

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA  
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ANDERSON JOSÉ JORGE DE OLIVEIRA  
CAIO FONTES DO NASCIMENTO CAMÕES  
DANIEL ALVES PEREIRA TRINDADE SILVA**

**UMA ABORDAGEM A RESPEITO DA DOMÓTICA: ARDUINO E ZIGBEE**

**Volta Redonda/RJ**

**2021**

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA  
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**UMA ABORDAGEM A RESPEITO DA DOMÓTICA: ARDUINO E ZIGBEE**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica da UniFOA como requisito à obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica.

Aluno: Anderson José Jorge de Oliveira  
Caio Fontes do Nascimento Camões  
Daniel Alves Pereira Trindade Silva

Orientador: Prof Esp. Aloano Régio de Almeida Pereira

**Volta Redonda/RJ**

**2021**

# **FOLHA DE APROVAÇÃO**

## **UMA ABORDAGEM A RESPEITO DA DOMÓTICA: ARDUINO E ZIGBEE**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica do UniFOA como requisito à obtenção de à obtenção de Título de Engenheiro Elétrico.

### **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Esp. Aloano Régio de Almeida Pereira

---

Prof. Dsc. Hélio de Paiva Amorim Junior

---

Prof. Msc. Maurício Ferreira Haddad

Data://2021

Resultado:

## RESUMO

Atualmente os dois principais meios de automatizar uma residência são através do protocolo Zigbee ou utilizando o Arduino, porém quando se trata de automatizar uma casa, muitos fatores tem que ser levados em conta na hora de escolher qual a melhor opção, custo, praticidade, estética, funcionalidade e eficiência energética são alguns dos principais e por se tratar de um ramo relativamente recente do desenvolvimento tecnológico, em relação aos demais, há uma carência de informação para compará-los. O presente trabalho tem por objetivo fornecer um estudo descritivo, teórico e empírico sobre automação residencial, apresentando o uso da tecnologia Arduino e Zigbee e realizando um comparativo entre elas, mostrando um modelo de residência inteligente. Após a conclusão do protótipo e testes envolvendo o mesmo, concluímos que o objetivo foi alcançado dentro do conceito proposto, pois foi possível demonstrar os meios técnicos que possibilitaram a automação residencial, tanto com a utilização do Arduino como ferramenta, quanto com o protocolo Zigbee e compará-los, onde concluiu-se que através do Arduino a automatização se torna mais acessível financeiramente devido ao custos dos equipamentos, sendo mais completa devido a quantidade e compatibilidade dos sensores e atuadores disponíveis no mercado.

**Palavras-chave:** Automação; Automação Residencial; Domótica.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1 Objetivos .....</b>	<b>10</b>
<b>1.1.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>10</b>
<b>1.1.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>11</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 Automação .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1.1 História da Domótica .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 Sistemas Domóticos .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2.1 Redes Domóticas .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2.2 Controlador aplicado a Domótica .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2.3 Sensores .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2.4 Atuadores .....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.5 Atuadores e Sensores aplicados a Domótica .....</b>	<b>21</b>
<b>2.3 Aplicação da domótica .....</b>	<b>23</b>
<b>2.3.1 Ventilação .....</b>	<b>23</b>
<b>2.3.2 Climatização .....</b>	<b>24</b>
<b>2.3.3 Aquecimento .....</b>	<b>25</b>
<b>2.3.4 Sistema de Iluminação .....</b>	<b>26</b>
<b>2.3.5 Cortinas .....</b>	<b>27</b>
<b>2.3.6 Sistema de Aspiração .....</b>	<b>27</b>
<b>2.3.7 Sistema de Irrigação .....</b>	<b>28</b>
<b>2.3.8 Som .....</b>	<b>28</b>
<b>2.3.9 Segurança .....</b>	<b>29</b>
<b>2.3.9.1 Sensoriamento e Alarme .....</b>	<b>29</b>
<b>2.3.9.2 Sistema de Monitoramento por câmeras .....</b>	<b>29</b>
<b>2.3.9.3 Biometria .....</b>	<b>30</b>

<b>2.4 Arduino.....</b>	<b>30</b>
<b>2.4.1 Módulos Para Arduino .....</b>	<b>32</b>
<b>2.4.2 Linguagem de Programação para Arduino .....</b>	<b>32</b>
<b>2.5 Rede Zigbee .....</b>	<b>33</b>
<b>3 DESENVOLVIMENTO .....</b>	<b>35</b>
<b>3.1 Casa inteligente.....</b>	<b>36</b>
<b>3.2 Automação com Zigbee.....</b>	<b>38</b>
<b>3.2.1 Sistema de Iluminação controlado por Zigbee .....</b>	<b>40</b>
<b>3.2.2 Climatização usando o sistema Zigbee.....</b>	<b>41</b>
<b>3.2.3 Acionamento do portão Elétrico .....</b>	<b>44</b>
<b>3.2.4 Fechadura Biométrica.....</b>	<b>45</b>
<b>3.2.5 Aplicativo de comando Smart life .....</b>	<b>46</b>
<b>3.2.6 Sistema de serviço da Amazon Alexa .....</b>	<b>49</b>
<b>3.3 Projeto realizado com o Arduino .....</b>	<b>50</b>
<b>3.3.1 Sensor DHT 11 .....</b>	<b>53</b>
<b>3.3.2 Automação das lâmpadas .....</b>	<b>55</b>
<b>3.3.4 Acionamento do portão eletrônico .....</b>	<b>56</b>
<b>3.3.5 Controle de nível da caixa de abastecimento .....</b>	<b>57</b>
<b>3.3.6 Cálculo de consumo .....</b>	<b>60</b>
<b>3.3.7 Protótipo .....</b>	<b>62</b>
<b>3.4 Comparativo Entre Automação Utilizando Arduino e Zigbee.....</b>	<b>63</b>
<b>4 CONCLUSÃO .....</b>	<b>66</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXO 1 - Especificações técnicas Ethernet Shield W5100.....</b>	<b>72</b>
<b>ANEXO 2 - Manual do relé de pulso Finder.....</b>	<b>74</b>
<b>APÊNDICE A – PROGRAMAÇÃO .....</b>	<b>77</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Domótica .....	14
Figura 2 – Sensores .....	20
Figura 3 – Atuadores .....	21
Figura 4 – Acionamento de ventilador via aplicativo .....	24
Figura 5 - Arduino Uno .....	31
Figura 6 - Arduino Mega.....	31
Figura 7 – Modulo de relés.....	32
Figura 8 – Casa onde se deseja implementar a domótica Arduino .....	37
Figura 9 – Casa onde se deseja implementar HUB .....	38
Figura 10 - Diagrama representando o sistema de comunicação da rede .....	39
Figura 11 – Hug Zigbee.....	40
Figura 12 – Interruptor Tuya Zigbee.....	40
Figura 13 – Sensor de presença Tuya .....	41
Figura 14 – Sensor de temperatura e humidade Tuya.....	42
Figura 15 – Tomada inteligente Tuya.....	43
Figura 16 – Sensor de Janela Tuya .....	44
Figura 17 – Modulo Wi-Fi Relé Sonoff .....	44
Figura 18 – Placa de acionamento do portão eletrônico .....	45
Figura 19 – Fechadura biométrica.....	46
Figura 20 – Aplicativo de comando Smart life .....	47
Figura 21 – Aplicativo de comando Smart life .....	48
Figura 22 - Monitoramento do consumo de energia.....	49
Figura 23 – Imagem demonstrativa de processamento de um comando de voz .....	50
Figura 24 – Arduino mega 2560 .....	50
Figura 25 – Shield Ethernet conectado ao Arduino .....	51
Figura 26 – Bibliotecas incluídas na programação .....	52
Figura 27 – Interface inicial aplicativo Blynk.....	52
Figura 28 – Sensor DHT11.....	53
Figura 29 – Controle do ar-condicionado na programação .....	54
Figura 30 - Chave fim de curso .....	54
Figura 31 – Relé de acionamento .....	55
Figura 32 - Ligação elétrica do circuito.....	56

Figura 33 – Módulo relé .....	56
Figura 34 – Placa peccinin modelo cp3050F.....	57
Figura 35 – Caixa d'água do projeto .....	57
Figura 36 – Sensor ICOS .....	58
Figura 37 – Controle de nível na programação .....	58
Figura 38 – Sensor de nível .....	59
Figura 39 – Circuito de ligação elétrica .....	59
Figura 40 – Sensor de corrente SCT-013 .....	60
Figura 41 – Cálculo de gasto na programação.....	61
Figura 42 – Projeto finalizado.....	62
Figura 43 – Projeto finalizado.....	63

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação entre tecnologias .....	35
Tabela 2 – Custo do projeto Zigbee .....	63
Tabela 3 – Custo do projeto Arduino .....	64

## 1 INTRODUÇÃO

A automação residencial permite aos usuários o controle de equipamentos da residência entre eles janelas, portas, portões, ventilação, Iluminação e alarmes. A automação no Brasil não é evoluída, mas existem muitas formas de se fazer a automação em uma residência com um ótimo custo-benefício. As tarefas realizadas por máquinas tendem ser notoriamente rápidas, com uma confiabilidade de tomar decisões que já estão previamente programadas, sem acarretar desgaste ao usuário que poderá usar o tempo que lhe sobra em outras atividades (TERRA et al., 2021).

Para o desenvolvimento deste projeto de baixo custo foram utilizados equipamentos de baixo custo e já prontos, precisando somente fazer suas instalações na residência e escrever o programa no protótipo. O Arduino como controlador supriu as necessidades do usuário com facilidade em sua programação se tornando algo que possa ser programado por pessoas com baixo conhecimento em programação (RODRIGUES, 2018).

É relevante a automação residencial, inicialmente pode ser vista com certo estranhamento, ou associada com futurismo, além de ser vista como algo associado com status ou posses. Entretanto, a automação pode ser vista, como uma possibilidade de proporcionar conforto e conveniência para os seres humanos dentro do seu lar. Com toda a tecnologia foi possível realizar tarefas repetitivas do dia a dia, desempenhando um trabalho doméstico de confiabilidade, rápido e prático e com a segurança que automação oferece (CARDOSO et al., 2017).

Definem automação como serviços associados com tecnologia que propiciam diversos benefícios as residências como necessidades de segurança, comunicação, conforto dentre outros (MAYER et al., 2012).

A automação em uma residência não deve ser vista como algo luxuoso, mas sim como uma questão de se modernizar, através da integração de vários sistemas em uma residência que possam realizar as atividades de formas programáveis. Devido à natureza da proposta que ora se apresenta, recorrerão metodologicamente à revisão bibliográfica para a promoção de um estudo básico exploratório e qualitativo fundamentado em artigos científicos e demais produções científico-acadêmicas que se mostrem úteis e pertinentes à pesquisa em tela. No ano de 2021, com tecnologia em iluminação, smartphone, computadores, tecnologia artificial, qual é a importância

de ter uma casa programada com a automação em Iluminação, janelas, portas, portões e piscina?

Justifica-se pela grande importância que o tema tem dentro da área de técnico não apenas em âmbito acadêmico como também pragmático e científico. A automação residencial permite aos usuários o controle de equipamentos da residência entre eles janelas, portas, portões, ventilação, Iluminação e alarmes. A automação no Brasil não é evoluída, mas existem muitas formas de se fazer a automação em uma residência com um ótimo custo-benefício.

A construção teórica deste projeto foi elaborada por meio da metodologia de revisão bibliográfica para levantar diferentes pesquisas, com o intuito de analisar, investigar e estudar os diferentes conhecimentos científicos sobre o assunto proposto, comum caráter pragmático, um processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico. A metodologia deseja descobrir respostas para problemas mediante o emprego de procedimentos científicos.

Atualmente os dois principais meios de automatizar uma residência são através do protocolo Zigbee ou utilizando o Arduino, porém quando se trata de automatizar uma casa, muitos fatores tem que ser levados em conta na hora de escolher qual a melhor opção, custo, praticidade, estética, funcionalidade e eficiência energética são alguns dos principais e por se tratar de um ramo relativamente recente do desenvolvimento tecnológico, em relação aos demais, há uma carência de informação para compara-los.

## **1.1 Objetivos**

Atualmente os dois principais meios de automatizar uma residência são através do protocolo Zigbee ou utilizando o Arduino, porém quando se trata de automatizar uma casa, muitos fatores devem ser considerados na hora de escolher qual a melhor opção, custo, praticidade, estética, funcionalidade e eficiência energética são alguns dos principais.

### **1.1.1 Objetivo Geral**

O presente trabalho tem por objetivo fornecer um estudo descritivo, teórico e empírico sobre automação residencial, fazendo uma apresentação de como

automação residencial pode ser implementada e apresentando o uso da tecnologia Arduino e Zigbee, realizando um comparativo entre elas, mostrando um modelo de residência inteligente.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Analisar a respeito do conceito de automação e domótica;
- Relatar sobre as peças e circuitos utilizados em processos e projetos de automação;
- Classificar algumas das principais formas de sensores utilizados na automação residencial;
- Comparar a automação residencial com uso de Arduino e Zigbee.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Na revisão bibliográfica, será apresentado os métodos e conceitos utilizados na domótica e uma abordagem a automação residencial com duas das tecnologias existentes atualmente, através no Arduino e do protocolo Zigbee.

### 2.1 Automação

Em geral, essa tecnologia foi desenvolvida para o conforto humano e o rápido desenvolvimento da ciência de automação e controle permitiu que as pessoas percebessem apenas o que antes só poderia ser imaginado em filmes de ficção científica. Por exemplo, nos tempos modernos, se pode comprar carros que estacionam “sozinhos”, uma tarefa automática que era impossível pensar em 30 anos atrás. Formou-se um ambiente favorável para a automação de residências, de modo que foi criado um termo especial para se referir à automação residencial a partir da junção do latim “Domus” (casa) e “Robótica” - “Domótica” (ALVES, 2017).

Através da Domótica, se pode transformar a casa em um ambiente integrado altamente automatizado, tornando a casa mais confortável. Os moradores podem até programar suas casas para atender às suas necessidades. Por exemplo, quando ele chega, a temperatura da casa é ajustada para a temperatura adequada e o aquecimento dos alimentos pré-determinados é programado para que, quando ele chegar, possa esquentar a comida. A tecnologia também traz benefícios além do conforto, como maior economia, segurança, eficiência energética e valorização da casa (CUNHA, 2018).

Portanto, a automação residencial avançada se tornou uma realidade e aos poucos representará as mudanças indiscutíveis nos atuais projetos de construção, nos profissionais e na forma como as casas são utilizadas de forma prática e sustentável.

A automação residencial, de acordo com Cardoso e Rosso (2017, p.11), “é o conjunto de serviços proporcionados por sistemas tecnológicos integrados como o melhor meio de satisfazer as necessidades básicas de segurança, comunicação, gestão energética e conforto de uma habitação”. Esta é uma novidade que mesmo sendo muito comum ultimamente, ainda causa muito espanto devido ao seu alto grau de tecnologia e modernidade aqueles que não estão acostumados com esse modelo.

A automação residencial traz conforto e conveniência para as pessoas que habitam na casa que funciona com esse sistema, sendo o sonho de consumo da maioria das pessoas que se interessam pelo assunto. Um modo pelo qual a automação residencial é chamada de Domótica, que de acordo com a Asociación Española de Domótica (Cedom) (D'ANGELO, 2014).

A automação e controle é conseguido através da utilização de dispositivos que podem se comunicar interativamente entre eles, podendo seguir as instruções dos programas previamente estabelecidos pelos usuários residenciais, podendo ser alterados de acordo com seus interesses, portanto, a automação residencial pode melhorar a vida Qualidade, redução do trabalho doméstico, aumento da felicidade e segurança, racionalização do consumo de energia e seu desenvolvimento permite fornecer continuamente novas aplicações (CEDOM, 2018).

