



**COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA  
COORDENAÇÃO DE TCC**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**INTEGRAÇÃO AUTOMATIZADA POR MEIO DE  
TECNOLOGIA Z-WAVE**

**AUTOMATED INTEGRATION THROUGH  
TECHNOLOGY Z-WAVE**

Thomás Gomes Almeida<sup>1</sup>, Pablo Fernandes Costa de Marinho<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Discente do curso de Engenharia Elétrica da Faculdade Madre Thaís, Ilhéus, Bahia. e-mail: thomasprojetos@gmail.com

<sup>2</sup>Docente do curso de Engenharia Elétrica da Faculdade Madre Thaís, Ilhéus, Bahia. e-mail: pablofernandes.eng@gmail.com

## **RESUMO**

O presente trabalho tem como objetivo apresentar a aplicação da tecnologia Z-Wave como solução para integrar dispositivos de controle de acesso e iluminação, que promovam segurança e conforto aos seus usuários. Trata-se da implementação de um protótipo de automação residencial que dispense a alteração da estrutura física de uma residência comum e que seja possível utilizar cenas customizáveis que se adequem ao cotidiano do usuário. No decorrer do trabalho são descritos o histórico, as características tecnológicas, os materiais escolhidos bem como as etapas de ligação e integração dos dispositivos entre si. Nota-se a necessidade de conhecimento básico em redes de computadores e uma boa interpretação de manuais dos equipamentos para se obter êxito nessa implementação. Ao final foi possível constatar que essa solução se assemelha com outras encontradas no mercado tendo como pontos positivos: um bom range de alcance entre os dispositivos e uma ótima eficiência energética além de possibilitar uma infinidade de cenas que são adequáveis a cada uso específico.

**Palavras-chave:** Automação residencial. Domótica. Casa inteligente.

## **ABSTRACT**

The aim of this work is to present the application of Z-Wave technology as a solution for integrating access control and lighting devices that promote safety and comfort for users. It involves the implementation of a home automation prototype that does not require alterations to the physical structure of an ordinary home and that can use customizable scenes that adapt to the user's daily life. In the course

of the work, the history, technological characteristics, chosen materials and the stages of connecting and integrating the devices with each other are described. The need for basic knowledge of computer networks and a good interpretation of equipment manuals is noted in order to succeed in this implementation. In the end, it was possible to see that this solution is similar to others found on the market, with the following positive points: a good range between the devices and excellent energy efficiency, as well as the possibility of an infinite number of scenes that are suitable for each specific use.

**Keywords:** Home automation. Domotics. Smart home.

## 1 INTRODUÇÃO

A automação residencial, ou mais comumente chamada de “casa inteligente”, “smart home” ou automação predial é definida como um sistema de controle de dispositivos que atuam com várias finalidades dentre as quais destacam-se o gerenciamento técnico, conforto, comodidade, segurança e gestão energética para seus usuários. Através da sua aplicabilidade é possível gerenciar o consumo de energia, água, controlar a iluminação, climatização do ambiente, segurança predial e residencial além de facilitar a comunicação, tudo isso, através da integração de comandos de um sistema tecnológico. Esse sistema permite ao cliente gerenciar uma série de atividades da vida diária ou no ambiente de trabalho através de um comando de voz ou um clique no celular (Dias; Pizzolato, 2004).

Para controlar esses dispositivos dentro de uma casa inteligente, é preciso utilizar alguma interconexão entre eles, os sensores e atuadores. Os sensores são dispositivos capazes de captar as variáveis contidas em um ambiente (temperatura, presença, luminosidade, umidade do ar), enquanto os atuadores são dispositivos de resposta que irão atuar após o recebimento da informação do sensor de acordo com a programação ou comando.

Além disso, é necessária uma central onde será feito o monitoramento de informações. Os métodos de comunicação nesse sistema são os cabeados que utilizam fios condutores para interligar os componentes de automação e os sem fio, onde utilizam antenas de sinais sem fio para comunicação de sensores e atuadores a uma central de monitoramento e comando.

Com a evolução tecnológica nos meios de comunicação juntamente com a popularização do uso de smartphones no mundo, também impulsionada pela era da informação e da internet, foi-se desenvolvendo novos protocolos tecnológicos de conexão sem fio. Dentre eles, cita-se no presente trabalho os mais importantes no contexto de “casa inteligente” no Brasil: Wireless, Zigbee e Z-Wave (Serrano, 2017).

A relevância deste trabalho se pauta nas características singulares e vantagens que o protocolo Z-Wave possui, estas, são evidenciadas em literatura, destaca-se o fato de não exigir um projeto de alteração em infraestrutura predial para sua instalação. Além disso, o sistema pode ser instalado apenas com dois dispositivos e posteriormente ser ampliado de acordo com a demanda do cliente. Um dos maiores benefícios é o baixo consumo energético o que torna uma escolha padrão ouro para automação de residências.

Com o crescimento constante da população idosa, a automação de residências vem atuando como um facilitador nas atividades de vida diária, assim como, para pessoas com limitação de movimentos, deficientes físicos e/ou visuais. Dessa forma, proporcionando segurança, economia energética, comodidade, independentemente de suas limitações. Diante do exposto, foi levantada a seguinte problemática, por que utilizar a tecnologia Z-Wave na automação residencial?

O objetivo deste trabalho é apresentar a aplicação da tecnologia Z-Wave como solução para integrar dispositivos de controle de acesso e iluminação, de forma que, promovam segurança e conforto aos seus usuários. Para isso foi realizado um estudo sobre a tecnologia e especificações técnicas dos dispositivos que seriam utilizados, análise do ambiente onde eles seriam testados, escolha das ferramentas e estrutura de rede para instalação do controlador, análise de custos, instalação dos demais dispositivos, e por fim os testes de validação.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Para facilitar a compreensão e entendimento sobre a temática, foram destacados os pontos a seguir, conceito e características do Z-Wave, fechadura eletrônica Kaadas L7-5, central Z-Wave HCL Fibaro e o módulo Dimmer.

### **2.1 Conceito de Z-Wave**

O Z-Wave é caracterizado como um protocolo de automação residencial, composto de um controlador central (gateway) e do dispositivo de destino no qual pode atender até 232 dispositivos. O baixo consumo de energia é tão eficiente que o dispositivo pode ser executado em localidades onde há carência de energia e funcionar com baterias simples (pilhas), fato que justifica sua atuação constante na vigilância doméstica e predial (Muratori, 2014; Paetz, 2017; Serrano, 2017).

