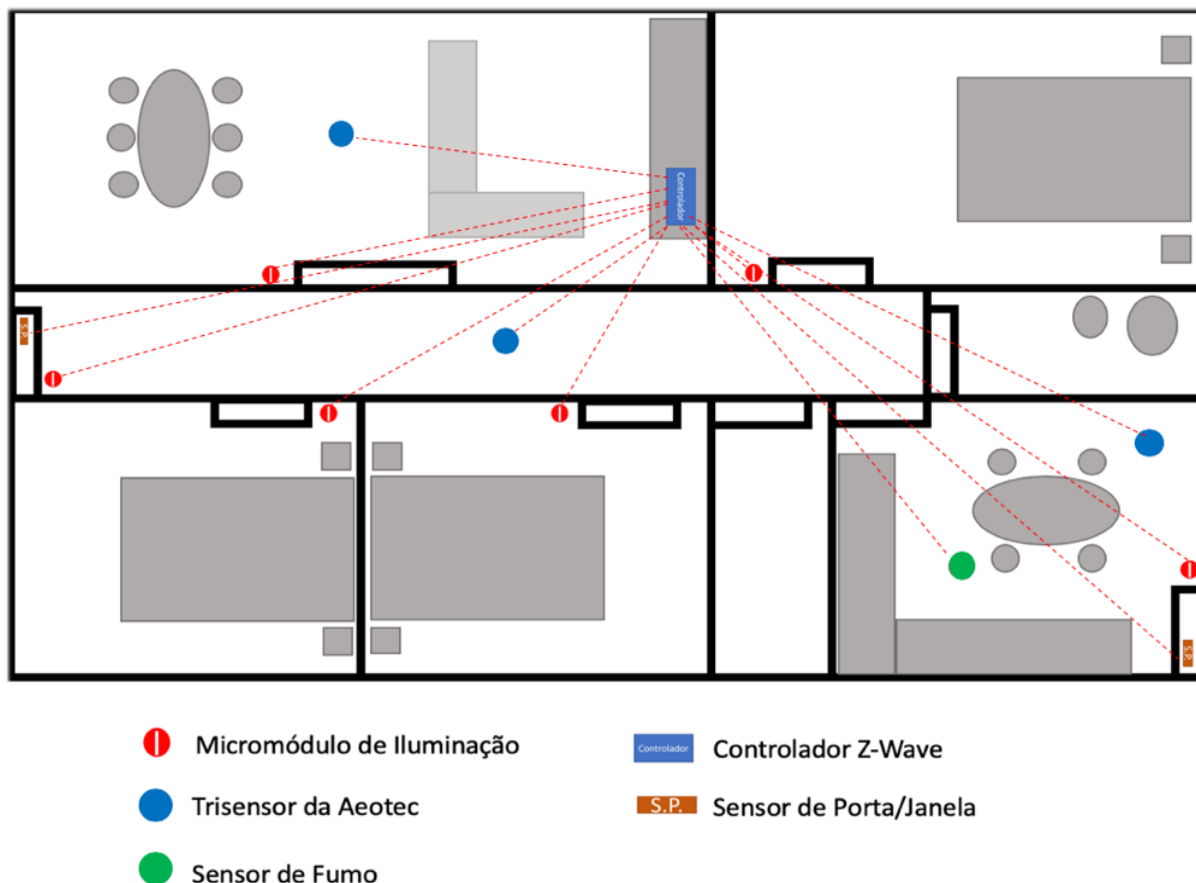


Figura 67: Disposição dos nós no primeiro esquema de testes

Como referido, para a solução A foi utilizado o *Raspberry Pi 3B* com uma *Z-Wave Stick* enquanto que para a solução B foi utilizado o controlador da *Fibaro, Home Center Lite*.