A domótica tem outras definições, de acordo com outras bibliografias. Por exemplo, Cardoso (2019) define a domótica como algo que visa à automação residencial, por meio de controle e monitoramento que são influenciados pelos subsistemas da automação residencial. Já Carvalho e Silva (2015) a caracterizam como um sistema integrado de subsistemas, cujo objetivo é satisfazer as necessidades básicas de um imóvel de forma automática, sendo elas a energia, comunicação, conforto e segurança.

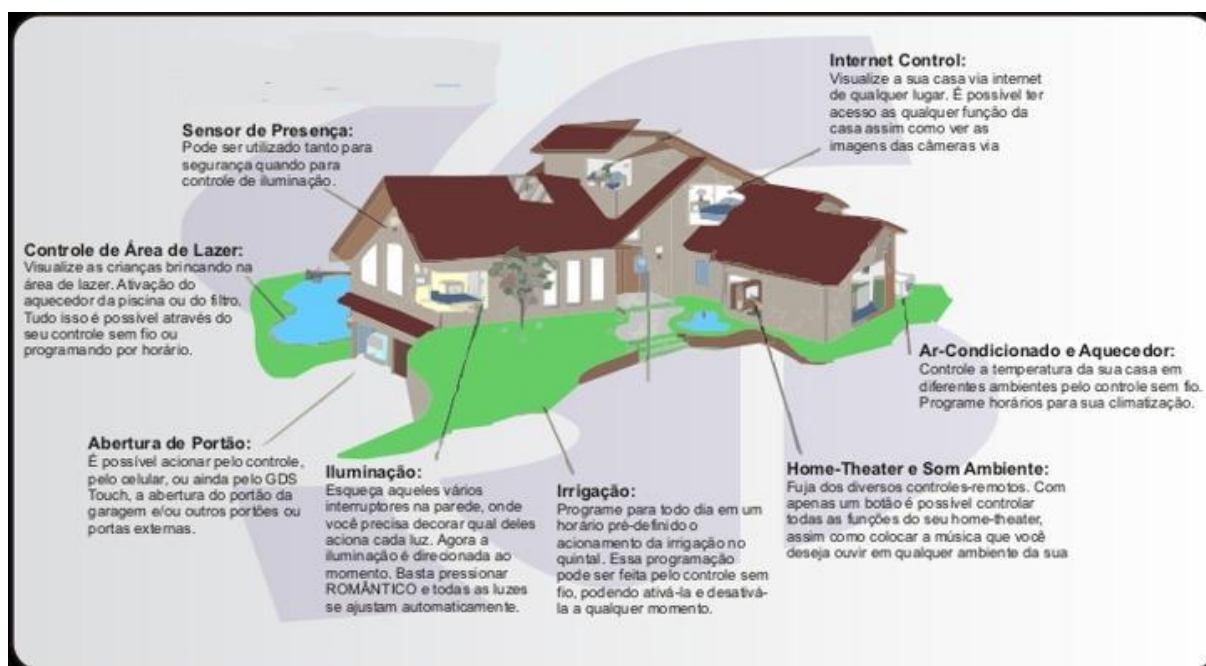
Forti e Aureside (2015) definem a domótica como uma questão que faz uma aliança entre os meios eletrônicos e a informática, fazendo com que seja possível controlar a iluminação e aparelhos eletrodomésticos através do computador ou celular. Por fim, Carvalho e Silva (2015) define que a domótica tem como foco de seu estudo a criação de um ambiente cômodo e seguro através da praticidade de controlar a situação por meio de um dispositivo móvel que cabe na própria mão.

No Brasil, se utiliza a tradução do termo americano *automation*, que seria a automação. Entretanto, esse termo não dá conta de atender a todos os aspectos relacionados à automação residencial como sistemas sonoros, por exemplo.

De acordo com Forti (2015):

(...) transformar casas em confortáveis refúgios capazes de oferecer segurança e economia de custos é uma das vantagens da automação residencial. O que antes parecia ser um privilégio apenas da família Jetson, começa a se difundir nos empreendimentos residenciais de alto nível, transformando o conceito de casa do futuro em casa do presente. (FORTI, 2015, p.2)

Dessa forma, pode-se perceber que o principal fator que define uma instalação residencial automatizada é a integração entre os sistemas que definem o funcionamento de uma residência, por meio de comandos programáveis ou executáveis a palma da mão por meio de dispositivos móveis (SCHERER, IOSHIMOTO, 2014). Dessa forma, essa abrangência tecnológica deve lidar com todos os sistemas da casa, sendo eles: a instalação elétrica, iluminação, energia; sistema de segurança (alarmes); sistemas de multimídia (jogos, áudio e vídeo); sistema de comunicação (telefone e internet); utilidades em geral (irrigação do jardim, climatização). Na Figura 1 é possível observar alguns controles automáticos residenciais.



**Figura 1 – Domótica.**

**Fonte:** Scherer e Loshimoto, (2014).

A automação residencial geralmente é desenvolvida por meio de microcontroladores, Arduino, comunicação remota, sensores, interface de dados, elementos de máquinas entre outros. A comunicação do *Android* está ligada por *bluetooth* ao Arduino que define - se como uma plataforma de prototipagem eletrônica anexada ao circuito elétrico como um componente na montagem da automatização residencial, obedecendo o princípio da economia, por se tratar de uma ferramenta de

baixo custo, podendo ser adquirido por pessoas que não tem condições de adquirir um produto sofisticado (ARAÚJO, et al., 2020).

Segundo o engenheiro Lee (2011) o ser humano sempre buscou por conforto a cada dia, no trabalho e no meio residencial, quando pode, não existem economias para almejar o bem-estar que ele investe em conforto, em qualidade de vida e em segurança. A tecnologia já está presente nos lares em diversas formas, como as *smart tv*, *micro system*, ar-condicionado, *freezer*, entre outros eletrodomésticos de última geração. A cada novo tempo, a tecnologia surpreende cada vez mais, tornando admirável e desejada por muitos, pela sua facilidade na vida do ser humano.

Contudo, a automação e controle de tarefas, traz consigo o objetivo de evitar o trabalho humano, ou físico, para ser substituído pelo automático, ou seja, pelas máquinas, computadores e interfaces. Desta forma, a automação é almejada pelo ser humano, porque todos objetivam o desenvolvimento da qualidade de vida e dos serviços prestados. Todos querem acompanhar o andamento e crescimento das ideias aplicadas de diversos engenheiros, para uma nova inovação. O projeto de automatizar as residências que suportam uma comunicação serial com computadores, *tablet* ou dispositivo mobile está sendo estudado para ser colocado em desenvolvimento acompanhando o mercado profissional, cujo sistema operacional *Android* está em alta no momento e o aparecimento de vários aplicativos mobile está conquistando o mercado tecnológico.

### **2.1.1 História da Domótica**

Automação refere-se à execução automática de processos ou tarefas com pouca ou nenhuma intervenção humana, de forma que as pessoas possam liberar mais energia para se engajar em tarefas mais nobres, libertá-lo de atividades perigosas ou aumentar seu tempo de lazer (SGARBI; TONIDANDEL, 2006).

Embora a primeira tentativa de automação tenha surgido na antiguidade, ela foi amplamente promovida com o advento da revolução industrial e a comercialização de eletricidade. Com o tempo, esses conceitos foram introduzidos na família em menor grau. Como existem realidades diferentes entre o uso dos tipos de aplicativos diferentes, tecnologias especiais para esses ambientes são necessárias, onde o espaço nesses ambientes é pequeno e não é necessária lógica complexa (TEZA et al., 2002).

O nascimento da automação residencial foi um fator importante na introdução da televisão em 1939. Posteriormente, a televisão popularizou o conceito de automação residencial por meio de programas populares na década de 1960 (como *The Jetsons*). Uma série de desenvolvimentos tecnológicos no final dos anos 1960 e início dos anos 1970 tornou a automação residencial mais razoável (FERNANDES; LUCCIA; RALL, 2018).

Em 1964, na Feira Mundial de Nova York, a General Electric patrocinou a exposição *Carousel do Progresso* organizada por Walt Disney. Em um palco circular fixo dividido em seis partes, o auditório gira para acompanhar o andamento da eletricidade trazida para a casa. A última etapa é o futuro, quando há uma residência utópica totalmente automatizada. A exposição foi posteriormente incorporada à Disneylândia e posteriormente à Disney World, onde agora é um sucesso (DOERING; CARMO, 2020).

Em 1975, uma tecnologia chamada X-10 permitiu que dispositivos de iluminação se comunicassem entre si e os primeiros dispositivos X-10 apareceram nas lojas de varejo em 1978. O sistema lançou um software de automação para computadores pessoais na década de 1980 e introduziu um sistema de segurança residencial em 1989. Ao longo da década de 1990, uma série de anúncios X-10 ajudou a popularizar ainda mais essa tecnologia de automação residencial (STOPPA et al., 2013).

Hoje em dia, quase todos os sistemas eletrônicos ou mecânicos da casa podem ser melhorados por meio da automação residencial para que tenham melhor desempenho e eficiência. Ao longo dos anos, as futuras manifestações habitacionais deixaram uma profunda impressão nas pessoas, que a tecnologia um dia tornará todos os aspectos de suas vidas mais fáceis, nossas casas falarão conosco e computadores e máquinas farão todo o nosso trabalho (TAKIUCHI; MELO; TONIDANDEL, 2004).

Claro, pelo menos algumas dessas coisas ainda não foram alcançadas, mas a tecnologia de hoje nos permite exercer um controle incrível sobre os sistemas eletrônicos da casa a custos cada vez mais acessíveis. A diferença entre uma casa cheia de aparelhos eletrônicos e uma casa automatizada (também chamada de casa inteligente) está na forma como os aparelhos eletrônicos são integrados (DOERING; CARMO, 2020).

Em uma casa padrão, existem componentes de iluminação, áudio e vídeo, monitores de segurança, aquecimento e resfriamento e equipamentos de comunicação. Usando a automação residencial, você pode acessá-los de vários locais da casa, pode “saber” o status de outros componentes e pode até mesmo responder de acordo. Eles também podem ser controlados remotamente pela Internet ou telefones celulares. A automação residencial é principalmente integração. Uma casa bem integrada pode controlar melhor seu ambiente e fazer melhor uso do entretenimento (CAVALLI; HEINEN; RUARO, 2014).

## **2.2 Sistemas Domóticos**

Para gerenciar com eficácia vários dispositivos e atuadores em casa, uma grande quantidade de dados deve ser calculada e algumas tarefas complexas devem ser executadas. A casa inteligente inclui um sistema de gerenciamento de todo o tráfego de informações e um sistema de controle de equipamentos, de forma a alcançar maior conforto com menor consumo de energia (BOLZANI, 2004).

Um sistema que integra todos os dispositivos para realizar a automação e controle residencial é um sistema de automação residencial. Tal sistema consiste em vários elementos, incluindo atuadores, sensores, controladores, redes de dados ou redes domésticas e interfaces de usuário. O sistema de automação residencial original não era muito flexível, caro e não obedecia a padrões. Usava principalmente sensores e dispositivos que convertem parâmetros físicos como temperatura e umidade em sinais elétricos adequados para que o sistema de automação possa analisá-los (BRETERNITZ, 2001).

É uma tarefa difícil desenvolver vários controles de uma casa em um sistema. Portanto, a gestão da residência está dividida em vários subsistemas, cada subsistema é responsável por cada operação muito específica e estes subsistemas são geridos pelo controlador central. Cada subsistema do sistema de automação residencial desempenha um papel específico no campo de controle (BOLZANI, 2004).

### **2.2.1 Redes Domóticas**

Uma rede de automação residencial é um barramento (ou cabo) que permite a comunicação entre diferentes dispositivos em um sistema de automação residencial.

Essas redes são baseadas em aplicativos, onde cada função usa uma rede independente separada, portanto, pode haver redes para segurança, detecção de incêndio, controle de acesso, ar-condicionado, tecnologia da informação etc. (CRUZ; LISBOA, 2014).

As redes domésticas são polivalentes, ou seja, permitem que diferentes funções sejam executadas para simplificar a complexidade da instalação da rede. A mesma rede de domótica pode garantir, por exemplo, funções de segurança, conforto e gestão de recursos. De acordo com as funções desempenhadas pelo sistema de domótica, a rede pode conter um ou mais modos de comunicação (CRUZ; LISBOA, 2014).

### **2.2.2 Controlador aplicado a Domótica**

O controlador é o elemento central para gerenciar o sistema de automação residencial. Ele contém toda a inteligência do sistema. Geralmente, todos os outros elementos do sistema são conectados ao controlador para enviar e receber informações (FREITAS et al., 2010).

As informações dos sensores chegam ao controlador, que são processadas para produzir uma determinada ação no atuador, ou fornecer alguma informação ao usuário, ou desencadear elementos como uma sirene policial ou um indicador luminoso. O controlador pode ter interfaces de usuário que são necessárias para exibir e receber informações (via teclado, monitor, etc.) (FREITAS et al., 2010).

### **2.2.3 Sensores**

Sensores são dispositivos que respondem a estímulos físicos ou químicos. O termo é utilizado para descrever a sensibilidade energética ao calor, dinâmica e ambientes luminosos, trazendo informações mensuráveis como: velocidade, pressão, corrente, aceleração, localização, temperatura etc. (CARDOSO et al., 2017).

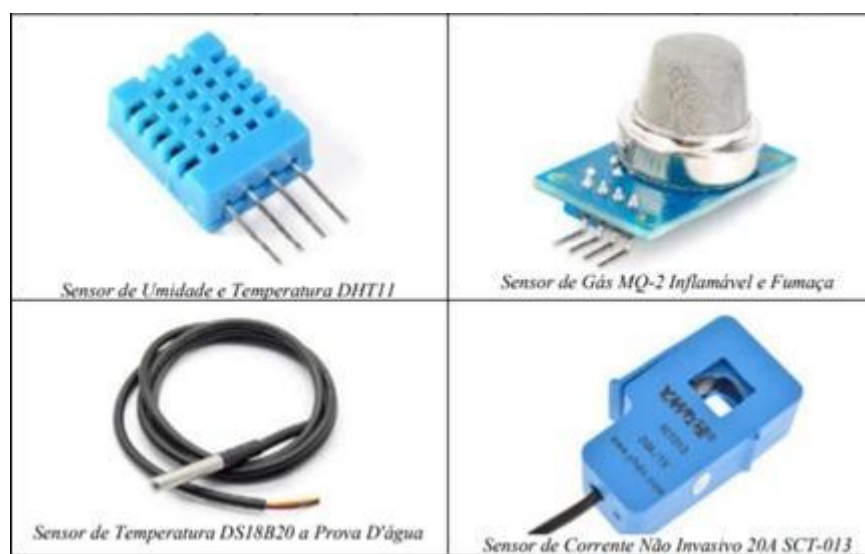
Abaixo pode-se observar alguns exemplos de sensores:

- Sensores de luz: sensor de imagem, sensor fotodiodo.
- Sensores de som: microfones, hidrofone, sensores sísmicos.

- Sensores de temperatura: termômetros, termopares, termístores, bimetálicos, termostatos.
- Sensores de calor: calorímetro.
- Sensores de radiação: contador Geiger, dosímetro.
- Sensores de resistência elétrica: ohmímetro.
- Sensores de corrente elétrica: galvanômetro, amperímetro.
- Sensores de tensão elétrica: electrômetro, voltímetro.
- Sensores de potência elétrica: wattímetro.
- Sensores magnéticos: compasso magnético, compasso de fluxo de porta, magnetômetro, dispositivo de efeito Hall.
- Sensores de pressão: barômetro, barógrafo, pressure gauge, indicadores da velocidade do ar, variômetro, por Ressonância.
- Sensores de fluxo de gás e líquido: sensor de fluxo, anemômetro, medidor de fluxo, gasômetro, aquômetro, sensor de fluxo de massa.
- Sensores de nível de líquido e sólido: sensor de nível, medidor de líquido, sensor de nível de grão.
- Sensores químicos: eletrodo ion-selectivo, eletrodo de vidro para medição de pH, eletrodo redox, sonda lambda.
- Sensores de movimento: arma radar, velocímetro, tacômetro, hodômetro, coordenador de giro.
- Sensores de orientação: giroscópio, horizonte artificial, giroscópio de anel de laser
- Sensores mecânicos: sensor de posição, selsyn, chave, strain gauge.