O protocolo Z-Wave foi desenvolvido por uma empresa dinamarquesa chamada Zensys fundada por dois engenheiros dinamarqueses no final da década de 1990 em Copenhague. A ideia inicial era desenvolver um sistema de automação residencial e controle de luz sem fio. A Figura 1 mostra o primeiro dispositivo controlador feito pela empresa Zensys (Paetz, 2017).

Figura 1 - Primeiro dispositivo controlador Z-Wave criado pela empresa Zensys



Fonte: Paetz (2017).

A empresa logo percebeu que existe um mercado muito maior, concentrando-se na tecnologia sem fio e licenciando-a para terceiros, como vender um Circuito Integrado de Aplicação Específica (ASIC) especial e fornece todo o software incorporado necessário para implementar um sistema doméstico inteligente. Disponibilizar essa tecnologia confiável e interoperável para fabricantes em todo o mundo resultou no maior ecossistema de fabricantes com produtos compatíveis. Os primeiros grandes clientes da Zensys eram dos EUA, onde, graças a um protocolo de automação residencial de operadora de linha de energia inicial chamado X10, já existia um mercado relevante e uma consciência de mercado para automação residencial (Paetz, 2017; Serrano, 2017).

Outro momento divisor de águas no desenvolvimento do Z-Wave foi a fundação da Z-Wave Alliance em 2005. Nesta aliança industrial, estão reunidos os fabricantes de produtos compatíveis com Z-Wave. Essa fundação, aprimora o padrão e também cuida de eventos centrais de marketing, como feiras comerciais. Outra responsabilidade central é a manutenção da interoperabilidade dos dispositivos baseados no protocolo Z-Wave. Isso é garantido por um programa de certificação que atribui um logotipo no dispositivo garantindo a conformidade com o padrão da empresa (Gonçalves, 2017).

Em 2008, a startup dinamarquesa Zensys foi adquirida pela fabricante de chips americana Sigma Designs (NASDAQ: SIGM). Desde então, esta empresa tem impulsionado o desenvolvimento da tecnologia (Gonçalves, 2017).

Em 2013, a *Z-Wave Alliance* lançou um aprimoramento significativo do padrão *Z-Wave* chamado *Z Wave Plus*. O objetivo do *Z-Wave Plus* é simplificar ainda mais o uso do *Z-Wave* e aprimorar a experiência do usuário com os dispositivos. As redes podem ser instaladas sem conhecimento técnico e, na maioria dos casos, até mesmo sem a leitura do manual dos dispositivos. Além disso, a modalidade Plus, reflete as mudanças que aconteceram no mercado de casa inteligente desde que chegou ao mercado. Quinze anos atrás, as instalações domésticas inteligentes eram operadas principalmente por controladores de parede e controles remotos. Agora, a interface principal é o smartphone ou tablet (Gonçalves, 2017).

Assim, o *Z-Wave Plus* estende as especificações existentes, reduzindo algumas das opções e liberdade que os fabricantes tinham antes. Ao mesmo tempo, introduz algumas novas funcionalidades que são especialmente adaptadas para simplificar a operação por interfaces gráficas de usuário, como telefones e pads que se comunicam com *Internet Protocol* (IP) para um controlador central, também conhecido como gateway IP. A maioria das novas limitações são essencialmente "práticas recomendadas" que foram usadas nos dispositivos de qualquer maneira, mas agora se tornam obrigatórias para que outros dispositivos possam contar com esses comportamentos. Isso simplifica o projeto de controladores centrais e interfaces de usuário para configuração e uso da rede. Um dos novos recursos é que os dispositivos *Z-Wave* agora precisam fornecer mais informações sobre si mesmos. sem fio para eliminar a necessidade de consultar o manual para muitas tarefas de configuração (Couto, 2019).

## 2.2 Características do Z-Wave

Dentre as suas diversas características, neste tópico elenca-se as mais importantes: a transmissão, camada de rádio, interoperabilidade e a segurança.

### 2.2.1 Transmissão

Gonçalves (2017) traz que o *Z-Wave* foi criado para executar a transmissão de pequenos pacotes de dados, a distância de comunicação entre dois nós é em média 30 metros, já se houver chip da série *Z-Wave plus* essa distância amplia para 40 metros, o protocolo tem autonomia para a mensagem enviada saltar até 40 vezes entre os nós, suficiente para atender grande parte das automações residenciais.

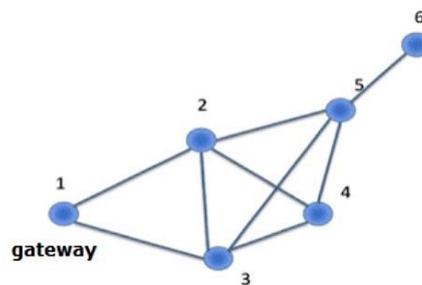
Santos (2017) salienta que as redes *Z-Wave* realizam até quatro saltos. Esses saltos de informações partem do controlador central (gateway) para o dispositivo de destino, pode se

ligar a um total de 232 dispositivos. Destaca-se o fato de que na maioria dos projetos de automação residencial, o limite de saltos e dispositivos não são fatores que limitam a execução.

É importante destacar que as frequências utilizadas nesse protocolo são livres de licença e regulamentadas por órgãos governamentais. Por isso, em cada localidade ele vai operar com diferentes MHz, por exemplo, na Europa opera com 868,42 MHz, na América do Norte 908,42 MHz essa lógica segue em outros países de acordo com a regulamentação de cada um (Muratori, 2014; Santos, 2017; Gonçalves, 2017).

Santos (2017) descreve que a arquitetura da rede utilizada pelo *Z-Wave* é em malha, também denominada de rede *mesh* (Figura 2), essa modalidade permite que o dispositivo repita o sinal e repasse o mesmo para outro dispositivo, ou seja, permitem que dispositivos que não são gateway atuem como repetidores. Essa funcionalidade configura uma maior versatilidade, cobre distâncias maiores e tem a capacidade de ultrapassar obstáculos.