Cada um dos sistemas foi utilizado durante três semanas, mas surgiram complicações bem antes disso. Instalar microcontroladores de iluminação em casas que não estão preparadas para tal, pode ser bastante frustrante, porque as caixas dos interruptores podem não ter espaço para colocar lá o módulo, o que por si só é um grande problema para todo o sistema. Esta instalação requer algum cuidado do utilizador, porque a ligação tem de ser feita corretamente para não

por em causa o bom funcionamento do módulo ou até mesmo toda a instalação elétrica da habitação.

O maior entrave na utilização do *Home-Assistant*, está na possibilidade da perda de toda a sua configuração numa simples queda de energia elétrica na alimentação do *Raspberry*. Esta lacuna ocorreu durante a fase experimental do sistema, após a queda de energia o *Home-Assistant* não voltou a iniciar, foi mesmo necessário voltar a instalar e configurar tudo novamente. Mesmo que os ficheiros de configuração fossem salvos, podiam não ser úteis, bastando a versão novamente instalada ser superior à antiga, como não foi o caso, consegui copiar novamente esses ficheiros para o *Home-Assistant* e após um reinício do sistema, tudo voltou ao normal.

Quanto à interface, o que foi mais notório foi a capacidade que a interface tem, mesmo sem ser necessário acrescentar novos dispositivos o utilizador consegue ter inúmeras informações dentro da mesma aplicação, desde a meteorologia, adicionando a isso dicas até controlar a cobertura de Internet da habitação, fornecida pelo operador. Claro que são todas opções que o utilizador tem ao dispor em muitas outras aplicações, mas incorporar tudo isto dentro de uma só, torna tudo muito mais simples.

Quanto à solução B, com o uso do controlador da *Fibaro*, foi notório a grande segurança em termos de acesso à sua interface, e não só. Graças ao seu sistema de geolocalização, foi possível criar um cenário em que, sempre que eu saía de casa, todas as luzes eram desligadas, isto através da criação de um cenário inteligente. Continuando nesta área, é possível, da mesma forma, ligar o sistema de alarme automaticamente após sair de casa, basta para isso criar um cenário idêntico ao criado e citado anteriormente. Uma outra opção nativa do controlador é a possibilidade de gerir os gastos elétricos, tudo através de um gráfico. Foi bastante útil para ter uma noção dos gastos de determinadas lâmpadas, gestão essa feita pelos módulos de iluminação instalados. Para este projeto, esses módulos foram apenas para controlar lâmpadas, mas também era possível controlar outros dispositivos e assim retirar informações energéticas deles.

Quanto à aplicação móvel *Fibaro*, tornou-se bastante fácil a sua utilização, seja para controlar o sistema seja para adicionar novos dispositivos.

4.7. SUMÁRIO

A tabela seguinte mostra as características mais relevantes entre a duas soluções.

	Solução A	Solução B
Custo de instalação (a diferença está essencialmente no custo do controlador)	96,85€	279€
Componentes integráveis (para as duas soluções é possível usar os mesmos dispositivos)	Oferece uma maior abertura para inúmeros dispositivos.	Cerca de 323 dispositivos passíveis de serem adicionados à rede.
Complexidade de integração dos dispositivos na rede	Integração complexa. É necessário ter conhecimentos de linguagem YMAL.	Bastante simples e intuitivo.
Sistema de vigilância	Apesar de ser possível integrar câmaras de vigilância, é bastante complexo a sua configuração.	Existe uma grande variedade de câmaras integráveis e a sua configuração é bastante fácil.
Cenários	É possível configurar os mais variados cenários, mas é mais complexo e é necessário conhecimentos em linguagem YMAL.	Bastante simples e existe duas formas de o fazer: Cenários Mágicos e Cenários em Blocos.
Interface	Configuração complexa, mas após isso o seu uso é bastante intuitivo.	Interface nativa e bastante intuitiva.