(CARDOSO, 2017, p23)

A seguir na Figura 2 é mostrado alguns exemplos de sensores citados

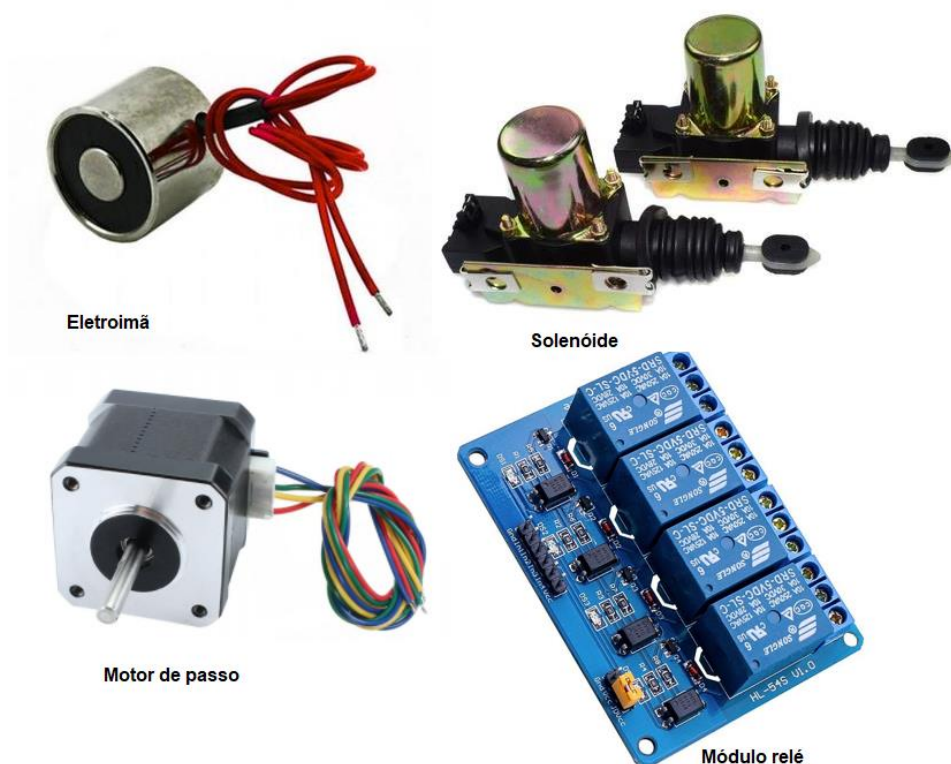


**Figura 2 – Sensores.**

**Fonte:** (CARDOSO, 2017, p. 23).

#### 2.2.4 Atuadores

Atuadores são componentes fundamentais na domótica, que produzem movimento e são controlados por sinais vindos de outros equipamentos que podem ser dos tipos manuais, elétricos ou mecânicos. Os atuadores convertem energia elétrica, hidráulica ou pneumática, em energia cinética, ou seja, movimento, sendo responsáveis por atuar por exemplo, na abertura ou fechamento de portas e janelas e na circulação de ar, na Figura 3 são mostrados alguns atuadores (MAYER et al., 2012).



**Figura 3 – Atuadores.**  
**Fonte:** (CARDOSO, 2017, p. 23).

### 2.2.5 Atuadores e Sensores aplicados a Domótica

Existem muitos tipos de atuadores e sensores, que podem realizar ações e monitorar inúmeras quantidades físicas e eventos. A seguir está uma série de atuadores e sensores e suas funções utilizados em sistemas de automação residencial (BOLZANI, 2004):

- Motores de passo e motores miniatura: variam a posição angular.
- Solenóides, hidráulicos e pneumáticos: variam a posição linear.
- Mini-bombas de circulação: escoamento de líquidos.
- Células Peltier: arrefecimento ou aquecimento de superfícies.
- Folhas aquecedoras: aquecimento de superfícies.
- Sensor de Temperatura: fornecem a medida instantânea da temperatura.
- Termovelocimétricos: detectam a velocidade de variação da temperatura no tempo.

- Sensor de Umidade relativa: sensores do tipo capacitivo que fornecem a medida instantânea da umidade relativa sob a forma de sinais analógicos ou barramento de dados proprietário.
- Sensor de Qualidade de ar: medem o nível de CO<sub>2</sub> existente num ambiente.
- Detector magnético de abertura: utilizados normalmente nas portas e janelas a serem controladas.
- Sensor de Intensidade de iluminação: tem como elemento principal o LDR (Light Dependent Resistor) cuja resistência é função da intensidade de iluminação que nele incide.
- Sensor de Pressão e força: os sensores de força são compostos por um dispositivo principal que tem sua resistência elétrica alterada conforme a força aplicada na membrana.
- Tacométricos: são sensores de velocidade angular.
- Detector de Fumaça: fornecem uma informação digital (sim ou não) da presença de fumaça em um ambiente.
- Detector de Gás: fornecem informação digital da presença de gás (butano ou propano).
- Detector de Movimento: existem vários tipos, como por exemplo, os infravermelhos ativos que emitem feixes infravermelhos entre dois pontos lineares (um transmissor e um receptor) e ao serem interrompidos acionam o alarme e o PIR (Infravermelho Passivo) que detecta o movimento de fontes de calor tais como o corpo humano.
- Detectores Sísmicos ou de vibração: trata-se de dispositivos piezoelétricos, normalmente cerâmicos, que geram tensão em seus terminais quando sujeitos à aceleração segundo um dado eixo.
- Detectores de chama: estes sensores são baseados em um dispositivo opto eletrônico sensível a uma determinada radiação eletromagnética, infravermelha ou ultravioleta.
- Detectores de nível: são compostos por boias que acionam interruptores ou relés quando um determinado nível de líquido é atingido.
- Sensor acústico: utilizados para detectar a quebra de vidros de janelas ou portas.

- Botões de pânico: são detectores de toque, com fio ou sem fio, cujo objetivo principal é de alertar sobre a existência de algum evento anormal num ambiente.
- Sensores diversos: qualidade da água, oxigênio dissolvido, condutividade de líquidos e sólidos, salinidade, sensores de componentes químicos, de posicionamento (GPS - Global Positioning System).

(BOLZANI, 2004, p. 22).

Existem outros atuadores e sensores que são usados para fins específicos e não serão descritos neste documento. Além desses, outros elementos também são importantes em sistemas de automação residencial e serão descritos em detalhes nas seções a seguir.

## **2.3 Aplicação da domótica**

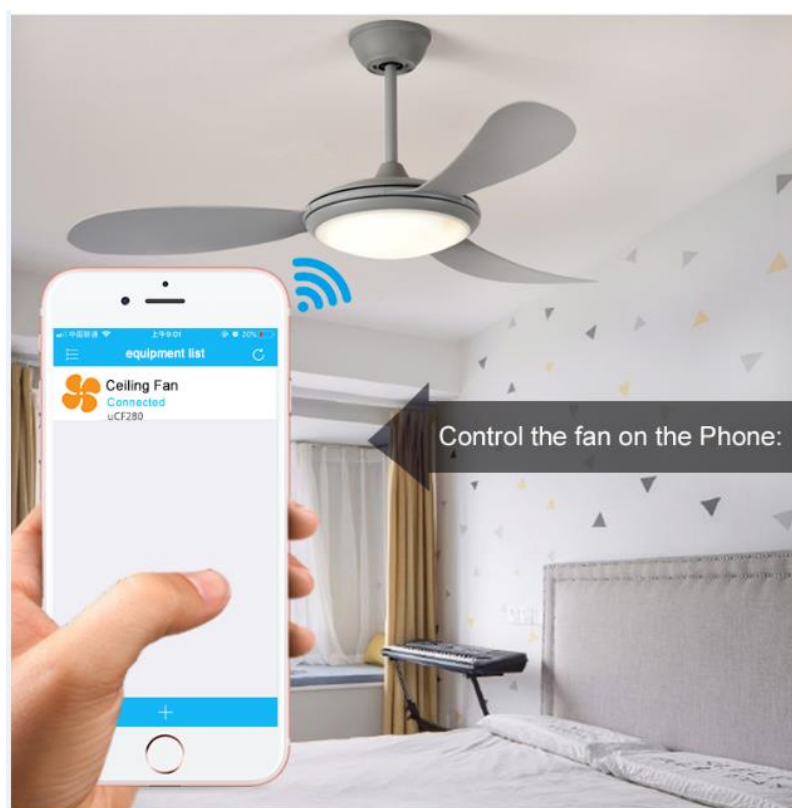
Todos têm suas próprias necessidades e requisitos, portanto, os aplicativos de automação residencial devem estar em conformidade com o estilo de vida de todos. Um pré-requisito necessário é que a rede doméstica seja fácil de usar, entender e aplicar.

A rede deve ser segura e fornece mecanismos de controle de acesso para identificar e distinguir cada membro da família, a fim de implementar diferentes níveis de gestão e controle. Para atender às necessidades dos usuários, a rede será cada vez mais utilizada em casa, independente da marca, modelo ou fornecedor, a possibilidade de integração de qualquer dispositivo na rede é um grande atrativo de mercado.

Como os sistemas sem fio são fáceis de implantar, eles sempre chamaram a atenção. Apesar das restrições de segurança, eles agregaram valor ao sistema antigo, não acrescentaram novas conexões de cabos e garantiram a mobilidade do usuário. Após fazer essas observações, esta seção visa abordar algumas aplicações possíveis dos sistemas de automação residencial.

### **2.3.1 Ventilação**

Os ventiladores são muito importantes nos sistemas de climatização, além de baixo consumo em comparação com outras formas de se obter melhor sensação de calor, também é um dispositivo econômico. Por meio da automação residencial, é possível correlacionar o acionamento do aparelho com a intensidade de operação em um tempo pré-determinado ou por meio de sensores de presença e outras variáveis de controle a partir do sensor de temperatura instalado ou mesmo pelo smartphone pode ser controlado. Se o dispositivo permitir esse controle, isso pode ser feito por meio de tecnologia sem fio, como mostrado na Figura 4.



**Figura 4** – Acionamento de ventilador via aplicativo.  
**Fonte:** (ARAÚJO et al., 2020).

### 2.3.2 Climatização

O desenvolvimento da tecnologia de controle tornou o ar-condicionado um elemento muito interessante, cuja função vai além do conforto térmico. Hoje, esse dispositivo pode controlar a umidade e a qualidade do ar (regulação do nível de dióxido de carbono e do nível de poluente). É um equívoco pensar que só a manutenção da temperatura ambiente trará conforto climático, se não houver um sistema de controle

o ar pode ficar seco e, por não ser renovável, será gerada uma grande quantidade de CO<sub>2</sub>.

Hoje, além de atualizar o ar no ambiente, o conforto ambiental também pode ser considerado controlando simultaneamente as variáveis climáticas (como umidade e temperatura). Em um sistema de automação residencial totalmente integrado, é possível ativar, por exemplo, o fechamento de janelas para obter um melhor desempenho do ar-condicionado.

### **2.3.3 Aquecimento**

O sistema de piso aquecido é uma excelente ferramenta para aquecimento de ambientes residenciais. Em comparação com os condicionadores de ar, é econômico e tem melhor desempenho porque o aquecimento por baixo é benéfico para a aerodinâmica.

A sala é aquecida por igual porque o ar frio e pesado está sempre em contato com o chão. Esta tecnologia não remove a umidade do ar, mas evita o mofo removendo a umidade do chão.

Você não precisa de um piso específico para instalar o sistema, você pode escolher pisos de porcelanato, cerâmica, mármore e granito. O sistema funciona com equipamentos que atuam como cobertura no contrapiso. O equipamento pode ser um cabo ou uma tubulação que atravessa água quente. Conforme o equipamento esquenta, o calor se espalha pelo chão, que por sua vez aquece o ar. Segundo a fabricante Hotfloor, o preço do produto varia de 100 reais a 120 reais o metro quadrado.

A automação residencial permite controlar o sistema através de vários meios (como Internet, computadores, telefones móveis etc.). Mesmo que o morador esteja longe, ele pode ligar o aquecimento e tomar outras providências, como fechar as janelas na chegada e encontrar uma casa aquecida. O sistema possui uma ampla gama de utilizações, podendo inclusive programar diferentes temperaturas para o piso de cada ambiente.

### 2.3.4 Sistema de Iluminação

O controle de iluminação é muito flexível em termos de possibilidades operacionais e contribui para a residência em muitos aspectos. Aparência bonita, adaptação às necessidades visuais e melhoria da eficiência energética são exemplos de vantagens que o controle de iluminação inteligente pode fornecer.

O esquema de iluminação pode ser criado de acordo com as necessidades e gostos dos residentes. Pode descrever características ambientais e adaptar a iluminação a festivais, climas românticos e até mesmo enfatizar imagens artísticas ou enfatizar os detalhes arquitetônicos de casas. Por exemplo, para algumas necessidades específicas, você pode até criar um plano de leitura para controlar a iluminação de acordo com o padrão.

Pode ser ajustado de acordo com os seguintes padrões: o sistema verifica se a luz solar no ambiente atinge o valor definido pela tarefa através do sensor de luz, se o valor for superior a este valor a cortina será ajustada para atender as necessidades, se a luz for insuficiente, o sistema pode complementar a luz gerada por equipamentos elétricos (lâmpadas, iluminação LED etc.).

O uso de um dimmer que pode atenuar a potência fornecida à lâmpada pode complementar o brilho. No passado, os dimmers eram potenciômetros em série com a lâmpada, portanto, não tinham ajustes precisos, logo, não eram confiáveis porque podiam superaquecer e causar incêndios, além de serem ineficientes. Com o desenvolvimento da tecnologia de eletrônica de potência e tecnologia de semicondutores, é possível desenvolver um controle de iluminação através de uma chave regulável de tensão, ou seja, a chave pode ser comutado de acordo com a intensidade necessária. São menores, mais eficientes, mais seguras, podendo ser utilizadas com qualquer tipo de lâmpada (incandescente, fluorescente, dicróica etc.) e possuem maior vida útil.

O sensor de luminosidade promove a integração entre a luz artificial e a luz ambiente e também é um dispositivo importante para maximizar o aproveitamento da luz natural, pois pode maximizar o aproveitamento da luz natural, sendo que a luz artificial tem apenas um efeito suplementar, diferente de a situação usual.

O uso de sensores de status e temporizadores também pode economizar muita energia e melhorar a segurança. O sensor de presença pode ser operado por lógica

para que não fique ligado em ambiente desabitado (muito útil em corredores e banheiros) e a segurança se limita à iluminação do local na presença de uma pessoa.

O cronômetro pode funcionar quando os residentes desejam ter iluminação em um local pré-determinado dentro de um determinado intervalo de tempo, por exemplo, um jardim ao ar livre que só deve ser iluminado das 20h00 às 12h00. A sua contribuição para a segurança pode utilizar a lógica da iluminação em momentos diferentes, mesmo que não haja proprietário, a casa parece estar ocupada.

### **2.3.5 Cortinas**

A automação de cortinas é um fator importante no conforto e no consumo de energia residencial. A abertura e o fechamento do dispositivo são realizados por um motor elétrico conectado ao motor elétrico, que geralmente é acionado por rádio ou elétrico. O controle é baseado em sensores e é feito por definição de cena ou por ativação direta do usuário (muito útil para pessoas com deficiência).

Se a programação envolver um sensor crepuscular, as operações com o sensor podem usar a luz ambiente como variável, ou mesmo a chuva. O motor dedicado às cortinas pode definir com precisão a inclinação das lâminas, de modo que o controle baseado em brilho possa ser totalmente realizado.