Figura 2 - Rede Mesh



Fonte: Santos (2017).

### 2.2.2 Camada de Rádio

Em uma situação ideal, as ondas de rádio se espalham de forma constante como ondas de luz em todas as direções, gerando um campo esférico (Paetz, 2017; Santos, 2017). Para aplicações técnicas, o comprimento de onda ( $\lambda$ ) e a frequência ( $f$ ) estão relacionados entre si com a fórmula descrita na Equação 1 (Paetz, 2017).

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1)$$

Onde:

$\lambda$  = Comprimento de onda em km;

$c =$  Velocidade da luz = 300.000 km/s;

$f =$  Frequência em Hz.

O sinal pode alcançar até 100 metros em campo aberto, porém devido aos obstáculos existentes em um ambiente residencial como paredes e outras obstruções aliadas ao fato de haver interferências eletromagnéticas, essa distância é reduzida de forma significativa. Dessa forma, pode-se afirmar que o alcance é de 30 metros sem obstáculos e 15 metros se houver paredes (Paetz, 2017; Santos, 2017).

### 2.2.3 Interoperabilidade

Santos (2019) traz em seu estudo uma análise crítica dos produtos utilizados na automação residencial, segundo o autor, produtos que utilizam diferentes gateways e diferentes aplicativos para controlar não trazem facilidade na comunicação e operacionalização. Por isso, o produto deve ter a capacidade de se integrar com outros dispositivos existentes. Visto isso, surge o termo interoperabilidade que em suma significa ter a capacidade de trabalhar em conjunto, ou interação com outros sistemas.

A Z-Wave Alliance implementou nesse protocolo um conjunto rigoroso de normas para que todos os produtos tenham certificação e garantia da capacidade do mesmo trabalhar/integrar com vários tipos de gateways certificados pela Z-Wave. No mercado internacional, existem mais de 600 fabricantes, totalizando 2100 produtos certificados, esses produtos utilizam logotipo da marca para sinalização (Muratori, 2014; Santos, 2017).

### 2.2.4 Segurança

Um ponto importante é a segurança do produto, visto que, para controlar fechaduras ou portas a conexão precisa ser fiável. O Z-Wave tem sua operabilidade com frequências na faixa de frequência de 921 MHz o que o torna mais seguro por não sofrer sobrecarga da faixa de frequência 2,4 GHz (Quevedo, 2008; Santos, 2019; Couto, 2019).

## 2.3 Fechadura eletrônica Kaadas L7-5

A Figura 3 exibe uma fechadura eletrônica que possui os mecanismos semelhantes a qualquer outra fechadura mecânica, porém esse modelo específico possui em sua estrutura um módulo de transmissão sem fio Z-Wave, o que permite se conectar com outros dispositivos

numa rede mesh. Além disso, ela vem equipada com leitor biométrico, RF card, bluetooth, chaves convencionais, menu de voz para configuração e um sistema emergencial de alimentação de 5V usb caso esgote as pilhas AA (KAADAS L7-5, [s.d.]).

Figura 3 – Fechadura eletrônica Kaadas L7-5



Fonte: Próprio Autor (2023).

#### 2.4 Central Z-Wave HCL Fibaro

Trata-se de um equipamento que tem a função de controlar os dispositivos sem fio pareados nele, permitindo a criação de cenas de automação residencial utilizando tanto os dispositivos físicos que são os sensores e atuadores, como algumas variáveis a exemplo: dia, hora, temperatura e localização. Tem a capacidade de conectar até 232 dispositivos simultaneamente. É compatível com *Google Home* e *Alexa*. A central possui uma interface bastante intuitiva e um baixo consumo de energia como é exibido na Figura 4 (HOME CENTER LITE, [s.d.]).

Figura 4 – Central Z-Wave Fibaro



Fonte: Próprio Autor (2023).

## 2.5 Módulo Dimmer

O módulo *dimmer* mostrado na Figura 5, é um interruptor inteligente responsável por intermediar a atuação de uma lâmpada de led dimerizável ou halógena, recebendo sinal tanto sem fio proveniente de uma central *Z-Wave*, como também recebendo o comando de um interruptor do tipo pulsador externo. Ele possui um medidor de energia interno, e controla intensidade luminosa podendo combinar variáveis para sua atuação como hora do dia, movimento e luminosidade do ambiente (FIBARO DIMMER 2, 2023).

Figura 5 – Módulo *dimmer* 2 Fibaro



Fonte: Fibaro Dimmer 2 (2023).

## 3 MATERIAIS E MÉTODO

### 3.1 Delineamento da pesquisa

Trata-se de um estudo descritivo onde será implementado um protótipo de automação residencial. Os requisitos que deverão ser atendidos são:

- Controle do sistema de iluminação que dispense alteração de estrutura do sistema convencional;
- Implementação de uma fechadura eletrônica;
- Elaboração de rotinas escalonadas;
- Criação de cenas entre dispositivos.

A partir das informações citadas é dado início ao estudo para a escolha dos dispositivos e, posteriormente, a implementação do protótipo. Após análise teórica das tecnologias, optou-se por implementar o protótipo utilizando o sistema Fibaro para ser o controlador do sistema de automação residencial que utiliza o protocolo *Z-Wave* na comunicação entre a central e os dispositivos. Toda sua configuração e implementação é realizada através de navegador web,

disponíveis em qualquer computador e em qualquer sistema operacional. O controle do sistema pode ser feito pelo navegador, no entanto, o sistema oferece ainda um aplicativo gratuito disponível para o Sistema Operacional do Iphone – em inglês *Iphone Operating System (IOS)* e para o sistema operacional Android (Couto, 2019; Quevedo, 2008).

A seleção dos dispositivos foi feita pensando na cena automatizada que seria criada para os testes envolvendo controle de acesso e iluminação de um ambiente. Segue Tabela 1 com o resumo dos dispositivos utilizados com devidos custos.

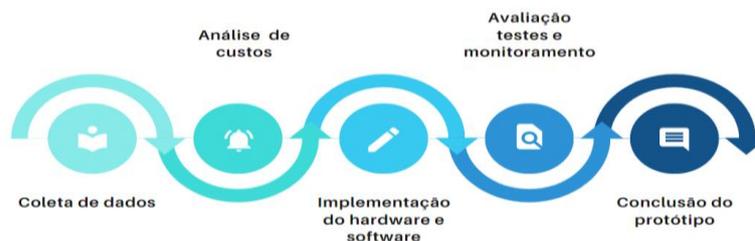
Tabela 1 – Resumo de dispositivos utilizados (Base de Dados: agosto/2023).