Tabela 5: Características principais das 2 soluções

De forma resumida, ambas as soluções têm um investimento inicial muito aproximada. Como os sensores e atuadores são compatíveis com ambos, apenas o valor do controlador varia, pois não é possível encontrar no mercado um com as mesmas capacidades que o construído na solução A e com o mesmo valor. Outro apontamento a tirar é a diferença na configuração de toda a rede de dispositivos, é consideravelmente mais complicado para o utilizador comum, adicionar dispositivos e configurar cenários na solução B, sendo mesmo necessário o acesso a ficheiros de configuração e conhecimentos, mesmo que básicos, sobre linguagem YAML.

5. CONCLUSÕES

Neste capítulo serão apresentadas as conclusões resultantes do desenvolvimento da dissertação bem como algumas propostas para expandir e melhorar os protocolos estudados e as soluções testadas.

5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tecnologia X10 é umas das mais divulgadas mundialmente dado o seu baixo custo e a facilidade de instalação, mesmo sem conhecimentos técnicos. No entanto, está em fim de vida e possui sérias limitações em termos técnicos e funcionais, não sendo a mais adequada para a realização de sistemas sofisticados.

Em alternativa destacam-se as tecnologias por cabo *Lonworks* [62], mais divulgada nos Estado Unidos da América, o *EIB/KNX* [58], com maior impacto na Europa. Estas tecnologias permitem a criação de sistemas complexos de grande dimensão, mas em contrapartida possuem um investimento inicial muito elevado, monetariamente falando, para além de que a instalação necessita de conhecimentos técnicos especializados e o uso de ferramentas próprias, não estando por isso ao alcance do utilizador comum. É assim frequente encontrar sistemas com estes protocolos apenas em grandes edifícios industriais.

O protocolo *Insteon* [29], tem na sua transmissão o maior trunfo, e juntamente com *Z-Wave* [26] e *ZigBee* [20], a arquitetura em rede “*mesh*” permite a este protocolo estabelecer-se no mercado a um nível de fidelidade bastante interessante. O facto de ser um protocolo fechado é talvez a maior desvantagem, sendo que as limitações que daí advêm em termos de personalização de uma instalação de automação é algo que pode fazer com que esta tecnologia comece a ser colocada de lado, ignorada pelo mercado.

Neste momento, os protocolos *Z-Wave* e *ZigBee* são talvez os que têm mais margem de progresso. Como foi uma tecnologia pensada para o utilizador comum, equipamentos com estes protocolos são extremamente fáceis de instalar, razoavelmente acessíveis em termos de preço, e apresentam bons tempos de reposta, fiabilidade e um bom apoio especializado. O *ZigBee* apresenta consumos energéticos mais aprimorados que o *Z-Wave*, mas neste momento o catálogo de equipamentos disponíveis ainda é reduzido enquanto o *Z-Wave* pode afirmar-se como uma tecnologia preparada para pequenas habitações e grandes projetos.

Quanto aos sistemas instalados, foi possível verificar uma maior diferença na configuração e uso dos controladores. Para utilizadores menos capazes, a solução A é sem dúvida a menos apta, uma vez que requer conhecimentos especializados, apesar da sua interface gráfica ser bastante intuitiva para controlo de todo o sistema. Sem dúvida que para a generalidade dos utilizadores, a opção B é a mais adequada, desde a configuração bastante sequencial, bastante simples, até ao controlo via aplicação móvel ou mesmo pelo site oficial.

5.2. LIMITAÇÕES E TRABALHO FUTURO

Apesar dos objetivos propostos terem sido cumpridos, é possível melhorar ambas as soluções. Sendo a domótica uma área em constante desenvolvimento, o aperfeiçoamento aos componentes de uma rede e às funcionalidades de cada um dos equipamentos, é efetivamente contínuo. Como é natural, na tecnologia e não só, os protocolos estão sempre em evolução, mas o futuro aponta para uma solução sem fios, mas que não penalizem em demasia as baterias na comunicação de dados permitindo melhores resultados na gestão de energia.