Caso os moradores não estejam em casa, as cortinas podem funcionar de acordo com a cena simulada existente, de forma que as cortinas se movam automaticamente para melhorar a segurança, pois dão a impressão de que a casa está habitada.

### **2.3.6 Sistema de Aspiração**

O aspirador central é um sistema de limpeza simples e moderno. A sucção pode ser feita pendurando uma mangueira em uma das saídas discretas ou por meio de um canal de sucção localizado em um rodapé conectado ao sistema. Quando a mangueira é conectada ou a porta de sucção é aberta, um circuito é ativado para ativar a unidade de controle.

Exceto que não há necessidade de carregar o aspirador, o poder de sucção deste sistema é 5 vezes maior do que um aspirador tradicional. A poeira e os ácaros são sugados para o aspirador através de um tubo embutido na parede e são retidos

em um filtro de alto desempenho. O equipamento central é instalado na área de serviço, armazém ou garagem, eliminando assim o ruído no ambiente de aspiração. Finalmente, você pode aspirar facilmente a qualquer hora, em qualquer lugar e só precisa limpar o ruído da inalação de ar.

### **2.3.7 Sistema de Irrigação**

A irrigação automatizada do jardim não se limita a ligar o irrigador em uma data e hora predefinidas. Pode interpretar os dados do sensor de umidade existente no solo e realizar a irrigação para manter o nível necessário e controlar a irrigação exibindo o sensor crepuscular em dias de chuva. O sistema atual permite o uso racional da água de forma uniforme e triturada para não prejudicar as plantas mais vulneráveis.

Existem vários tipos de aspersores adequados para os mais diversos tipos de plantas e jardins, o seu ângulo de chegada é ajustável, ficam enterrados no solo e aumentam à medida que a pressão da água aumenta. Um belo jardim pode melhorar as condições de vida e um sistema de irrigação é muito importante para mantê-lo exuberante e o tempo todo.

### **2.3.8 Som**

A automação de som residencial consiste em um sistema multi-zona que permite ouvir qualquer fonte de áudio a qualquer momento e em qualquer ambiente. O comportamento do sistema é semelhante ao de um sistema de comunicação real e não se limita ao ambiente sonoro. Ao conectar o telefone e o porteiro a eles, quando tocarem, o som será silenciado automaticamente.

O sistema de áudio doméstico também constitui o chamado *home theater*, que é um dispositivo multimídia projetado para reproduzir a experiência de assistir a um filme em uma sala de cinema em casa. A ideia do sistema é tornar a ação mais atrativa para que o público se sinta imerso em uma cena como um filme ou performance. O som deve ter alta fidelidade, por isso os alto-falantes costumam ser separados de acordo com a frequência, havendo alto-falantes baixos, médios e altos.

### **2.3.9 Segurança**

O sistema de segurança é uma parte importante da automação residencial, pois pode monitorar diferentes áreas da casa, impedir a entrada de pessoas não autorizadas pelo controle de acesso e evitar incêndios, vazamentos de gás ou água em locais importantes. A automação da segurança é realizada por meio de diversos subsistemas mutuamente integrados que se comunicam e tomam as medidas necessárias para manter a integridade da residência.

#### **2.3.9.1 Sensoriamento e Alarme**

O sistema de alarme usa sensores de presença e, quando um intruso é detectado, aciona um alarme sonoro para suprimi-lo ou, em alguns sistemas, geralmente é seguro notificar por telefone Central em a fim de tomar medidas manuais, porque esta é uma situação delicada gerenciada por dispositivos lógicos.

Com o desenvolvimento da automação residencial, os sistemas de alarme começaram a ser usados para alertar os usuários quando os sensores detectam eventos imprevistos. O sistema pode ser ajustado para agir em resposta a um evento e além de fazer um alarme sonoro acionar o bocal de emergência, desligar a energia, iluminar a rota de fuga e até mesmo abrir as cortinas para facilitar a ventilação, o sistema também pode seja ajustado. Por exemplo, quando a fumaça é detectada, ela se torna uma ferramenta importante para a proteção do patrimônio.

#### **2.3.9.2 Sistema de Monitoramento por câmeras**

Por meio do monitoramento audiovisual, a gravação e transmissão remota das imagens podem ser feitas pela Internet, Intranet ou IP. Devido ao acesso contínuo à Internet, ele não só pode ser restrito ao computador, mas também o monitoramento contínuo em tempo real e de alta qualidade das imagens pode ser realizado pela Internet de qualquer lugar do mundo por meio de um telefone celular.

### 2.3.9.3 Biometria

O sistema biométrico da residência é usado para controle de acesso. Desta forma, a identificação das pessoas pode ser realizada com um baixo índice de erros, para que o sistema possa garantir que o acesso será realmente um acesso ao usuário habilitado, mais confiável do que um sistema que depende de senhas.

A tecnologia de identificação deve ser escolhida de acordo com a segurança necessária. Na ordem crescente de nível de segurança, eles podem usar a voz, ler as mãos, ler impressões digitais, ler a íris e, finalmente, alcançar a retina.

Com o poder de computação de hoje, a precisão do algoritmo atingiu um alto nível de confiabilidade, especialmente para tecnologias que são usadas diretamente para imagens estáticas ou em tempo real. No entanto, para melhorar ainda mais essa correção, recomenda-se o uso de biometria múltipla (utilizando duas ou mais técnicas biométricas), de forma que a fraude em qualquer sistema de computador não seja viável.

## 2.4 Arduino

Por definição, o Arduino consiste em um microcontrolador de placa única e um conjunto de software para programá-lo. O hardware consiste em um processador Atmel AVR, um oscilador de cristal e um regulador linear de 5 volts (MCROBERTS, 2011).

O Arduino trata-se de uma plataforma aberta de prototipagem baseada em hardware e *software* flexíveis e de fácil utilização. O mesmo pode ser utilizado para desenvolver objetos interativos independentes, ou pode ser conectado a um computador, a uma rede, ou até mesmo à *Internet* para recuperar e enviar dados do Arduino e atuar sobre eles. Em outras palavras, ele pode enviar um conjunto de dados recebidos de alguns sensores para um *site*, dados estes que poderão, assim, ser exibidos na forma de um gráfico (MCROBERTS, 2011).

Nessa plataforma pode ser conectados botões, interruptores, motores, sensores de temperatura, sensores de pressão, sensores de distância, módulos *Ethernet* e qualquer dispositivo que receba dados ou possua a função de ser controlado. Por se tratar de um sistema multiplataforma professores e alunos utilizam o Arduino para construir instrumentos científicos de baixo custo, para provar os

princípios de química e física, ou para começar a trabalhar com programação e robótica, por se tratar de uma plataforma barata, compatível com vários sistemas operacionais, de fácil programação e possibilitar a extensão de seu Hardware (ARDUINO 2016).

Dentre os vários modelos de Arduino destacam-se o Uno e o Mega. O Arduino Uno é composto por um microcontrolador ATmega328P, 14 pinos de entrada e saída digital (sendo que 6 fornecem saída *PWM*) e 6 entradas analógicas, como apresentado na Figura 5.



**Figura 5 - Arduino Uno.**  
**Fonte:** Arduino, (s.d)

Já a versão Arduino Mega possui um microcontrolador ATmega2560, contando com 54 pinos de entrada e saída (sendo que 15 desses fornecem saída *PWM*) e 16 pinos de entrada analógica, além da memória interna de 256 KB muito superior ao tamanho da memória do Arduino Uno que é de 32 KB, o que possibilita ao Arduino Mega rodar maiores programas, mostrado na Figura 6.



**Figura 6 - Arduino Mega.**  
**Fonte:** Arduino, (s.d)

### 2.4.1 Módulos Para Arduino

Além das entradas e saídas do Arduino, é possível encontrar no mercado placas auxiliares chamadas de módulos que também são conhecidas como Shields, que possibilitam ao Arduino novas interações, um exemplo de módulo para Arduino é o relés de 5 V para automação com fotoacoplador (Figura 7) que possui interface padrão que pode ser controlado diretamente por microcontrolador, onde o relé suporta correntes de 10 A, com indicação de LED de saída do relé.



**Figura 7 –** Modulo de relés.

**Fonte:** Techmount (2016).

Mas, também existem outros modelos de Shields no mercado como, *display LCD*, botões, acesso à internet.

### 2.4.2 Linguagem de Programação para Arduino

Uma linguagem de programação pode ser definida como o conjunto de instruções sequenciais capazes de controlar uma máquina, especificando quais ações ela irá executar, mediante aos dados processados, armazenados ou transmitidos. As linguagens de programação evoluíram ao longo do tempo e outras linguagens surgiram ao longo do tempo, como *algol-60*, *pascal*, *c*, *c++*, *eiffel*, *java* etc. (DERSHEM; JIPPING, 1995).

Basicamente, uma linguagem de programação consiste no próprio código e precisa de um compilador para verificar e executar o código no computador. O compilador nada mais é do que converter toda a entrada de código por nossos humanos em linguagem de máquina, que é basicamente (binária) “0 e 1”.

A linguagem de programação C originou-se de B (criada por Martin Richards) no final dos anos 1970, mas o padrão da linguagem de programação C só foi definido por Ansi em 1983 (SCHILDT, 1997).

Segundo Schildt (1997), C é classificada como uma linguagem intermediária porque combina os elementos de uma linguagem de alto nível com as funções da linguagem assembly, que é uma linguagem de baixo nível que pode se comunicar diretamente com o hardware. Essa linguagem é chamada de programador amigável, pois o código pode ser criado por várias pessoas e então todo o conteúdo pode ser combinado no mesmo código, de forma que você possa criar uma biblioteca que pode ser combinada em vários códigos sem conhecer cada um código do projeto (MIZRAHI, 2008).

A linguagem de programação do Arduino é C/C ++, o que torna sua programação mais acessível. Habilite o controle de entrada e saída digital/analógica para aplicação em diversos projetos.

## **2.5 Rede Zigbee**

O padrão Zigbee foi formulado por grandes empresas nos campos de eletrônica e automação. Eles e o Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos (IEEE-Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos) formaram a Aliança Zigbee (Aliança Zigbee) para desenvolver em conjunto este protocolo de comunicação sem fio aberto, Através da modulação de sinal digital especial, possibilita o uso em múltiplos campos e em conjunto fornecer e desenvolver tecnologia para criar baixo consumo de energia, segurança, baixo custo, padrões confiáveis e com base na operação global Rede sem fio de padrão aberto (PROJETO DE NETES, 2018).

A mais recente e promissora WPAN (Wireless Personal Area Network) é a utilização do padrão Zigbee IEEE 802. Comparado com outros protocolos, o Zigbee tem as vantagens de ser totalmente aberto, fácil de aplicar e de baixo custo de equipamento (DIÁRIO DE NILTON FELIPE, 2018).

Eles podem hospedar milhares de dispositivos na mesma rede, com taxas de transferência de dados que variam de 20Kbps a 250Kbps. Como um protocolo para aplicações industriais, a velocidade do tráfego de dados não é um grande problema. O módulo Zigbee foi criado para economizar energia ao máximo, por isso é possível criar dispositivos e sensores remotos alimentados por baterias ou baterias comuns,

que podem ser usados por vários meses sem substituição. Isso é possível porque os módulos Zigbee 23 vão hibernar ou “hibernam” e consomem menos energia quando não estão enviando/recebendo dados (DIÁRIO DE NILTON FELIPE, 2018).

De acordo com a configuração da rede e do equipamento, é possível solicitar a confirmação da recepção dos dados, reenviar os dados não recebidos e utilizar diferentes caminhos para fazer a mensagem chegar ao endereço final (RAMOS, 2012). A comunicação por protocolo zigbee, pode ser dividida em polos centrais que são:

- **Coordenador:** Responsável pela alocação de endereços, inicialização da rede, manutenção da rede e identificação de todos os nós, podendo ser usado como ponte entre várias outras redes Zigbee.
- **Roteador:** Possui as características de qualquer nó da rede, mas possui as características adicionais de atuar como um roteador intermediário entre os nós sem a necessidade de um coordenador. Por meio dele, a rede Zigbee pode ser expandida para ter uma área de cobertura maior.
- **Equipamento Terminal:** É o nó que menos consome energia em toda a rede, pois fica na maior parte do tempo em standby, sendo o local de hospedagem de atuadores ou sensores (RAMOS, 2012, p. 40).

Baseado no protocolo Zigbee e relacionado a outros padrões do mercado, o Zigbee está muito à frente de outros padrões de transmissão de dados, pois está relacionado a alguns dados da tecnologia wireless, IEE 802.11B, Bluetooth e Zigbee. O protocolo Zigbee é utilizado para o acionamento remoto de dispositivos como atuadores, sensores, dentre outros, sempre com foco no baixo consumo de energia. As tecnologias Bluetooth e WI-FI são usadas para portas USB sem fio, fones de ouvido, navegação na Internet, transferência de arquivos e redes de computadores, respectivamente (DESMONTA, 2018).

Para aplicativos que requerem baixas taxas de transmissão de dados, mas requerem recursos de comunicação e expansão, é razoável usar o Zigbee. Milhares de dispositivos podem ser usados para expansão em uma única rede de comunicação, conforme mostrado na Tabela 1.

**Tabela 1 - Comparação entre tecnologias.**

<b>Característica</b>	<b>IEEE 802.11B</b>	<b>Bluetooth</b>	<b>ZigBee</b>
Bateria	Horas	Dias	Anos
Complexidade	Muito complexo	Complexo	Simple
Dispositivos	32	7	64000
Distância	100 metros	10 metros	70-300 metros
Extensão	Roaming possível	Não	Sim
Taxa Transferência	11 Mbps	1 Mbps	250 Kbps

**Fonte:** Desmonta & Cia, (2018).

### 3 DESENVOLVIMENTO

A domótica vem influenciando no conforto diário da vida das pessoas, por exemplo, um idoso morador de uma casa, que ao se aproximar de sua residência, com as mãos ocupadas, carregando algo e ele pode entrar diretamente para o interior da casa, abrindo a porta através de um comando de voz e acendendo a luz do interior através do mesmo, mas a domótica não está apenas ligada a conforto, praticidade e qualidade de vida dos indivíduos que moram em uma casa, ela também está ligada a melhoria das despesas relacionadas ao consumo de energia elétrica das residências. Apesar de não aparentar, muitas pessoas, acabam adormecendo no sofá e esquecendo a televisão ligada, saem para trabalhar e esquecem de desligar o interruptor da iluminação de algum cômodo, ou até mesmo ligam o ar-condicionado e esquecem de fechar as janelas.

Todos esses hábitos atribuídos as casas convencionais aumentam e muito o valor da conta de energia elétrica junto a concessionária de energia, em períodos de estiagem, quando o nível dos reservatórios das hidrelétricas brasileiras estão baixos, os valores de tarifa se elevam ainda mais, pois a geração de energia através de hidrelétricas é a principal matriz energética do país e neste cenário as termoeletricas entram em funcionamento o que além de prejudicar o bolso do consumidor ainda corrobora para a poluição do meio ambiente e mudanças climáticas no planeta.

Segundo dados do site Terra, a automação residencial pode trazer até 30% de economia no consumo de energia elétrica das residências. Essa economia vem através do uso inteligente de sensores e atuadores, que trabalham em conjunto, de

forma que cada periférico envolvido em ações cotidianas do lar, sejam capazes de se comunicas entre si em com o ambiente, buscando a otimização do lar.

Em uma casa onde se deseja implementar a domótica, para o conforto, praticidade da família e economia de energia, pois os morados tem observado um aumento no valor da fatura de tarifação da concessionaria de energia elétrica desde quando se mudaram para esta nova residência e o morador que é proprietário do imóvel tem atribuído o aumento dos valores da fatura, a lâmpadas que ficam ligadas indevidamente por longos períodos, os outros dois moradores esquecem de apagá-las quando se retiram do local e ao ar condicionado que acaba sendo ligado, enquanto as janelas ou portas do cômodo da sala ainda estão abertas, o que influencia e muito no rendimento do ar condicionado, fazendo o consumir mais energia, pois a cômodo demora muito mais tempo para ser climatizado, pensando nisso, caso o morador desejasse realizar a automação desta residencial a vim de diminuir o consumo desnecessário de energia e também aumentar o conforto em sua casa neste experimento teórico, ele gostaria de realizar automatizar sua casa por conta própria, a vim de reduzir os custos com mão de obra, partindo do ponto de vista de que ele possui quase nenhum conhecimento técnico, ele gostaria de analisar o custo benefício de realizar este projeto utilizando Arduino ou Zigbee, comparando os mesmos a fim de chegar a uma conclusão.