Item	Quantidade	Unidade	Dispositivo	Descrição	Fabricante	Valor
01	1	und	HCL	Gateway Z-Wave	Fibaro	R\$ 1.754,07
02	1	und	Fechadura Kaadas L7-5	Fechadura Z-Wave	Kaadas	R\$ 1.799,00
04	1	und	Lâmpada dimerizável	Lâmpada Led 7w 2700K 25D	Philips	R\$ 29,90
05	1	und	Dimmer 2	Módulo Dimmer Fibaro	Fibaro	R\$ 585,00

Fonte: Dados da Pesquisa (2023).

Conforme mostra a Figura 6, a pesquisa seguiu 5 etapas metodológicas sendo a Etapa 1: realização do estudo de especificações técnicas e modos de ligação e operação dos dispositivos escolhidos, análise correta dos ambientes para instalação dos dispositivos e escolha de todas as ferramentas. Etapa 2: análise de custos no mercado nacional. Etapa 3: instalação do controlador e dos dispositivos. Etapa 4: foram feitos os testes e monitoramento e realizada a identificação das não conformidades e correção dos possíveis erros encontrados. Etapa 5: conclusão do projeto através dos testes finais comprovando que não há mais erros na instalação.

Figura 6 – Etapas Metodológicas



Fonte: Próprio Autor (2023).

### 3.2 Delimitação de campo de realização

O trabalho foi desenvolvido no laboratório de testes de produtos eletroeletrônicos do setor de suporte e garantia da empresa Livetech da Bahia que fica localizada no bairro Iguape, município de Ilhéus, estado da Bahia.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

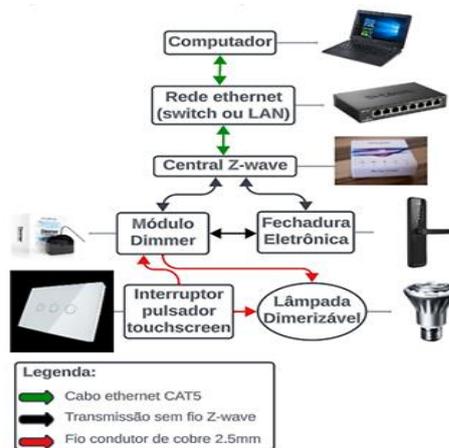
Neste tópico aborda-se detalhadamente sobre toda a implementação: a comunicação, configuração dos dispositivos, criação de cenas, testes e a viabilidade econômica.

### 4.1 Comunicação entre dispositivos

No diagrama (Figura 7) é possível observar os tipos de comunicação utilizados para cada dispositivo. Para o acesso, a configuração da central utilizou-se um notebook e um switch conectados via cabo ethernet CAT 5 (sinalizados com uma seta na cor verde) sendo também possível ser configurado utilizando esse cabo diretamente na porta LAN da central. Logo abaixo com a seta na cor preta os dispositivos (módulo dimmer, fechadura eletrônica e a central Z-Wave formando uma rede *mesh*) que se comunicam sem fio via protocolo Z-Wave. Por último, mostra-se em vermelho no diagrama a ligação dos dispositivos via fio condutor de cobre 2.5mm (módulo dimmer, interruptor pulsador e a lâmpada dimerizável de led).

A comunicação via cabo ethernet se faz necessária para configuração tanto da central como dos dispositivos que são adicionados na rede Z-Wave, bem como criação de cenas de automação e manutenções periódicas. Na rede Z-Wave adicionou-se dois dispositivos na central: a fechadura eletrônica e o modulo dimmer. O módulo dimmer fará a conexão via fio condutor de cobre na fase, no neutro, e no retorno da lâmpada dimerizável comandada simultaneamente via interruptor auxiliar.

Figura 7 – Fluxograma de comunicação dos dispositivos



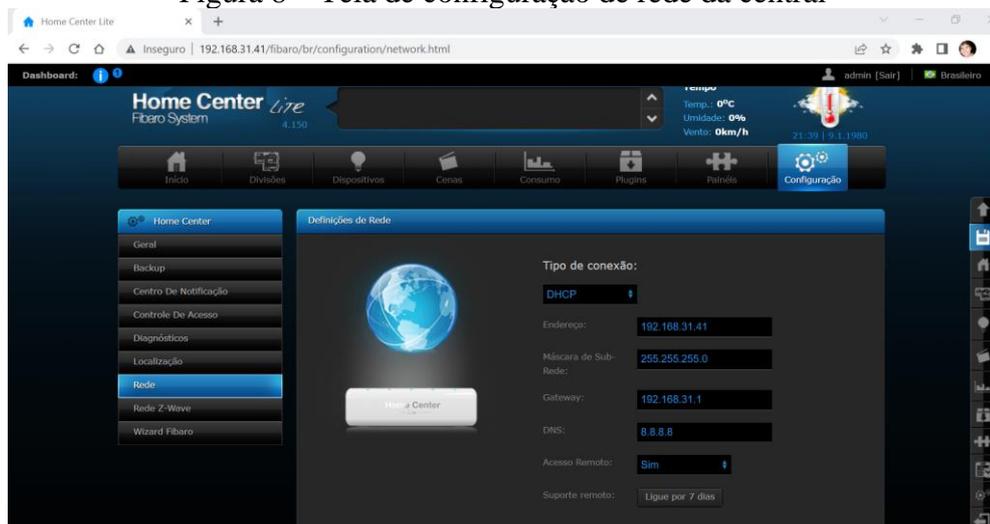
Fonte: Próprio Autor (2023).

Na cena que foi criada, o módulo dimmer recebe o comando sem fio enviado pela fechadura eletrônica e faz a atuação da lâmpada conforme a cena automatizada passando pela central numa rede tipo *mesh*.

#### 4.2 Configuração dos dispositivos

A central Z-Wave foi acessada via web por meio de um IP padrão do fabricante, após isso foi configurado para IP da rede local tendo as opções de DHCP e IP estático. Antes de adicionar a fechadura na central, foram inseridas oito pilhas do tipo AA (1,5V), realizou-se a configuração da senha master, adição de usuário e configuração biométrica através do menu “*voice guide*” onde a fechadura fala o menu e é preciso ir digitando as opções desejadas.