A solução A é toda ela interessante pelo simples facto de ser aberta não só ao controlo *Z-Wave*, mas também a vários outros componentes que podem aparecer na interface da nossa ferramenta de automação. Uma secção a informar do trânsito (ao sair de casa), o sistema de som da habitação, a possibilidade de chamar um táxi ou mesmo Uber Eats, tudo na mesma interface onde controlamos a nossa habitação. Existem claro aspetos a melhorar, principalmente na preparação desta solução para um utilizador comum. Os cenários têm de ser

mais fáceis de criar, as câmaras mais fáceis de integrar e o próprio aspeto da interface pode ser melhorado/aperfeiçoado.

A solução baseada no controlador *Home Center Lite* é, como anteriormente referido, muito mais intuitiva. Era interessante aumentar a autonomia do controlador e de alguns dispositivos, com a acoplação de uma bateria de backup para situações de falha de energia. Uma alternativa bastante interessante (a Oomi-Fantem já a comercializa, Oomi Home), mas muito mais dispendiosa, seria um controlador com um tablet incorporado, seria útil utilizar este tablet para configurar todo o sistema, e não apenas para o controlar, assim o utilizador não ficava tão dependente de dispositivos próprios, como um computador para realizar toda a configuração do sistema. Por último, uma solução já utilizada pela marca, como referido anteriormente, é a possibilidade de enviar ordens ao controlador por SMS, mas seria interessante espalhar esta opção por toda a europa, estando esta já a estudar a possibilidade de ser uma realidade no futuro.

Referências Documentais

- [1] “Wireless Home Automation Networks: A Survey of Architectures and Technologies”, IEEE Communications Magazine, 2010, por C. Gomez and J. Paradells.
- [2] “Wireless Monitoring and Management of Energy Consumption and Power Quality Events”, World Congress on Engineering (WCE 2015), July 2015, por José A. Afonso, Filipe Rodrigues, Pedro Pereira, Henrique Gonçalves and João L. Afonso.
- [3] [Junho de 2019] Consumo de energia em casa. <https://poupaenergia.pt/consumo-de-energia-em-casa/>
- [4] “HDPS: Heart disease prediction system”, Computing in Cardiology, 2011; 38, pp. 557–560, por Chen AH, Huang SY, Hong PS, Cheng CH, Lin EJ.
- [5] "A Telerehabilitation System Based on Wireless Motion Capture Sensors", International Conference on Physiological Computing Systems (PhyCS 2014), Lisbon, Portugal, January 2014, por P. Macedo, J. A. Afonso, L. A. Rocha, R. Simões.
- [6] “Edifícios Inteligentes e a Domótica Proposta de um Projecto de Automação Residencial utilizando o protocolo X-10”; Cabo Verde; Universidade Jean Piaget de Cabo Verde; Set. 2010, por Auriza Lopes de Barros.
- [7] [Maio de 2019] Sensores na domótica. <https://www.voltimum.pt/artigos/noticias-do-sector/sensores-na-domotica>
- [8] [Agosto de 2019] Setor terciário por Edson Canal Girardi. <https://www.infoescola.com/economia/setor-terciario/>
- [9] “Mutually Complementary Network System between Wired and Wireless Communication for Home Appliances”, The 13th IEEE International Symposium on Consumer Electronics, 2009, por Satoshi Kawaguchi, Masanori Kojima, Kunihiro Yamada.
- [10] [Junho de 2019] *Powerline* Communication Based Home Automation and Electricity Distribution System. <https://ieeexplore.ieee.org/document/5978900>
- [11] Imamul Arefeen, Abdus Samad and Asadujjaman Nur, “The power line home automation type communication system for voice communication and data transmission using an existing power line”, The 9th International Forum on Strategic Technology (IFOST), 2014, por Imamul Arefeen, Abdus Samad and Asadujjaman Nur.
- [12] [Agosto de 2019] Control de alarmas técnicas de incendios, gas, inundación en cuartos, etc. <https://www.casasdigitales.com/control-alarmas-tecnicas-incendios-gas-inundacion-cuartos-etc/>
- [13] [Julho de 2019] Tarifas e Preços para a Energia Elétrica em 2019. http://www.erse.pt/pt/imprensa/comunicados/2018/Documents/Dossier%20de%20Imprensa_Tarifas%20EE2019_vfinal.pdf