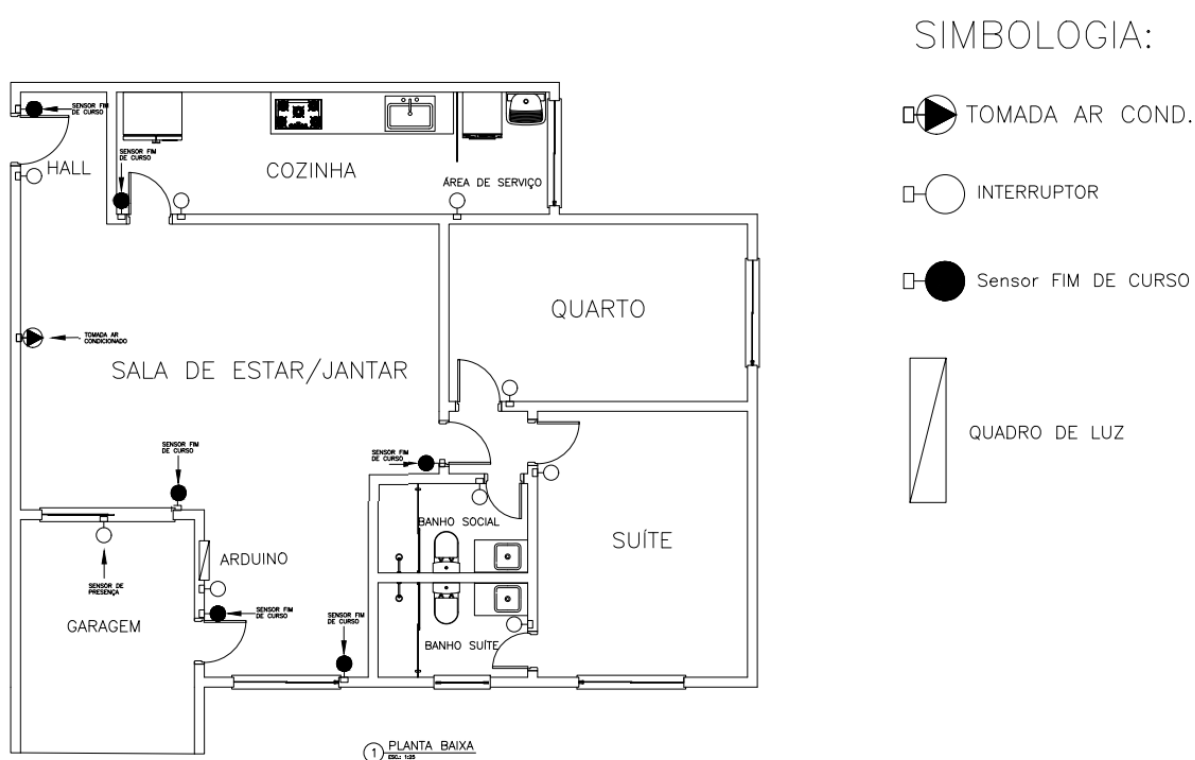
### **3.1 Casa inteligente**

Em uma casa onde se deseja implementar a domótica, para o conforto, praticidade da família e economia de energia, pois os morados tem observado um aumento no valor da fatura de tarifação da concessionaria de energia elétrica desde quando se mudaram para esta nova residência e o morador que é proprietário do imóvel tem atribuído o aumento dos valores da fatura, a lâmpadas que ficam ligadas indevidamente por longos períodos, os outros dois moradores esquecem de apagá-las quando se retiram do local e ao ar condicionado que acaba sendo ligado, enquanto as janelas ou portas do cômodo da sala ainda estão abertas, o que influencia e muito no rendimento do ar condicionado, fazendo o consumir mais energia, pois a cômodo demora muito mais tempo para ser climatizado, pensando nisso, caso o morador desejasse realizar a automação desta residencial a vim de diminuir o consumo desnecessário de energia e também aumentar o conforto em sua casa neste

experimento teórico, ele gostaria de realizar automatizar sua casa por conta própria, a fim de reduzir os custos com mão de obra, partindo do ponto de vista de que ele possui quase nenhum conhecimento técnico, ele gostaria de analisar o custo benefício de realizar este projeto utilizando Arduino ou Zigbee, comparando os mesmos a fim de chegar a uma conclusão.

A casa em questão, possui, garagem, cozinha, sala de estar, varanda, quarto, banheiro e suíte. como é mostrado nas Figuras se pode observar a localização do Arduino e Zigbee nas respectivas plantas.

Na Figura 8, se pode observar, a localização do Arduino, que está alocado junto ao quadro de disjuntores geral que se encontra na sala de estar, próximo a porta de acesso a garagem via sala de estar. Este ponto da casa, é o ideal para a locação do Arduino, devido ao fácil acesso aos eletrodutos da casa a partir desse ponto.

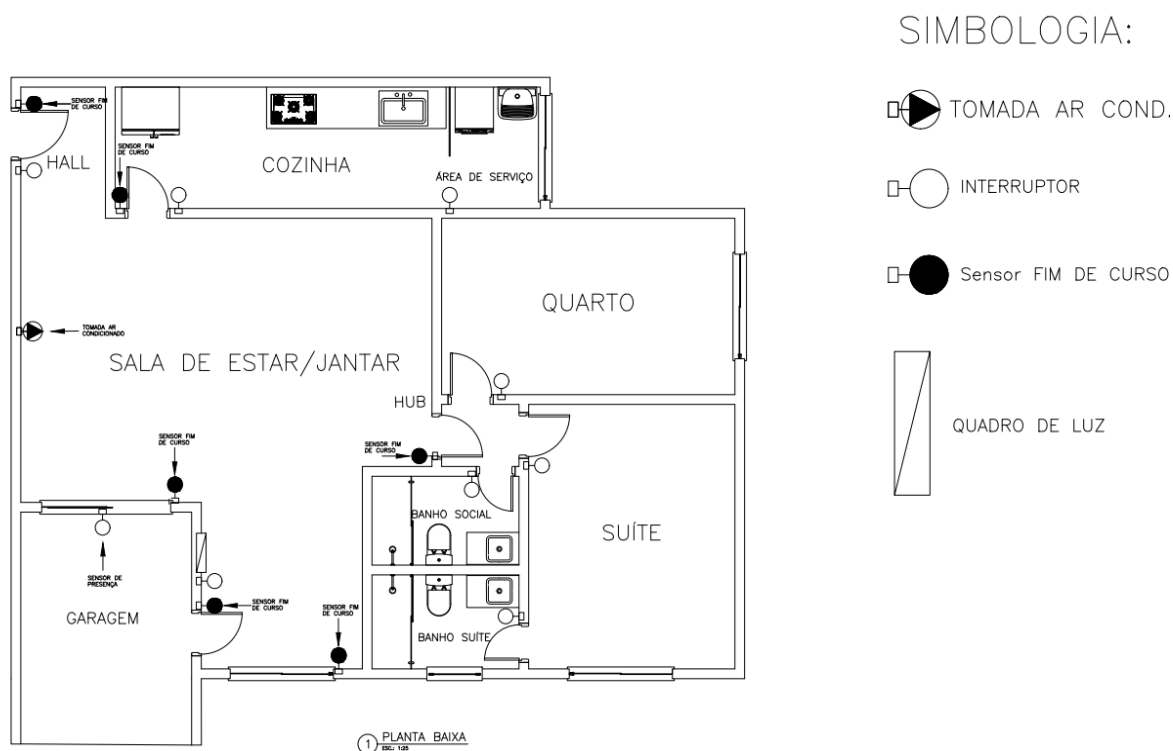


**Figura 8** – Casa onde se deseja implementar a domótica Arduino.

**Fonte:** Autor.

Na Figura 9, se observa a localização do Hub, que se encontra no corredor central da casa, entre a sala de estar, banheiro social, quarto e suíte. Como o Hub, se comunica com os demais dispositivos através de conexão Wireless, este ponto se torna ideal para sua localização, fazendo a distribuição do sinal ser a melhor possível.

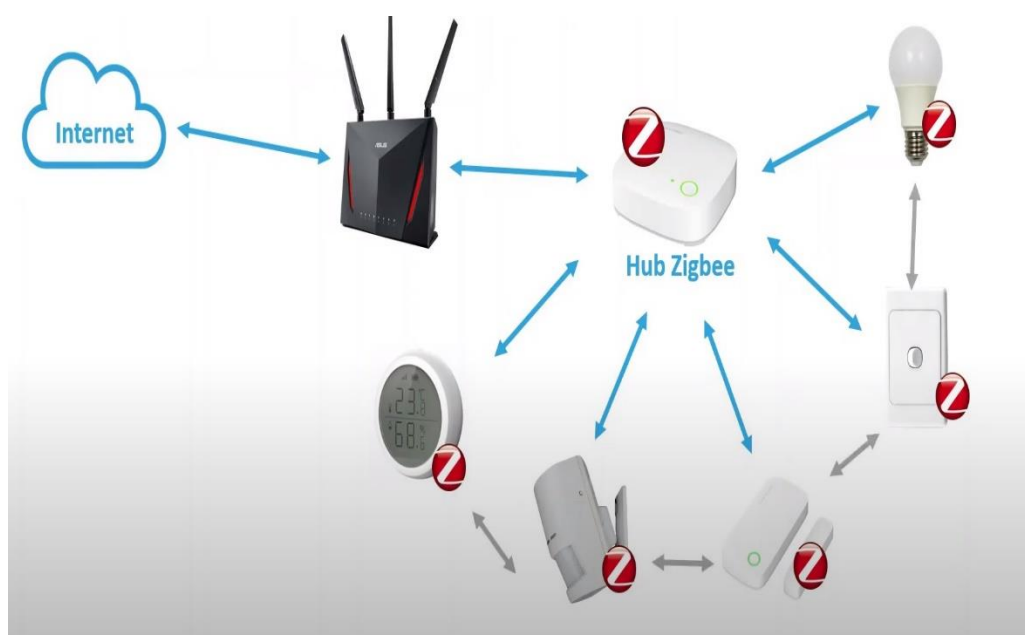
No plano de automatização desta residência está proposto o controle da iluminação em todos os cômodos, acionamento e monitoramento do ar-condicionado na sala de estar, visando a economia no consumo de energia e o acionamento do portão elétrico da garagem, o controle de nível da caixa d'água para futuras atualizações caso e sistema de biometria.



**Figura 9 – Casa onde se deseja implementar HUB.**  
**Fonte: Autor.**

### 3.2 Automação com Zigbee

O dispositivo central utilizado na rede Zigbee é o seu Hub. Este é conectado ao roteador da casa o que lhe dá acesso a informações em nuvem na internet e permite o controle dos dispositivos Zigbee através do aplicativo instalado no celular e orquestra toda a comunicação com os demais dispositivos Zigbee da casa os controlando de acordo com o desejo do usuário e suas rotinas. Na rede Zigbee além do Hub se conectar com os dispositivos, eles também trocam informações entre si, funcionando como repetidores de sinal, o que agrega em velocidade e área de cobertura de sinal à rede. Na Figura 10 se tem o diagrama representando o sistema de comunicação da rede.



**Figura 10** - Diagrama representando o sistema de comunicação da rede.  
**Fonte:** Desmonta & Cia, (2018).

O Hub adotado no projeto, é alimentado por sua fonte que lhe fornece 5V e 1A, sendo capaz de se conectar a 50 dispositivos e de controlar até 30 dos mesmos simultaneamente, no projeto utiliza-se apenas um Hub, mas em caso de necessidade de uma atualização futura, basta o acréscimo de mais um ou mais Hubs e o sistema pode controlar uma quantidade vasta de dispositivos.

Ele é responsável por, enviar comandos para os demais dispositivos Zigbee na casa, tais como, interruptores, tomada inteligente e sensor de temperatura e umidade e apesar de ser um Hub Zigbee, ele possui uma funcionalidade extra, que se trata da capacidade de se comunicar com dispositivos controlados através de protocolo Wi-Fi, esta funcionalidade extra, agrega maiores funcionalidades a casa, pois no mercado não existe relé que utilize o protocolo Zigbee, que se fez necessário no projeto para o acionamento do portão da garagem onde foi utilizado o relé Wi-Fi que será citado mais a diante no seu respectivo tópico.

O Acionamento e configuração é feito através do aplicativo para celular, Smart Life, onde é realizada a adição, remoção e acionamento dos dispositivos conectados ao sistema. Outra grande vantagem é a compatibilidade com Amazon Alexa, que inicialmente não serão utilizadas, mas ficam disponíveis para melhorias futuras.

Na Figura 11 pode se observar o Hub Zigbee, peça central deste sistema domótico.



**Figura 11** – Hug Zigbee.  
**Fonte:** Tuya, (s.d).

### 3.2.1 Sistema de Iluminação controlado por Zigbee

Para o acionamento das lâmpadas da área interna, em todos os cômodos, adota se interruptores Zigbee da marca Tuya compatíveis com tensão 110V e 220V e suportando uma corrente máxima de 10A, em todos os cômodos. Na Figura 12 pode se observar o aspecto físico, do interruptor utilizado para o acionamento da iluminação da casa.



**Figura 12** – Interruptor Tuya Zigbee.  
**Fonte:** Tuya, (sd).

O acionamento desses interruptores pode ser feito de 2 métodos distintos, nas dependências da casa. O primeiro método é através do aplicativo Smart Life, o segundo é através do contato manual com o interruptor e em caso de uma melhoria futura, haverá um terceiro método, que consiste no acionamento através do comando de voz, via Amazon Alexa em uma possível melhoria futura.

A iluminação da garagem possui uma quarta maneira de ser acionada, que é realizada através de um sensor de presença da marca Tuya como o apresentado na Figura 13.



**Figura 13** – Sensor de presença Tuya.  
**Fonte:** Tuya, (s.d).

Este sensor de presença é alimentado por 3 pilhas alcalinas AAA com tensão de 1,5V, com ângulo de sensibilidade de 360° e alcance de 6 metros. Caso um morador da residência se aproxime do sensor dentro da sua área de atuação, ele mandará um sinal ao Hub toda vez que alguém se aproximar da garagem, este sinal chegara HUB, onde ele mandará o comando realizando o acionamento da iluminação.

### **3.2.2 Climatização usando o sistema Zigbee**

Fazendo uso de um Sensor de temperatura e umidade Tuya, alimentado com tensão de trabalho contínua de 5V e corrente de 1A, pode se visualizar a temperatura ambiente em tempo real no aplicativo, configurando assim o sistema para dar o comando a tomada inteligente, parar ligar ou desligar o ar-condicionado

automaticamente usando a temperatura como parâmetro. Sendo estabelecida pelo usuário uma temperatura como ponto de referência para seu acionamento e outra para o seu desligamento, vale ressaltar a capacidade de medir a umidade relativa do ar, o que pode ser utilizado em atualizações futuras. Na Figura 14 pode se observar o sensor de temperatura e umidade, mencionado.



**Figura 14** – Sensor de temperatura e umidade Tuya.  
**Fonte:** Tuya, (s.d).

A tomada inteligente Tuya, é compatível com tensão alternada em um ranger de 100V a 240V e suporta uma corrente de até 16A. Este dispositivo além de realizar o acionamento wireless do ar-condicionado também possibilita o monitoramento do consumo de energia do ar-condicionado, mostrando através do aplicativo a corrente, em mA (Miliampere), a tensão em V (volts) e a potência consumida em KWH, (kilo watts hora). Na Figura 15 se pode visualizar a tomada inteligente.