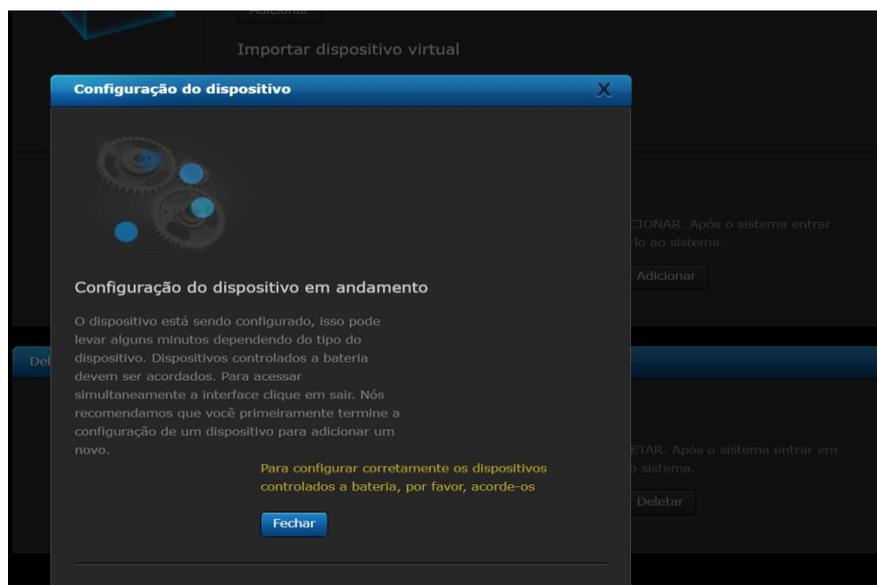
Figura 8 – Tela de configuração de rede da central



Fonte: Próprio Autor (2023).

Para adicionar a fechadura digital na central Z-Wave, ainda no menu “*voice guide*” da fechadura, foi feita a configuração do modo “*Join Network*” para que a mesma ficasse disponível a se conectar com a central através da transmissão de dados sem fio via Z-Wave. Na central foi adicionada a fechadura na opção “*add lock*” como é demonstrado na Figura 9.

Figura 9 – Tela de adição de dispositivos

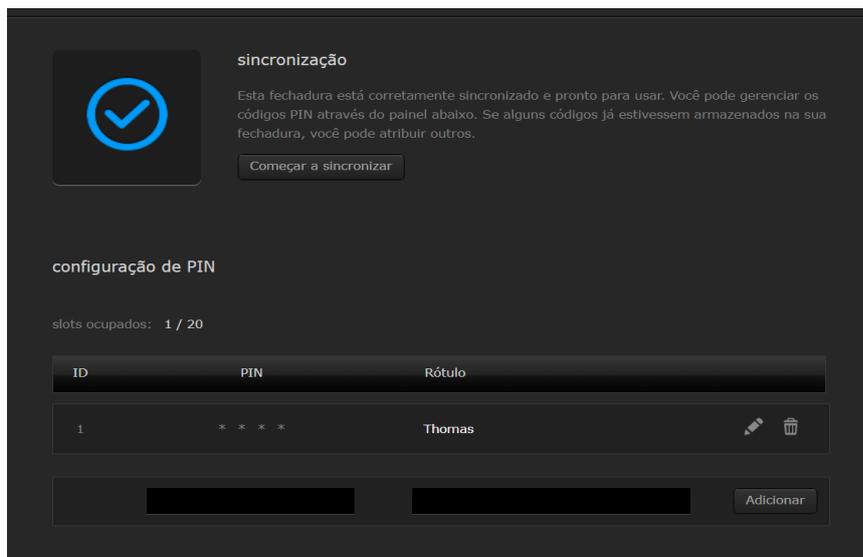


Fonte: Próprio Autor (2023).

Na tela de configuração da fechadura eletrônica que já foi adicionada a central, foi realizada a sincronização e configuração de código PIN do usuário (Figura 10). Neste momento, a fechadura já ficou pronta para receber e mandar comandos sem fio.

No estudo feito por Couto (2019), mostrou que no mercado internacional existiam mais de 600 fabricantes totalizando 2100 produtos certificados com a tecnologia Z-Wave. No presente trabalho evidenciou-se realmente ter uma boa interoperabilidade entre dispositivos, tendo em vista que os fabricantes da fechadura (Kaadas) utilizada e a da central (Fibaro) são diferentes, e isso não dificultou a configuração e utilização e até mesmo no uso de cenas automatizadas.

Figura 10 – Tela de sincronização da fechadura com a central

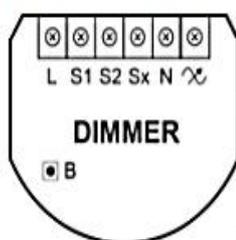


Fonte: Próprio Autor (2023).

Na fase de ligação do módulo Dimmer ao interruptor e a lâmpada dimerizável, conforme análise das Figuras 11 e 12, antes da adição do dispositivo a central, foi preciso energizá-lo utilizando os bornes de fase “L” e neutro “N” numa tensão de 127v. Para ligá-lo juntamente com o interruptor pulsador *touch* e o retorno da lâmpada dimerizável conforme é demonstrado na Figura 10 utilizou-se o borne “S1” que é designado para instalação de um interruptor deixando em comum “N” e o “Sx”. Por fim, o terminal de saída foi ligado na lâmpada controlando a fonte de luz. Após todas as conexões entre dimmer, lâmpada, e interruptor estarem em seus respectivos bornes seguindo seus respectivos manuais, o protótipo toma forma como é mostrado na Figura 13.