- [14] [Agosto de 2019] Open or closed protocols – which is best choice for your business. <https://www.businessfirstonline.co.uk/articles/open-closed-protocols-best-choice-business/>
- [15] [Agosto de 2019] *ZigBee*: a rede das pequenas coisas. <https://epxx.co/artigos/ZigBee.html>
- [16] "Sistema de Sensorização Móvel e Controlo baseado em *ZigBee* para Bicicletas Elétricas", eminarío Anual de Automação, Eletrónica Industrial e Instrumentação (SAAEI 2012), Guimarães, Portugal, Julho 2012, por P. Ferreira, H. F. López, J. A. Afonso.
- [17] "A design of greenhouse monitoring & control system based on *ZigBee* wireless sensor network." IEEE International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (WiCom 2007), 2007, por Yiming, Zhou.
- [18] "HM4All: A Vital Signs Monitoring System based in Spatially Distributed *ZigBee* Networks", 4th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth 2010), Munique, Alemanha, March 2010, por H. F. López, J. A. Afonso, J. H. Correia, R. Simões.
- [19] "Simulation Analysis of IEEE 802.15.4 for Wireless Networked Control Systems", 35th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2009), Porto, Portugal, November 2009, por Khusvinder Gill, Shuang-Hua Yang, Fang Yao, and Xin Lu.
- [20] "A *ZigBee*-Based Home Automation System", IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 55, No. 2, May 2009, por Khusvinder Gill, Shuang-Hua Yang, Fang Yao, and Xin Lu.
- [21] "Integração de Sistemas de Comunicações", Universidade do Minho, 2013, por J. A. Afonso.
- [22] [Junho de 2019] *ZigBee* Wireless Technology Architecture And Applications. <https://www.elprocus.com/what-is-ZigBee-technology-architecture-and-its-applications/>
- [23] [Junho de 2019] *ZigBee* Security: Basics (Part 1). <https://research.kudelskisecurity.com/2017/11/01/ZigBee-security-basics-part-1/>
- [24] [Junho de 2019] *ZigBee* Spec. V1.0 and IEEE 802.15.4 – 2003. <https://www.iith.ac.in/~tbr/teaching/docs/802.15.4-2003.pdf>
- [25] [Julho de 2019] <https://www.Z-Wave.com/learn>
- [26] [Julho de 2019] Understanding Z-Wave Networks, Nodes & Devices. <https://www.vesternet.com/pages/understanding-Z-Wave-networks-nodes-devices>
- [27] [Julho de 2019] Our history. https://Z-Wavealliance.org/Z-Wave_alliance_history/
- [28] [Julho de 2019] Z-Wave Specifications go Open-Source. <https://www.electronicdesign.com/iot/Z-Wave-specifications-go-open-source>
- [29] [Julho de 2019] *Insteon*: The Technology. <https://www.Insteon.com/technology#ourtechnology>