**Figura 15** – Tomada inteligente Tuya.  
**Fonte:** Tuya, (s.d) .

Voltada a Gestão de energia do ar condicionado, nas janelas do cômodo da sala, um sensor Zigbee de janela, cuja a alimentação é feita através de duas pilhas alcalinas AAA, de tensão de 1,5V cada, será instalado, que irá realizar o intertravamento do sistema de climatização, permitindo o acionamento do ar condicionado si e somente si, as janelas e portas estiverem fechadas e após o acionamento do ar condicionado as portas só poderão se manter abertas por 20 segundos, caso esse tempo limite seja ultrapassado o sistema ira desligar o ar condicionado automaticamente, o sistema de climatização também pode ser acionado via aplicativo, mas somente se as janelas e portas estiverem fechadas e com uma futura atualização se pode acionar o ar condicionado por comando de voz via assistente virtual, Alexa, com base nas mesmas condições relacionadas as portas e janelas. Na Figura 16 podemos ver a imagem do sensor Zigbee de janela.



**Figura 16** – Sensor de Janela Tuya.  
**Fonte:** Tuya, (s.d).

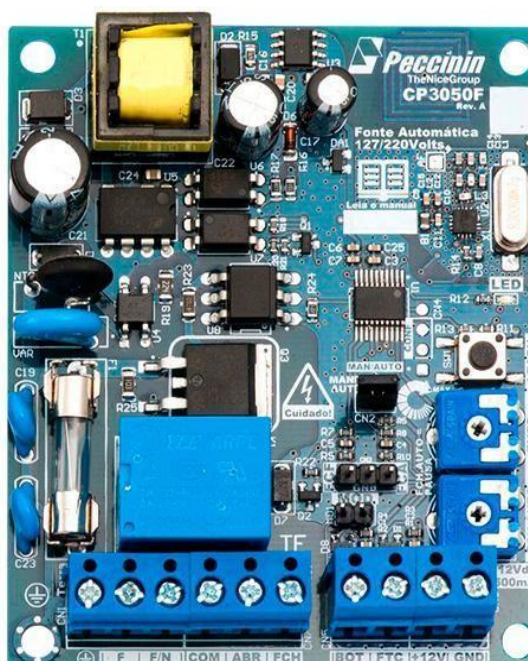
### 3.2.3 Acionamento do portão Elétrico

Para automatizar o portão eletrônico vamos utilizar uma placa com protocolo Wi-Fi, pois para o controle do portão precisamos de um Relé Wireless e no mercado não existe um relé Wireless com protocolo Zigbee pulsador com contato comum, somente encontra se relé Zigbee onde ele permanece o contato ativo até que mandemos um comando para desligar, portanto utilizamos o Modulo Relé Sonoff como o mostrado na Figura 17.



**Figura 17** – Modulo Wi-Fi Relé Sonoff.  
**Fonte:** Sonoff tech, (s.d).

Este módulo é alimentado com tensão contínua de 12V, que vem diretamente da placa de controle do portão eletrônico, mostrado na Figura 22, depois de alimentá-lo, se realiza a ligação entre o borne comum da sigla COM no módulo Sonoff e a entrada BOT na placa eletrônica do portão e ligaremos o contato normal fechado com a sigla NC com o GND, com essa ligação ele funcionará semelhante a um controle de rádio frequência porém acionando via o nosso aplicativo diretamente no celular e em uma atualização futura também poderá ser acionado por comando de voz onde podemos utilizando Amazon Alexa, na Figura 18, podemos observar a placa de acionamento do portão.



**Figura 18** – Placa de acionamento do portão eletrônico.  
**Fonte:** Braviseg, (2019).

### 3.2.4 Fechadura Biométrica

Para uma futura atualização, com o uso de uma fechadura inteligente com acesso biométrico comandada através do protocolo Zigbee, iremos acrescentar o item segurança a casa, ela pode ser usada através de três métodos, a primeira utilizando o aplicativo, a segunda através do sistema de biometria, utilizando uma digital que esteja cadastrada no sistema e a terceira através de uma senha pré-definida inserida no teclado número da fechadura.

Este modelo de fechadura, é alimentado através de pilhas recarregáveis com uma longa duração, de aproximadamente 1 ano, devido ao baixo consumo de energia, se comparado ao nível de transmissão de dados, se comparada a fechaduras biométricas que usam protocolo wireless. Na Figura 19 se pode ver a imagem da fechadura inteligente.



**Figura 19** – Fechadura biométrica.  
**Fonte:** Tuya, (s.d).

### **3.2.5 Aplicativo de comando Smart life**

O Smart life é um aplicativo para transformar a casa em um local inteligente, controlando remotamente aparelhos domésticos de qualquer lugar, adicionando e monitorando vários aparelhos ao mesmo tempo, função de comando de voz, funcionamento com base em sensores e envio de alertas para garantia de segurança.

Para comandar o acionamento dos dispositivos e criar as condições de atuação. O aplicativo Smart life será utilizado para controle do projeto em Zigbee. Para

adicionar um dispositivo, ao sistema do aplicativo basta selecionar o ícone “adicionar dispositivo” como podemos observar na Figura 20.



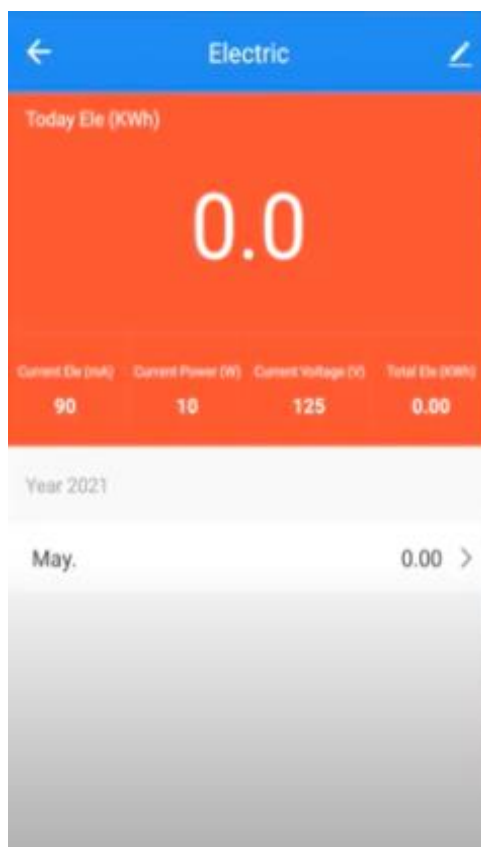
**Figura 20** – Aplicativo de comando Smart life.  
**Fonte:** Autor.

Em seguida basta selecionar, o tipo de dispositivo, se o mesmo é uma tomada, interruptor, sensor de presença, ECT. e pressionar o botão lateral do dispositivo a ser controlado, que a adição será concluída, na Figura abaixo podemos observar a tela de interface de adição, como mostrado na Figura 21.



**Figura 21** – Aplicativo de comando Smart life.  
**Fonte:** Autor.

Através do aplicativo, também se pode monitorar o consumo, de dispositivos interligados a tomadas inteligentes, o que contribui e muito para a gestão de consumo da residência, além do consumo em tempo real, o aplicativo plota um gráfico, do consumo mensal em KWH (Kilo Watt Hora). Abaixo podemos observar a interface do aplicativo, onde ocorre o monitoramento do consumo, de um dispositivo conectado a tomada inteligente, como mostrado na Figura 22.



**Figura 22** - Monitoramento do consumo de energia.

**Fonte:** Autor.

Para montar a rotina de ações, que desejamos empregar na residência, é necessária a criação de uma rotina, no aplicativo, configurando como cara sensor e atuador deve agir realizando as condições específicas para tal.

### 3.2.6 Sistema de serviço da Amazon Alexa

A Amazon Alexa é um serviço de voz na nuvem de uma assistente pessoal inteligente. Este serviço recebe o áudio de um dispositivo, passa pelo reconhecimento de voz e interpreta os comandos de voz efetuados (HAACK, 2017). Por exemplo, pode-se solicitar alguma informação da Internet como a previsão do tempo ou até mesmo dar um comando para efetuar uma habilidade.

Essas habilidades são chamadas de skills. Uma skill é uma tarefa personalizada para cada aplicação. Após efetuado um comando de voz, ele é interpretado e é executado por servidores da própria Amazon, onde são executados conforme programados, esses servidores são chamados de AWS.

A Figura 23 mostra a sequência de passos do processamento de um comando de voz de uma skill. Ao realizar um comando para a Alexa, é enviado o comando de voz interpretado em forma de JSON para o AWS Lambda. De acordo com o comando em JSON, uma mensagem é enviada para o servidor AWS IoT que realiza de fato o comando. Por fim o IoT retorna para o servidor Lambda, que em seguida retorna com a resposta da execução para a Alexa.

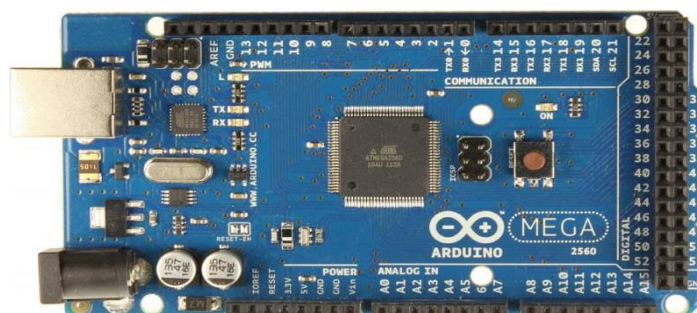


**Figura 23** – Imagem demonstrativa de processamento de um comando de voz.  
**Fonte:** (HAACK, 2017).

Em uma atualização futura, através da Amazon Alexa, podemos realizar o acionamento dos dispositivos na residência via comando de voz, habilitando a comunicação entre o aplicativo Smart Life e o aplicativo Amazon Alexa. Fazendo assim que todas as rotinas criadas no aplicativo Smart Home, respondam aos comandos via Alexa.

### 3.3 Projeto realizado com o Arduino

Em comparação com o projeto em Zigbee o projeto com Arduino teve um menor custo e pelo conhecimento técnico prévio de programação em linguagem C++ foi escolhido desenvolver o projeto prático utilizando o Arduino para automatizar a residência, no projeto foi utilizado o Arduino mega 2560, mostrado na Figura 24.

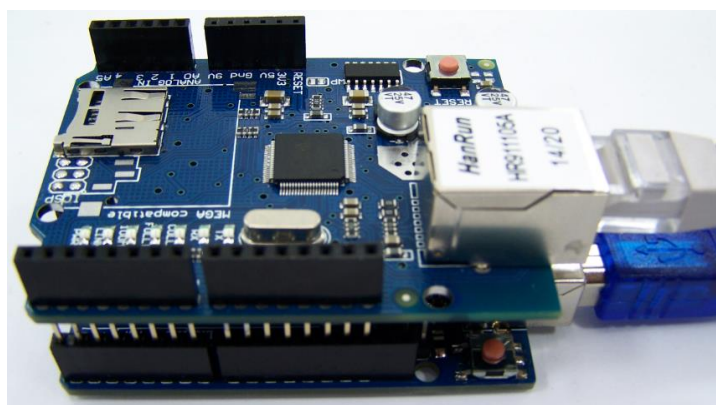


**Figura 24** – Arduino mega 2560.  
**Fonte:** Arduino, (s.d).

No projeto com o Arduino serão feitas as seguintes automatizações da residência:

- Acionamentos das lâmpadas da residência exceto banheiros;
- Controle de temperatura e acionamento do ar-condicionado;
- Acionamento do portão eletroeletrônico;
- Monitoramento e automatização da caixa d'água.

O controle residencial é feito através do aplicativo, conectado diretamente a nuvem. Para conexão do Arduino utiliza-se o módulo Ethernet W5100 onde seu uso é necessário devido ao fato do Arduino não possuir meios próprios de comunicação direta com a internet. O módulo é um complemento para o Arduino que é conectado como mostrado na Figura 25 e também são conhecidos como *shield*, quando conectado permite através de um cabo rj45 obter conexão com a internet e assim obter comunicação com o aplicativo *blink*, aplicativo utilizado para o controle e monitoramento residencial.



**Figura 25** – Shield Ethernet conectado ao Arduino.  
**Fonte:** felipe flop, (2019).

O aplicativo Blynk é gratuito e disponibilizado nas plataformas Android e iOS e através dele se faz possível ter o controle residencial utilizando-se um celular, para comunicação do aplicativo com o Arduino é disponibilizado uma chave de autenticação que é colocado dentro da programação, na figura 26 é mostrada as inclusões das bibliotecas e da chave de autenticação do aplicativo.

```

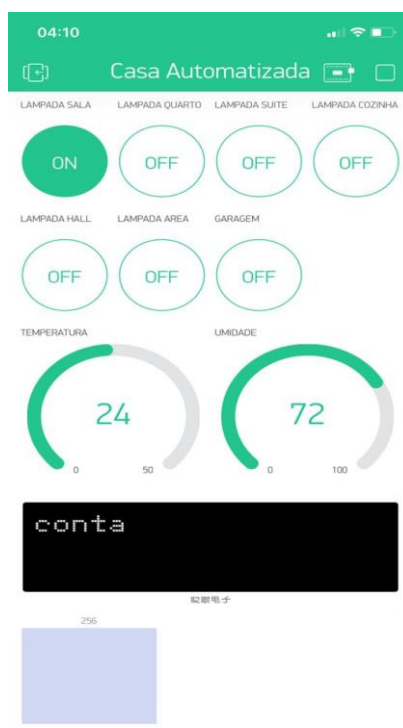
#include <SPI.h> // INCLUSÃO DE BIBLIOTECA SHIELD ETHERNET
#include <Ethernet.h> // INCLUSÃO DE BIBLIOTECA SHIELD ETHERNET
#include <BlynkSimpleEthernet.h> // INCLUSÃO DE BIBLIOTECA DO APLICATIVO
#include "dht.h" //INCLUSÃO DE BIBLIOTECA SENSOR DE TEMPERATURA DHT11
#include "EmonLib.h" // INCLUSÃO DE BIBLIOTECA SENSOR DE CORRENTE
char auth[] = "xWPU9iCVRjgaIKUV_A04j6zivBqNTi_w"; //AUTH TOKEN (FORNECIDO PELO PROJETO NO BLYNK E POR E-MAIL)

```

**Figura 26** – Bibliotecas incluídas na programação

**Fonte: Autor.**

No início da programação são inseridas as bibliotecas que permite adicionar funções extras ao Arduino pois elas contêm informações dos softwares e também comandos pré configurados que nos permite controlar os equipamentos utilizados no projeto e através do comando #include as bibliotecas são adicionadas a programação. O comando "char auth[] = xWPU9iCVRjgaIKUV\_A04j6zivBqNTi\_w", é utilizado para sincronizar a chave de autenticação com o aplicativo, sem a chave de autenticação não seria possível a conexão e a troca de informações com o aplicativo. A programação completa encontra-se no apêndice 1. Na Figura 27 temos a imagem do aplicativo Blynk na interface inicial.



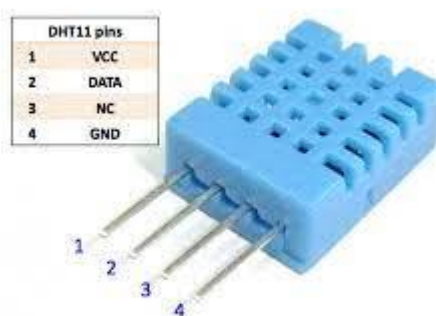
**Figura 27** – Interface inicial aplicativo Blynk.

**Fonte: Autor.**

O aplicativo exibe em tempo real a temperatura e a umidade da residência, o nível da caixa d'água, a tela LCD mostra o último valor da tarifa de energia e há um botão on/off para habilitar a iluminação.