Figura 11 – Descrição dos bornes do módulo dimmer

Notas para os diagramas:

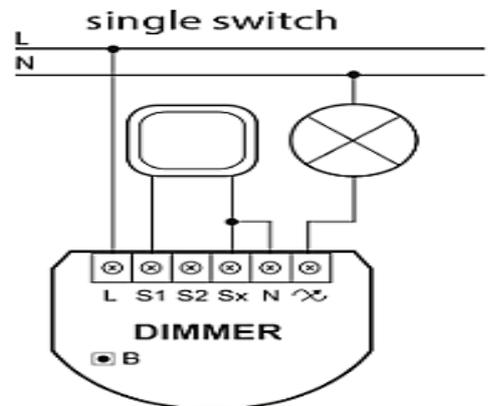


- L – terminal para condutor energizado
- S1 – terminal para chave nº. 1 (tem a opção de colocar o dispositivo em modo de aprendizagem)
- S2 – terminal para chave nº. 2
- Sx – terminal de saída de energia para interruptor(es) conectado(s)
- N – terminal para fio neutro
- ☒ – terminal de saída do Dimmer 2 (controlando a fonte de luz conectada)

B – botão de serviço (usado para adicionar/remover o dispositivo e navegar no menu)

Fonte: Fibaro Dimmer 2 (2023).

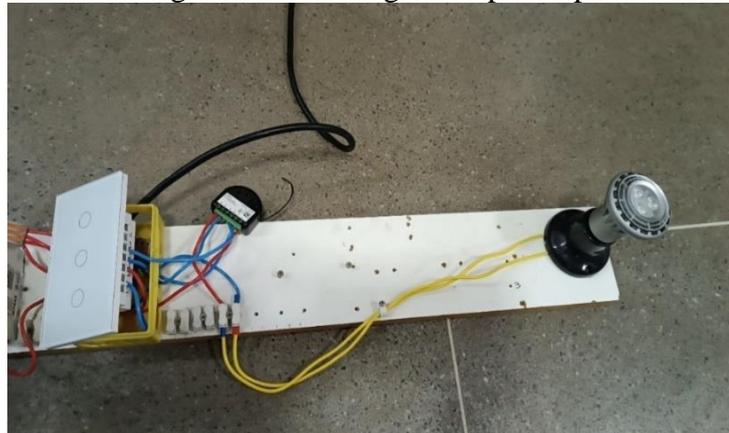
Figura 12 – Diagrama de ligação do módulo dimmer para um interruptor e uma lâmpada



**Wiring diagram no. 1**

Fonte: Fibaro Dimmer 2 (2023).

Figura 13 – Montagem do protótipo



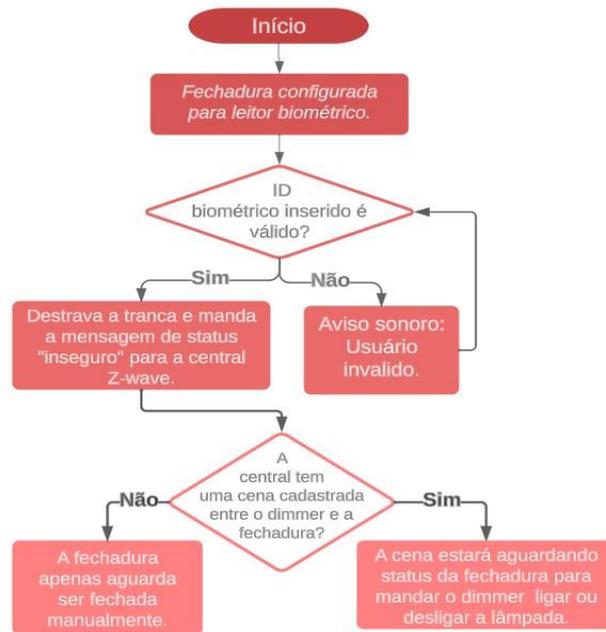
Fonte: Próprio Autor (2023).

Para adicionar o dimmer na central, acessou-se o menu dos dispositivos na central e foi utilizada a opção “Add device” e pressionando o botão “B” no Dimmer concluiu-se a adição.

#### 4.3 Criação de cenas

Para criação das cenas foi exemplificada uma situação hipotética, onde temos uma lâmpada de um cômodo que precisa ser ligada logo após a porta ser aberta pela fechadura eletrônica e precisando ser desligada quando a porta estiver fechada. A Figura 14 mostra o funcionamento geral da cena e como os dispositivos se comportam.

Figura 14 – Fluxograma do funcionamento da cena



Fonte: Próprio Autor (2023).

Para isso, como mostra a Figura 15, na tela de configurações de cena dentro da central escolheu-se o dispositivo que fará uma condição “IF”, para o nosso caso sendo a variável condicional “SE” ou “IF” o status da fechadura eletrônica.

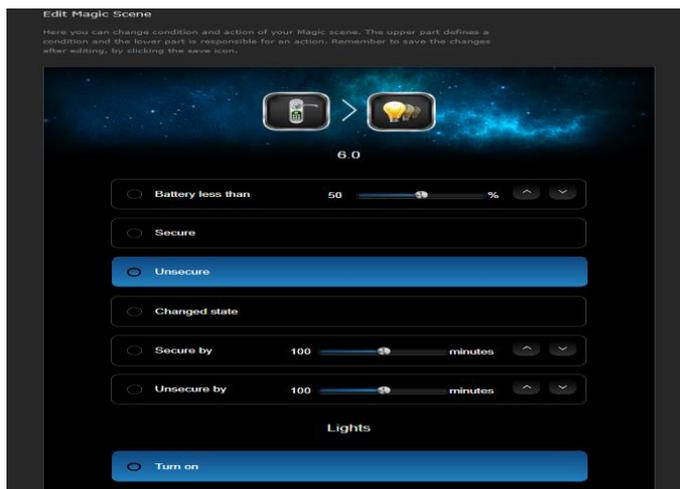
Figura 15 – Tela de configuração da cena escolhendo o primeiro dispositivo



Fonte: Próprio Autor (2023).

Depois, como mostra a Figura 16, o dispositivo que faria a atuação “THEN” sendo o Dimmer que já possui uma lâmpada conectada em seu circuito. Para o momento de acender a lâmpada foi utilizado a situação: IF + “insecure” e THEN + “turn on”. Para o momento de desligar a lâmpada utilizou-se a situação: IF + “secure” e THEN + “turn off”.