- [30] [Julho de 2019] *Insteon* Capared. http://www.insteon.it/documentation/Insteon_compared.pdf
- [31] [Julho de 2019] What is X10? <https://www.smarthome.com/sc-what-is-x10-home-automation>
- [32] [Julho de 2019] X10 – Casa inteligente – Home Automation. <https://www.electronica-pt.com/domotica/x10>
- [33] [Julho de 2019] Módulo X10 On/Off para tomada. <https://www.eurox10.com/pt/m%C3%B3dulo-de-aparelho-para-tomada>
- [34] [Julho de 2019] New ‘Simple Control Protocol’ is Link between Internet and the Light Switch. https://www.cepro.com/article/new_simple_control_protocol_is_link_between_internet_and_the_light_switch
- [35] “Casas Inteligentes”, Centro Atlântico, Lda; 1ª edição; Abr. 2003; ISBN: 972-8426-67, por José Augusto Alves e José Mota.
- [36] [Julho de 2019] Análise comparativa de 4 tecnologias domóticas. <https://www.voltimum.pt/artigos/artigos-tecnicos/analise-comparativa-de-4>
- [37] [Julho de 2019] CEBus. <http://www.cricte2004.eletrica.ufpr.br/edu/anterior/cd00/trab/cebus/>
- [38] “A Comparison of the Popular Home Automation Technologies”, IEEE Conference on Innovative Smart Grid Technologies, 2014, por Chathura Withanage, Rahul Ashok, Chau Yuen and Kevin Otto.
- [39] [Junho de 2019] Z-Wave products. <https://products.Z-Wavealliance.org/>
- [40] [Junho de 2019] Z-Wave Controller – *Fibaro Home Center Lite* (FGHCL). <https://smarterhome.sk/en/zwave-control-centres/Fibaro-home-center-lite-138.html>
- [41] [Junho de 2019] Control Centre – Smart Friends Box – Z-Wave Plus - STEINEL. <https://Z-Wave.pt/index.php? route =controllers/zwavegateways/STE-ESMARTBOX>
- [42] [Junho de 2019] Micro Smart Home Controller Z-Wave Plus Zipamicro – Zipto. <https://Z-Wave.pt/index.php? route =controllers/zwavegateways/ZIPAMICRO>
- [43] [Junho de 2019] ZipaTile – Home Control System Z-Wave Plus and ZigBee. All in one. <https://Z-Wave.pt/index.php? route =controllers/zwavegateways/ZIPATILE-ZWZB>
- [44] [Junho de 2019] USB Dongle Z-Wave Plus. <https://Z-Wave.pt/index.php? route =controllers/pcadapterzwave/AEO-USB-PLUS>
- [45] [Junho de 2019] USB Controller Z-Wave Plus – Everspring. https://Z-Wave.pt/index.php? route =controllers/pcadapterzwave/EVR_SA413-1
- [46] [Julho de 2019] *Raspberry Pi* 4. <https://www.Raspberrypi.org/products/Raspberry-pi-4-model-b/>
- [47] [Junho de 2019] Awake your home. <https://www.Home-Assistant.io/>
- [48] [Agosto de 2019] Components. <https://www.Home-Assistant.io/components>