### 3.3.1 Sensor DHT 11

O sensor DHT 11 é o sensor utilizado para medição de temperatura e umidade, para o funcionamento do sensor é necessário ligá-lo com 5 volts e ligá-lo na entrada analógica do Arduino para obter a medição, o diagrama de ligação do sensor é demonstrado na Figura 32, o primeiro pino do sensor é alimentado com 5 volts, o segundo pino é o DATA, ou seja, o pino responsável por transmitir a informação de leitura da temperatura e umidade e este será ligado na entrada A1 do Arduino, o terceiro pino não é utilizado e o quarto contato é conectado ao GND, na figura 28 é a imagem do sensor DHT 11.



**Figura 28** – Sensor DHT11.

**Fonte:** Felipe Flop, (s.d).

Através da leitura de temperatura obtida com o sensor DHT11 foi programado para ligar e desligar o ar-condicionado automaticamente fazendo assim o controle de temperatura do ambiente. Quando a temperatura chegar a 21 graus Celsius o ar-condicionado será desligado e quando a temperatura atingir 23 graus Celsius o ar-condicionado será ligado novamente mantendo assim a temperatura controlada dentro do range escolhido levando em conta se as portas e janelas estão abertas ou fechadas, para que caso haja a abertura de uma porta ou janela por mais de 20

segundos, o ar-condicionado seja desligado. A parte da programação que faz esse controle está abaixo na Figura 29.

```

if (DHT.read11(pinoDHT11) == 23){
  digitalWrite(arcondicionado,HIGH); // LIGA O AR CONDICIONADO SE A LEITURA DO SENSOR FOR IGUAL A 23 GRAUS
}
if (DHT.read11(pinoDHT11) == 21){
  digitalWrite(arcondicionado,LOW); // DESLIGA O AR CONDICIONADO SE A LEITURA DO SENSOR FOR IGUAL A 21 GRAUS
}
if (digitalRead(chavefimdecorso == 1) or (digitalRead(chavefimdecorsojanela) == 0))
{
  digitalWrite(arcondicionado,HIGH); // CONDIÇÃO DE QUE SE AS PORTAS E JANELAS ESTÃO FECHADAS O AR CONDICIONADO É LIGADO
}
if (digitalRead(chavefimdecorso == 0) or (digitalRead(chavefimdecorsojanela) == 0)){
  if ((millis() - millisportaaberta)>20000)
  {
    digitalWrite(arcondicionado,LOW); // CONDIÇÃO DE QUE SE PORTAS E JANELAS ESTÃO ABERTAS O AR CONDICIONADO É DESLIGADO
  }
}

```

**Figura 29 – Controle do ar-condicionado na programação.  
Fonte: Autor.**

A programação completa está no item apêndice 1. Como sensor para as portas e janelas no projeto foi utilizado uma chave de fim de curso que funciona como um contato aberto ou fechado, quando as portas e janelas estiverem fechadas o sensor fecha o contato fazendo com que chegue o sinal de 5 volts no Arduino. Na Figura 30 é um exemplo de uma chave fim de curso.



**Figura 30 - Chave fim de curso.  
Fonte: Mundo da elétrica, (s.d).**

### 3.3.2 Automação das lâmpadas

Para o controle manual e simultaneamente pelo aplicativo das lâmpadas foi utilizado o relé de pulso onde podemos ligar e desligar tanto manual como pelo celular, para que se torne possível esse acionamento é necessário que o interruptor da residência seja interruptor pulsador e funcionará da seguinte maneira:

Quando acionado o comando para ligar a lâmpada através do aplicativo ou se caso for pressionado o interruptor será mandado um pulso e o rele mudará seu estado de ligado para desligado ou desligado para ligado, com isso não teríamos o problema que, se caso fosse ligado manualmente por um interruptor convencional a corrente passaria até que o interruptor fosse desligado manualmente não possibilitando o controle simultâneo entre interruptor e aplicativo, sendo assim utilizamos o interruptor pulsador juntamente com o rele de pulso que temos na Figura 31.

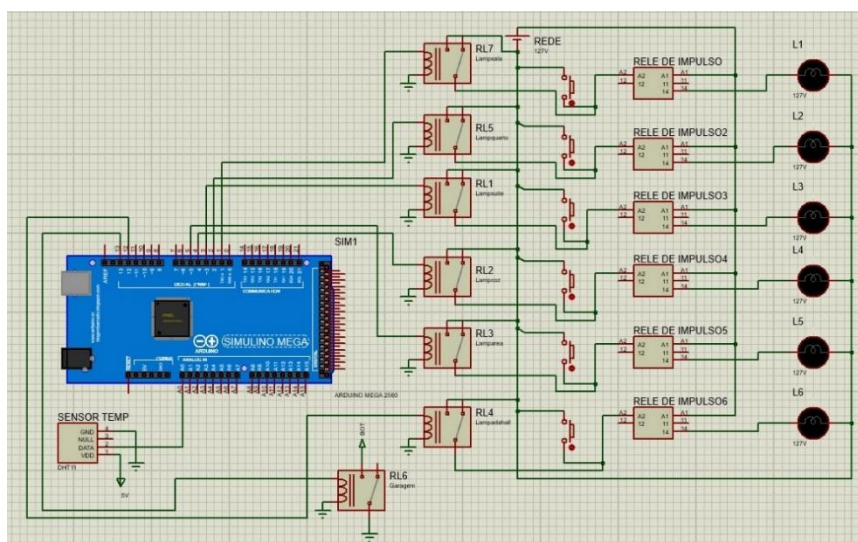


**Figura 31** – Relé de acionamento.  
**Fonte:** Saber elétrica, (s.d).

Para o acionamento através do aplicativo, foi preciso utilizar o módulo rele para os acionamentos, o módulo rele possui 10 entradas em sua placa, a primeira entrada é a alimentação pela fonte de 5 volts, a segunda entrada é o negativo da fonte e as 8 entradas restantes são as entradas digitais para acionamento dos reles, o Arduino envia um sinal de 5 volts através da saída digital e o rele libera a passagem de corrente para realizar o acionamento, o rele tem três terminais, um sendo o terminal comum, o terminal normal aberto e o terminal normal fechado, abaixo temos o módulo que utilizamos sendo o módulo rele de 8 canais.

Portanto primeiramente o Arduino envia o sinal para o modulo relé onde ele por sua vez fecha o contato de normal aberto para normal fechado passando assim a corrente para o rele de impulso acionando as lâmpadas, o circuito elétrico

demonstrando a ligação do módulo rele juntamente com o rele de impulso está na Figura 32.



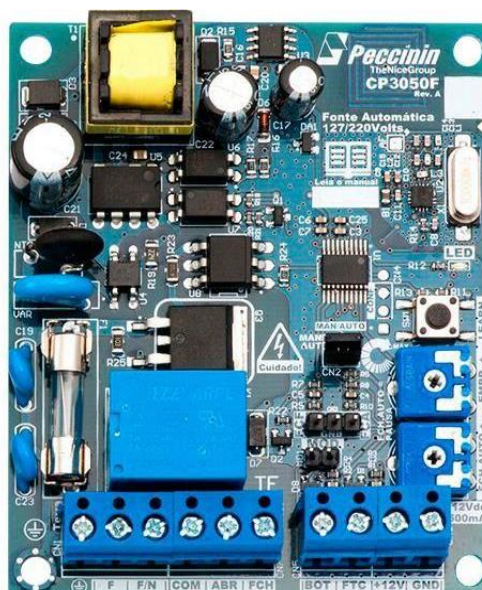
**Figura 32 -** Ligação elétrica do circuito.  
**Fonte:** Autor.

### 3.3.4 Acionamento do portão eletrônico

Foi utilizado um canal do módulo rele da Figura 33 para a abertura do portão eletrônico da garagem, o portão eletrônico é instalado com uma placa de controle permitindo o acionamento através de radiofrequência com controle, foi usado uma placa da Peccinin modelo cp3050F (Figura 34) para acionamento do motor elétrico do portão, para a abertura do portão será necessário fazer a seguinte ligação: No módulo rele ligamos o GND da placa de controle no normal fechado do módulo rele e ligamos o contato comum no contato BOT da placa, assim quando é acionado no aplicativo o Arduino mandará sinal para o módulo rele fazendo a comutação de contato e acionando assim o portão para abertura ou fechamento. A ligação do Arduino com o relé também é mostrada na Figura 32.



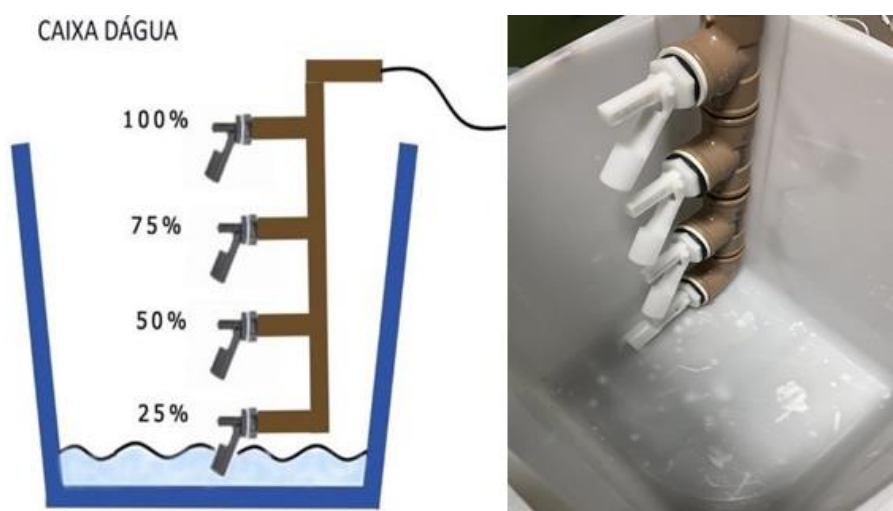
**Figura 33 –** Módulo relé.  
**Fonte:** Felipe Flop, (s.d).



**Figura 34** – Placa peccinin modelo cp3050F.  
**Fonte:** Braviseg, (2019).

### 3.3.5 Controle de nível da caixa de abastecimento

Para a automação e controle da caixa d'água temos uma caixa com água reaproveitada da chuva onde ao encher é feito dela uma cisterna, foi usado na caixa de abastecimento uma régua com conexões de PVC com 4 sensores para podermos medir 4 níveis de água, 100% que demonstra nossa caixa cheia, 75%, 50% que seria nossa caixa com metade da capacidade, 25% que seria a caixa vazia, na Figura 35 é a demonstração de como foi utilizado.



**Figura 35** – Caixa d'água do projeto.  
**Fonte:** Autor.

Com essa régua pode-se instalar facilmente, utilizando os sensores da ICOS mostrado na Figura 36.



**Figura 36** – Sensor ICOS.  
**Fonte:** Autor.

Como o sensor é semelhante a uma boia, o contato é fechado quando a água se sobrepõe a ele identificando no arduíno nível lógico 1, permitindo identificar em qual nível a água está, na figura 37 está a programação do controle de nível demonstrando quando a caixa está cheia e a programação completa se encontra em apêndices.

```
if ((digitalRead(sensor25) == 1) && (digitalRead(sensor50) == 1) && (digitalRead(sensor75) == 1) && (digitalRead(sensor100) == 1)) {
  digitalWrite(bomba,LOW); // DESLIGA A BOMBA
  digitalWrite(led25,HIGH); // LED VERMELHO ACESO
  digitalWrite(led50,HIGH); // LED LARANJA ACESO
  digitalWrite(led75,HIGH); // LED AMARELO ACESO
  digitalWrite(led100,HIGH); // LED VERDE ACESO
  Blynk.virtualWrite(5, 1024); //ENVIA AO WIDGET DO APLICATIVO A PORCENTAGEM DE AGUA DE 100%
}
```

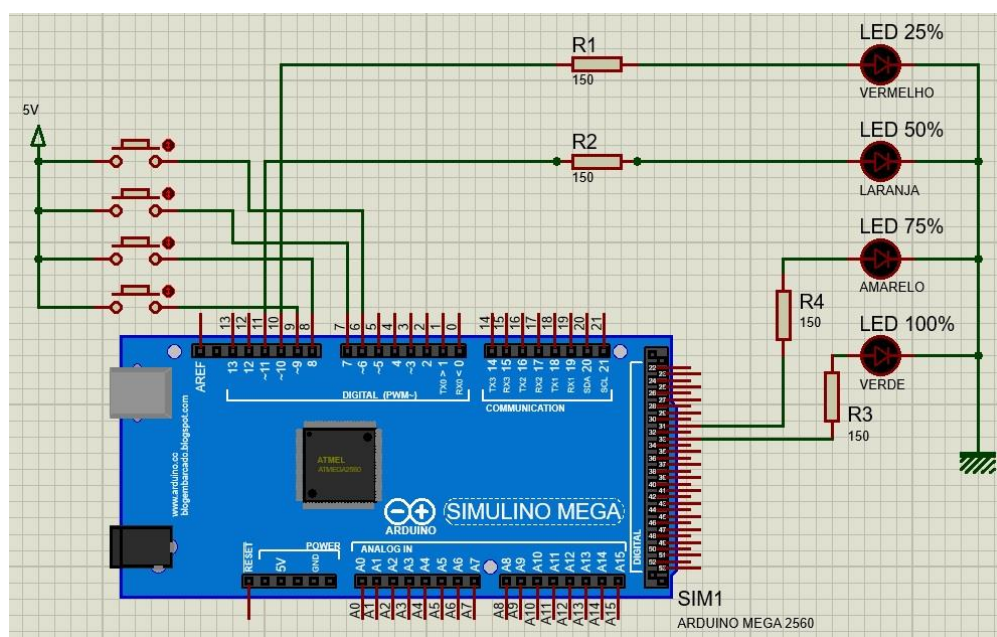
**Figura 37** – Controle de nível na programação.  
**Fonte:** Autor.

Também será mostrado o nível atual em tempo real do sistema de nível, quando temos a caixa vazia e o Arduino liga a bomba da cisterna automaticamente para que a caixa de abastecimento da residência possa ser completamente cheia e assim que a água chegue no sensor de 100% a bomba é desligada, na Figura 38 mostra como o sensor é utilizado, em seu estado normal o sensor tem seu contato como normal aberto e quando o nível da água

sobe o seu contato fecha identificando no Arduino. O circuito de ligação elétrica é demonstrado na Figura 39.



**Figura 38** – Sensor de nível  
Fonte: Eicos, (s.d).



**Figura 39** – Circuito de ligação elétrica.  
Fonte: Autor.

No diagrama tem-se os sensores simulados por um botão pulsador, que quando pressionado fecha o contato e quando solta o botão se abre o contato exatamente igual o sensor tipo boia utilizado que quando o nível da água sobe, fecha

o contato e quando o nível está vazio abre o contato, em seguida, os leds que demonstram o nível da caixa através de suas cores, led vermelho a caixa está vazia, led laranja a caixa está com metade da capacidade, led amarelo a caixa está em 75% de capacidade e o led verde que acende quando a caixa está cheia, antes de cada led há um resistor de 150 Ohms para limitação da corrente para o led e também o relé para acionar a bomba quando o nível está em 25%.

### 3.3.6 Cálculo de consumo

Com o amperímetro SCT-013 (Figura 40) é possível calcular os custos em tempo real aproximado da residência.



**Figura 40** – Sensor de corrente SCT-013.  
**Fonte:** Felipe Flop, (s.d).

Com ele é possível medir até 100 amperes de corrente sem que seja alterado o circuito original, ele é um sensor não invasivo, é colocado no cabo de alimentação geral da residência onde o Arduino mede continuamente o valor da corrente que se passa no circuito, com isso através do cálculo que foi demonstrado logo abaixo é possível através da programação mostrar no aplicativo o valor da conta de luz, o valor da tensão da residência é adotado valor fixo de 127 Volts e dentro da programação é feito o cálculo da potência.