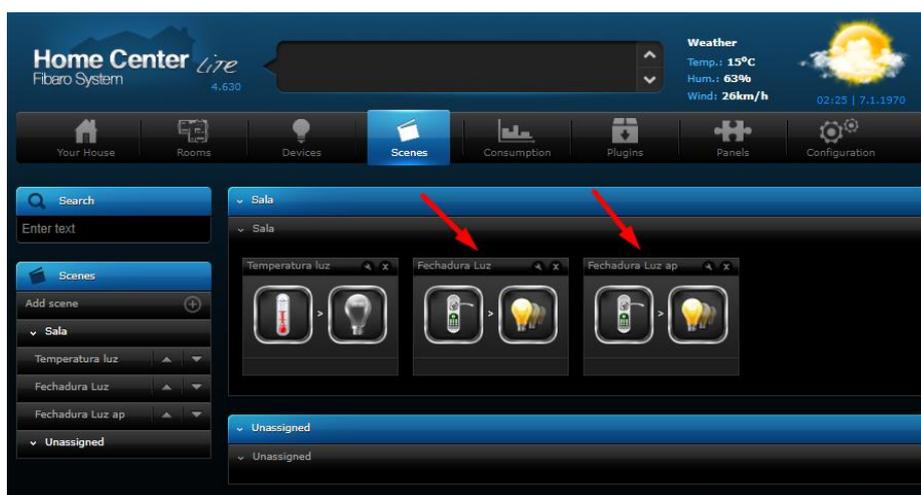
Figura 16 – Tela de configuração da cena com o segundo dispositivo



Fonte: Próprio Autor (2023).

A seguir temos na Figura 17 as duas cenas já prontas, a de nome “Fechadura Luz” para o momento de abrir a porta e a de nome “Fechadura Luz ap” para o momento de fechar.

Figura 17 – Tela de das cenas configuradas na central



Fonte: Próprio Autor (2023).

#### 4.4 Teste de alcance

Foram realizados testes de alcance de comunicação com os dispositivos já configurados com obstáculo de uma parede e com ambiente aberto, tanto com uso da rede *mesh* (malha) como sem esse auxílio e desprezando os efeitos eletromagnéticos desse ambiente, pois não foi possível medi-los.

No teste de alcance sem o obstáculo de paredes (Figuras 18, 19 e 20) foi possível fazer um dispositivo se conectar diretamente na central a uma distância de 32 metros aproximadamente. Em estudo similar Paetz (2017) e Souza (2017) afirmam que o sinal pode alcançar até 100 metros em campo aberto, porém devido aos obstáculos existentes em um ambiente, somados as interferências eletromagnéticas, esse valor se reduziria a apenas 30 metros aproximadamente em campo aberto e 15 metros quando há obstáculos de paredes. Na pesquisa em discussão os valores encontrados corroboram com os autores.

No teste realizado com obstáculo de uma parede de bloco de cimento (Figura 20) só foi possível se conectar a 15 metros considerando apenas o uso de um dispositivo e uma central. Já no teste feito com 2 dispositivos e uma central utilizando a rede *mesh* onde o primeiro dispositivo manda as informações para a central através do segundo dispositivo que repete essa informação, foi possível atingir uma distância total de 52 metros, sendo 22 metros entre o primeiro dispositivo (fechadura eletrônica) e o segundo dispositivo (módulo dimmer), e 30 metros entre o segundo dispositivo (módulo dimmer) e a central.

Figura 18 – Teste de alcance de sinal entre fechadura e o módulo dimmer



Fonte: Próprio Autor (2023).

Figura 19 – Teste de alcance de sinal entre fechadura e o módulo dimmer



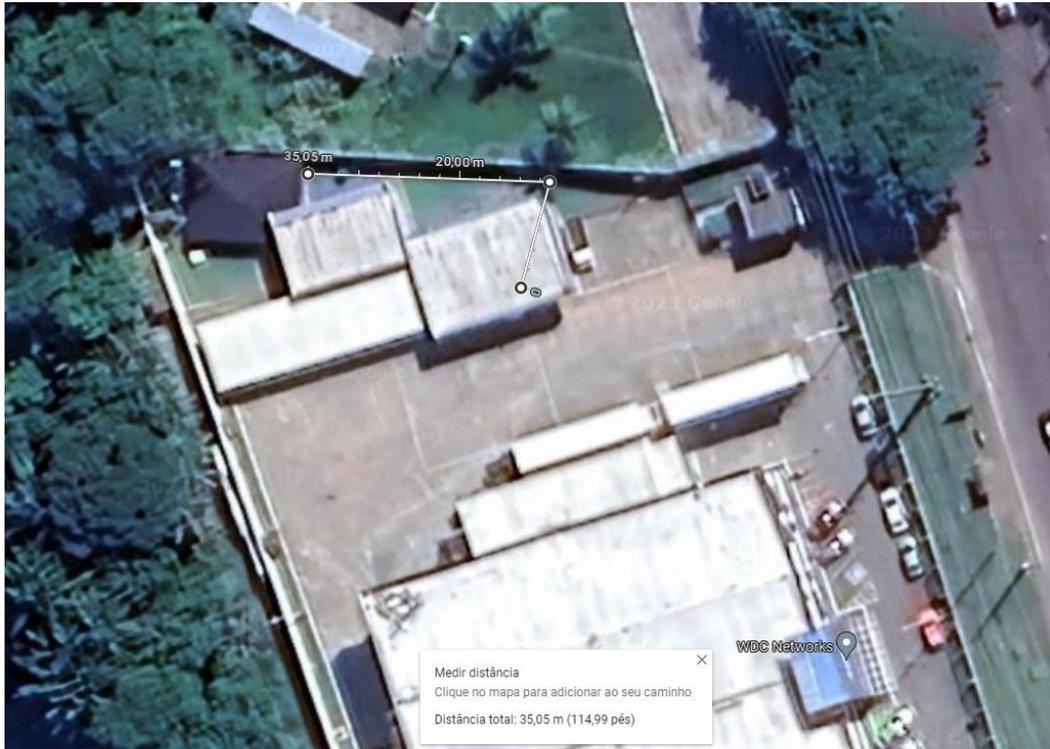
Fonte: Próprio Autor (2023).

Figura 20 – Visão aérea do teste de alcance sem barreira



Fonte: Google Maps (2023).