- [49] [Agosto de 2019] Lovelace UI. <https://www.Home-Assistant.io/lovelace/>
- [50] [Agosto de 2019] The Apache License. <https://www.Home-Assistant.io/developers/license/>
- [51] [Julho de 219] Micromódulo Aeon Labs. <https://Z-Wave.pt/index.php? route =switchers/switcherswithmetering/AEO-ZW116-EU>
- [52] [Julho de 219] Regulador Aeon Labs. <https://Z-Wave.pt/index.php? route =dimmers/universaldimmers/AEO-ZW111-EU>
- [53] [Julho de 2019] Tomada com medição de consumos Z-Wave Plus. <https://Z-Wave.pt/index.php? route =wallplugs/wallplugsmetering/FibaroWallPlugZwavePlus>
- [54] [Julho de 2019] Single/Double Switch 2. <https://manuals.Fibaro.com/switch-2/>
- [55] [Setembro de 2019] Duck DNS. <https://www.duckdns.org>
- [56] [Agosto de 2019] About YAML. <https://yaml.org/about.html>
- [57] [Agosto de 2019] *Home Center Lite* manuals. <https://manuals.Fibaro.com/home-center-lite/>
- [58] [Julho de 2019] O que é KNX. <https://www2.knx.org/pt/knx/associacao/o-que-o-knx/index.php>
- [59] [Julho de 2019] KNX. <https://slideplayer.com.br/slide/281425/>
- [60] [Julho de 219] Sistema modular de comunicação e controlo de dispositivos sensores/actuadores: Um ensaio na NextToYou - Network Solutions, Lda. <https://paginas.fe.up.pt/~ee04228/actas/pdi.pdf>
- [61] [Julho de 2019] Introduction to the *Lonworks* Platform. <https://www.echelon.com/assets/blt893a8b319e8ec8c7/078-0183-01B Intro to Lonworks Rev 2.pdf>
- [62] [Julho de 2019] O que é o *Lonworks*? <https://docplayer.com.br/7449035-O-que-e-o-Lonworks-baseia-se-num-protocolo-de-comunicacao-criado-pela-empresa-echelon-na-decada-de-90-denominado-lontalk.html>
- [63] [Agosto de 2019] Wearable Technology. <http://www.copeltelecom.com/site/blog/wearable-technology-tecnologia-futuro-hoje/>
- [64] [Agosto de 2019] Where Z-Wave Works. <https://www.silabs.com/products/wireless/mesh-networking/Z-Wave/benefits/technology/global-regions>
- [65] [Agosto de 2019] O que é a domótica? <http://www.sislite.pt/domus.htm>
- [66] [Agosto de 2019] *Raspberry Pi 3 Model B*. <https://www.Raspberrypi.org/products/Raspberry-pi-3-model-b/>
- [67] [Agosto de 2019] *FIBARO*. <https://www.Fibaro.com/en/support/>
- [68] [Agosto de 2019] *Home-Assistant*. <https://www.Home-Assistant.io/>
- [69] [Agosto de 2019] *ADENE*. <https://www.adene.pt/>

- [70] [Agosto de 2019] Regulação de Intensidade de Lâmpadas LED. <https://www.ledvance.pt/noticias-and-conhecimento/noticias/regulacao-de-intensidade-de-lampadas-led/index.jsp>
- [71] [Agosto de 2019] Gestão de Portões e Persianas. <https://www.Fibaro.com/pt/smart-home-in-use/home-access-center/>
- [72] [Agosto de 2019] Honeywell. <https://www.honeywell.com/>
- [73] [Agosto de 2019] Ethernet. <https://searchnetworking.techtarget.com/definition/Ethernet>
- [74] [Agosto de 2019] Topologias. <https://web.archive.org/web/20160303190153/http://www.m8.com.br/antonio/redes/Topologia.htm>
- [75] [Agosto de 2019] Padrão X-10. <http://albt.tripod.com/x10.htm>
- [76] [Agosto de 2019] European Installation Bus. <https://www.kunbus.com/european-installation-bus.html>
- [77] [Agosto de 2019] Domótica KNX/EIB de Baixo Custo. <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/59047/2/Texto%20integral.pdf>
- [78] [Agosto de 2019] O que é o Lonworks? http://apirac.pt/documentos/comunicacoes_2_inst/c_07.pdf
- [79] [Agosto de 2019] Z-Wave. <http://Z-Wave.pt>
- [80] [Agosto de 2019] PCcomponents. <http://pccomponentes.pt>
- [81] [Agosto de 2019] Popp, Pioneering Smart Homes. <https://www.popp.eu/>
- [82] [Agosto de 2019] TriSensor. <https://aeotec.com/Z-Wave-motion-sensor/>
- [83] [Agosto de 2019] Sensor de Porta/Janela. <https://Z-Wave.pt/index.php?route=sensors/doorsensor/FIB-FGDW-002>
- [84] [Agosto de 2019] Sensor de Fumo. <https://www.senetic.pt/product/FGSD-002>
- [85] [Agosto de 2019] Google Cast. <https://www.Home-Assistant.io/components/cast/>