Figura 21 – Visão aérea do teste de alcance com barreira



Fonte: Google Maps (2023)

#### 4.5 Viabilidade Econômica

Um projeto residencial que utiliza o protocolo Z-Wave é sem dúvida mais caro do que os seus concorrentes como mostrado na Tabela 1, porém em se tratando de segurança, eficiência energética e alcance na sua transmissão de dados, aliado a valorização do imóvel, vem a se tornar uma das melhores opções, principalmente levando-se em conta o valor de um imóvel onde precise ser utilizado um alcance de 30 metros de distância entre um dispositivo e outro utilizando rede tipo mesh. A depender do tamanho do imóvel e de sua localização, o valor do projeto pode corresponder a menos que 5% do valor de venda deste imóvel.

#### 4.6 Comparativo com outras tecnologias

Conforme é evidenciado no Quadro 1, o protocolo Z-Wave se destaca frente às demais tecnologias nos quesitos de consumo de energia e interoperabilidade.

Quadro 1 – Comparativo de índices: Zigbee, Z-Wave, Wi-fi e Bluetooth.

<b>Índices</b>	<i>ZigBee</i>	<i>Z-Wave</i>	<i>Wi-Fi</i>	<i>Bluetooth</i>
Power consumption	100 mw	1 mw	High	10 mw
Range	100 m	30 m	1000 m	10 m
Cost	Low	High	Medium	Very low
Scalability	6000	> 6000	32	20
Interoperability	Same manufacturer	Different manufacturers	Wi-Fi compatible devices	Bluetooth compatible devices

Fonte: DANBATTA (2019).

No quesito de consumo de energia foi observado ao implementar o projeto, a necessidade de baixa potência, pelo motivo da utilização de baterias de apenas 1.5V AA na fechadura eletrônica. Com uso moderado, essas baterias podem chegar à vida útil de mais de 6 meses, esse fato corrobora com a literatura que mostra o protocolo Z-Wave com o consumo de potência de apenas 1mw, com isso, concorda-se que esse é um ponto forte para a escolha deste protocolo na automação residencial.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do trabalho desenvolvido, foi possível identificar que a tecnologia analisada apresentou resultados satisfatórios no quesito de interoperabilidade entre dispositivos de fabricantes diferentes, desta forma é possível garantir que todo o projeto seja realizado com a mesma tecnologia diminuindo os custos adequação. O alcance da comunicação com e sem obstáculos corroborou com o que a literatura e a ficha técnica trás, sendo considerado uma das principais diretrizes desta tecnologia.

O Z-Wave se mostrou de fácil instalação, com transmissão confiável e avançada capaz de operar diferentes dispositivos, o fato de incluir informações saltando entre nós, permite uma excelente comunicação para uso com aplicativos e controles. Torna-se também uma ótima opção na relação de custo benefício, levando-se em conta o seu o range de alcance, sendo possível a utilização em residências de maior porte, sem o custo adicional de equipamentos como repetidores de sinal que são utilizados em outras tecnologias sem fio.

Uma das limitações da pesquisa foi o fato de não ter sido realizado com um número maior de dispositivos, o que pode ser uma oportunidade de melhoria em trabalhos futuros. Diante do exposto e discutido no decorrer deste trabalho pode-se considerar que o Z-Wave é uma excelente solução de integração de dispositivos seja ele de controle de acesso ou iluminação, apresentou excelentes resultados para promover segurança e conforto em automação de residências.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COUTO, L. M. P. **Protocolos de controlo residencial, solução de automação residencial baseada no protocolo Z-Wave**. Dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores do Instituto Superior de Engenharia do Porto, departamento de engenharia eletrotécnica, Porto, 2019.
- DIAS, C. L. DE A.; PIZZOLATO, N. D. Domótica: Aplicabilidade e Sistemas de Automação Residencial. **Revista Vértices**, v. 6, n. 3, p. 9–32, 2004.
- DANBATTA, S. J.; VAROL, A. Comparison of Zigbee, Z-Wave, Wi-Fi, and Bluetooth Wireless Technologies Used in Home Automation. **2019 7th International Symposium on Digital Forensics and Security (ISDFS)**, jun. 2019.
- FIBARO DIMMER 2 FGD-212 CONTENTS. **Manual**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://manuals.fibaro.com/content/manuals/en/FGD-212/FGD-212-EN-T-v1.2.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2023.
- GOOGLE MAPS. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-14.7537217>>. Acesso em: 12 nov. 2023.
- GONÇALVES, J.P.A. **Protocolo de automação doméstica solução de automação residencial e vigilância baseada em protocolo Z-Wave**. Dissertação de Mestrado do Instituto Superior de Engenharia do Porto, departamento de engenharia eletrotécnica, Porto, 2017.
- Home Center Lite | FIBARO Manuals**. Disponível em: <<https://manuals.fibaro.com/home-center-lite/>>. Acesso em: 08 nov. 2023.
- Kaadas L7-5 Smart Lever Lock**. Disponível em: <[https://www.kaadasgroup.com/EProduct/product\\_100000030322290.html](https://www.kaadasgroup.com/EProduct/product_100000030322290.html)>. Acesso em: 08 nov. 2023.

MURATORI, DAL BP.H. **Automação Residencial - Conceitos e Aplicações**. 2. ed. Belo Horizonte: Editora Educere, 2014.

PAETZ, C. **Z-Wave Essentials**. [s.l.] eBook Partnership, 2017.

QUEVEDO, H. G. O. **Diseño y construcción de un sistema de procesamiento de datos compatible con la tecnología Z-Wave y acoplable a una cerradura biométrica**. Trabalho de conclusão de curso para obtenção do título de engenheiro mecatrônico. Universidad de San Buenaventura, Bogotá, 2008. Disponível em:

<<http://biblioteca.usbbog.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/42153.pdf>>. Acesso em: 29 de nov. de 2022.

SANTOS, D.S.G. *Z-Wave vs ZigBee*. Qual a melhor solução sem fios para sua casa inteligente? **Rev. Técnico-Científica**, n.20, p.01-16, 2017.

SANTOS, M. L. M. M. V. **Controlador de Domótica Z-Wave**. 2019. Disponível em:

<<https://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/15084>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

SERRANO, C. *Instalación de un sistema domótico Z-Wave en entorno residencial*. Trabalho de conclusão de curso, Madrid, 2017. Disponível em: <<https://oa.upm.es/48426/>>. Acesso em: 30 de nov. de 2022.