Equação 1:

$$P = V * I (1)$$

P= Potência (W)

V= Tensão da rede(V)

I=Corrente IRMS(A)

Com o valor da potência pode calcular nossa energia consumida com a Equação 2:

$$E = P * T (2)$$

E= Energia consumida (KWh)

P= Potência em (KW)

T= Tempo em horas (h)

Com o valor da energia consumida multiplica-se pelo valor do KWh da companhia elétrica designada na conta de luz, atualmente na região do sul do estado o valor está em R\$1,08831, portanto para obter o valor final temos mostrado na Equação 3:

$$R\$ = E * 1,0831 (3)$$

R\$= valor final da conta de luz

E= energia consumida

A parte da programação que é feito esse cálculo é demonstrada na figura 41:

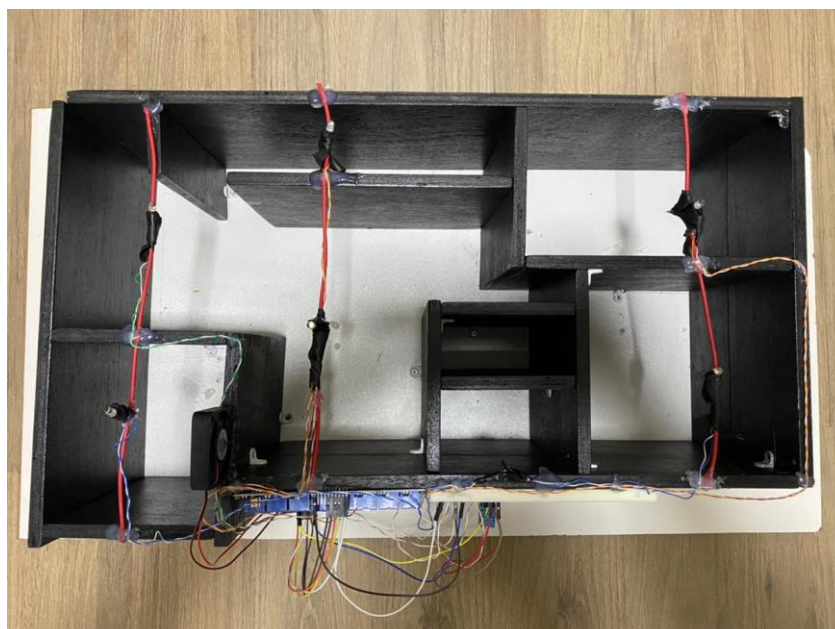
```
V double Irms = emon1.calcIrms(1480); // OBTÉM A LEITURA DA CORRENTE
const int potencia = Irms*rede; // CALCULA A POTÊNCIA
const int kw = potencia/1000; // FAZ A CONVERSÃO DE W PARA KW
const int conta = kw*1.08831; //CALCULA O GASTO
lcd.print(0,0,conta); // MOSTRA NO LCD DO APLICATIVO O GASTO
```

**Figura 41** – Cálculo de gasto na programação.  
**Fonte: Autor.**

Para exemplificar o desenvolvimento do projeto feito pelo Arduino, foi construída a maquete da casa automatizada em questão, onde foram feitas as automatizações descritas anteriormente e abaixo seguem as fotos do projeto finalizados.

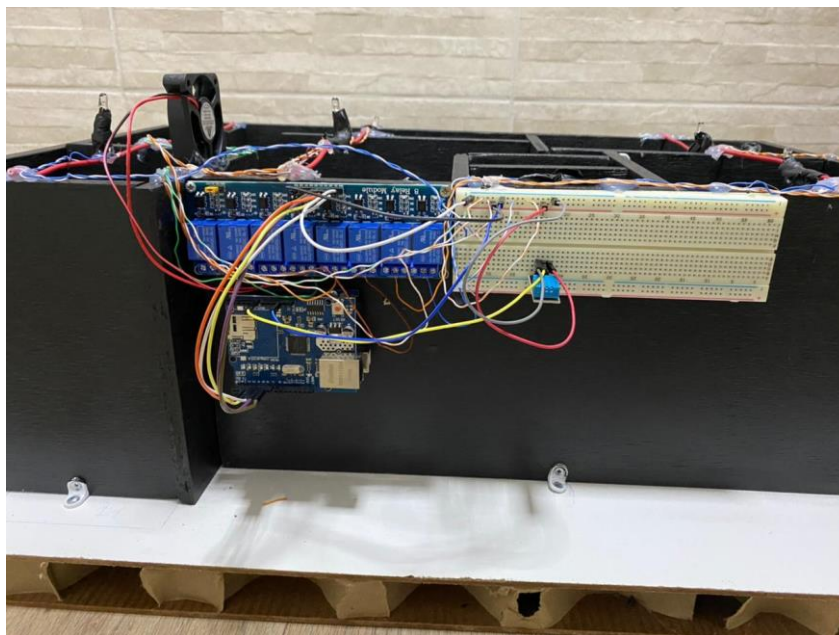
### 3.3.7 Protótipo

Para demonstrar o desenvolvimento do protótipo, foi construída a maquete da casa automatizada, onde foram feitas as automatizações descritas anteriormente e na Figura 42 e 43 é apresentado o projeto finalizado.



**Figura 42** – Protótipo finalizado.

**Fonte:** Autor.



**Figura 43** – Protótipo finalizado.  
**Fonte:** Autor.

### 3.4 Comparativo entre automação utilizando Arduino e Zigbee

Dentre os fatores que serão analisados em ambos os projetos neste tópico, o comparativo de custo com componentes é considerado na automação dos sistemas de iluminação, controle do ar-condicionado e o modulo do portão, que são objetivos abordados nos dois projetos, sem considerar as possíveis atualizações como controle de nível da caixa de água no Arduino, ou a fechadura biométrica no projeto com Zigbee. Abaixo se encontram na Tabela 2 e 3 o custo em ambos os projetos.

**Tabela 2** – Custo do projeto Zigbee.

Item	Unidade	Valor Unitário	Total
Hub	1	R\$ 137,70	R\$ 137,70
Interruptor Inteligente	10	R\$ 158,43	R\$ 1.584,30
Sensor de Presença	1	R\$ 112,75	R\$ 112,75
Tomada Inteligente	1	R\$ 189,00	R\$ 189,00
Sensor de Temp. e Umidade	1	R\$ 169,90	R\$ 169,90
Sensor de Porta e Janela	5	R\$ 84,00	R\$ 420,00
Relé Wi-Fi	1	R\$ 77,99	R\$ 77,99
Placa de Controle do portão	1	R\$ 372,17	R\$ 372,17
<b>Total</b>			<b>R\$ 3.063,81</b>

**Fonte:** Autor.

**Tabela 3 – Custo do projeto Arduino.**

<b>Item</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valor Unitário</b>	<b>Total</b>
Arduino Mega	1	R\$ 107,90	R\$ 107,90
ESP8266	1	R\$ 35,47	R\$ 35,47
Sensor de temp. e umidade DHT11	1	R\$ 21,50	R\$ 21,50
Relé de impulso Finder	10	R\$ 80,00	R\$ 800,00
Modulo com 8 relés	2	R\$ 49,90	R\$ 99,80
SCT-013	5	R\$ 48,00	R\$ 240,00
Placa de Controle do portão	1	R\$ 372,17	R\$ 372,17
<b>Total</b>			<b>R\$ 1676,84</b>

**Fonte:** Autor.

Considerando se os valores acima, o custo x benefício da automação com Arduino prova se melhor, pois gastando 45% a menos (R\$ 1386,97), consegue se atingir o objetivo proposto, porém para realizar o projeto no Arduino, deve se ter um conhecimento técnico prévio, para se realizar a programação e configuração dos sensores, enquanto o Zigbee, apesar de possui um custo mais elevado, possui uma fácil configuração, onde uma pessoa sem conhecimento prévio com algumas horas, consegue entender todo o sistema e configurar os sensores e rotinas.

O Zigbee é um protocolo sem fio, o que facilita muito na instalação dos seus componentes, onde além do hub cada sensor e atuador Zigbee, funciona como um repetidor o que aumenta o sinal de atuação da rede dentro das dependências da casa, uma rede Zigbee, pode ter até 65 mil dispositivos instalados, o que proporciona uma variedade imensa de possibilidades. Apesar do Arduino ter a possibilidade de trabalhar com dispositivos Wi-Fi e dispositivos Zigbee o que de certa forma adiciona ao Arduino maior compatibilidade com os diversos protocolos de comunicação no mercado, mas isso acrescentaria um custo muito elevado ao mesmo, o que igualaria o ao Zigbee em custo, por este motivo neste projeto uma desvantagem a se considerar seria a necessidade de utilizar cabos, o que acrescentaria um trabalho maior ao realizar o projeto, e ele não suportar uma gama tão grande de dispositivos quanto o Zigbee, por a placa Arduino Mega utilizada no projeto possuir limitações físicas, para receber e emitir sinais.

Por estar a mais tempo no mercado comum, o Arduino possui uma grande gama de dispositivos que podem ser integrados a ele, já o Zigbee, por ter sido inicialmente projetado para internet das coisas no meio industrial e só agora, estar sendo difundido no mercado comum, ele não possui uma gama de dispositivos tão

grandes disponíveis no mercado, o que torna necessária as vezes o uso de dispositivos controlados por protocolo Wi-Fi, o que gera uma perda no rendimento da rede Zigbee, quanto em velocidade quanto em consumo.

No consumo de energia elétrica, o Zigbee tem uma ligeira vantagem, pois a sua criação foi totalmente desenvolvida tendo como a ideia uma rede sem fio de baixo consumo, onde os dispositivos duram em média 5 anos, sem a necessidade de troca de baterias, já a placa Arduino apesar de possuir baixo consumo, o consumo total irá depender dos dispositivos que serão integrados ao seu sistema.

## 4 CONCLUSÃO

Após a conclusão do protótipo e testes envolvendo o mesmo, concluímos que o objetivo foi alcançado dentro do conceito proposto, pois foi possível demonstrar os meios técnicos que possibilitaram a automação residencial, tanto com a utilização do Arduino como ferramenta, quanto com o protocolo Zigbee e compará-los, onde concluiu-se que através do Arduino a automatização se torna mais acessível financeiramente devido ao custos dos equipamentos, sendo mais completa devido a quantidade e compatibilidade dos sensores e atuadores disponíveis no mercado.

Se faz necessário um conhecimento técnico prévio para o desenvolvimento com Arduino e seus componentes e um maior consumo de energia, já na implementação utilizando o protocolo Zigbee como meio para automatizar a residência, teria se um custo maior devido ao preço dos componentes e menos variedade de sensores e atuadores por ser uma tecnologia menos difundida até o momento, porém com um menor consumo de energia e maior praticidade na instalação e manutenção, devido a facilidade de se remover e instalar novos componentes e pela lógica do Zigbee ser feita de modo a que qualquer um possa programa-lo.

A automatização de residências é uma realidade inevitável, que um dia sem dúvidas irá se incorporar 100% a nossas vidas, fazendo parte dela assim como ocorreram com os automóveis, televisões e smartphones, assim como novas tecnologias que possibilitam tal automação irão surgir, cada uma com suas vantagens e desvantagens, sendo assim cabe ao dono do imóvel, optar pela que mais lhe satisfaça dentro de seus objetivos.

No caso do projeto apresentado optou se pela confecção do protótipo, utilizando Arduino, devido a relação custo x benefício ser mais vantajosa em relação ao Zigbee.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Larissa. **Rede de valores e o ecossistema big data: a internet das coisas aplicada à automação residencial**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

ARAÚJO, Julio Oliveira de Andrade et al. **Automação através de software conversacional: um estudo de caso em domótica**. 2020.

BOLZANI, Caio Augustus Morais. **Análise de arquiteturas e desenvolvimento de uma plataforma para residências inteligentes**. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BOLZANI, Caio Augustus Morais. **Residências inteligentes**. Editora Livraria da Física, 2004.

BRAVO, Diego M. et al. Dealing with Demand in Electric Grids with an Adaptive Consumption Management Platform. **Complexity**, v. 2018, 2018.

BRETERNITZ, J. V. **Domótica: as casas inteligentes**. 2001.

BROOKS, Rodney A. The intelligent room project. In: **Proceedings Second International Conference on Cognitive Technology Humanizing the Information Age**. IEEE, 1997. p. 271-278.

CARDOSO, Adilson Jair; ROSSO, Pedro Augusto. Automação predial utilizando o celular-Domótica. **Revista Técnico Científica do IFSC**, v. 1, n. 2, p. 28, 2012.

CARDOSO, David Luís. **Domótica Inteligente – Um Contributo Prático. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica de Computadores) – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD)**. Vila Real, 2019.

CARDOSO, Luiz Henrique Manica et al. **Proposta de um sistema de monitoramento residencial integrado aos serviços públicos de emergência**. 2017.

CARVALHO, S.S.C. e SILVA, I.V.F.S. **Domótica – Uma abordagem sobre redes, protocolos e soluções microprocessadas de baixo custo.** Revista Semana Acadêmica de Domótica. 2015.

CAVALLI, Thomas W.; HEINEN, Vinicius; RUARO, Marcelo. Domótica com baixo custo aplicada a sustentabilidade ecológica com auxílio de Inteligência Artificial. **Anais do Computer on the Beach**, p. 368-370, 2014.

CEDOM, Asociación Española de Domótica. **Domótica: Qué és domótica.** Disponível em: <http://www.cedom.es/que-es-domotica.php>. Acesso em: 15 de abril de 2021.

COSTA, Henrique Dariva Nascimento; MERINO, Régis Keller Zortéa; PEREIRA, Wellington Alves. **Desenvolvimento e análise de um sistema de automação predial utilizando uma central de controle via rede externa.** 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

CRUZ, Ariadne Arrais; LISBOA, Emerson Fausto. Webhome–automação residencial utilizando raspberry pi. **Revista Ciência e Tecnologia**, v. 17, n. 31, 2014.

CUNHA, W. S. Estudo da Inteligência Artificial aplicada em Internet das Coisas, voltada na Automação Residencial. **Revista Científica Semana Acadêmica. Fortaleza, ano MMXVIII**, n. 000121, 2018.

D'ANGELO, THIAGO. **Sistema domótico de baixo custo via android e Arduino simulado em uma maquete automatizada.** 2014.

DA SILVA, Arlete Vieira; DA SILVA, Margarete Diniz Braz; HONÓRIO, Rodrigo Luís Araújo. Desenvolvimento de um projeto opcional de automação residencial com ênfase em segurança. **e-xacta**, v. 4, n. 1, 2011.

DELSHEM, H. L.; JIPPING, M. J. **Programming Languages: Structures and models.** 2. ed. Boston: PWS Publishing Company, 1995.

DINIZ, Ivando Severino et al. Modelagem Computacional 4D Aplicada a Domotica. In: **Proceedings of the XV Congresso Internacional de Autornacao, Sistemas e Instrumentacao (ISA)** 2011.

DOERING, Thaíssa A.; CARMO, Alisson FC. Inteligência Artificial e Internet das Coisas aplicada a Automação Residencial. **ETIC-ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA-ISSN 21-76-8498**, v. 16, n. 16, 2020.

ENG, Kynan et al. Ada: Constructing a synthetic organism. In: **IEEE/RSJ international conference on intelligent robots and systems**. IEEE, 2002. p. 1808-1813.

ESTHER, B. Priya; KUMAR, K. Sathish. A survey on residential demand side management architecture, approaches, optimization models and methods. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 59, p. 342-351, 2016.

FERNANDES, Túlio Moreira; LUCCIA, Dante; RALL, Ricardo. Inteligência Artificial aplicada à Domótica: um sistema de autenticação baseado em reconhecimento facial integrado à plataforma Arduino. In: **VII JORNACITEC-Jornada Científica e Tecnológica**. 2018.

FONSECA, João José Saraiva. **Metodologia da Pesquisa Científica**. 2016.

FORTI, José Cândido, AURESIDE, **Principais Protocolos e Padrões Usados em Automação Residencial, Congresso BICSI 2001**, São Paulo, 2015.

FREITAS, C. C. L. et al. Automação Residencial-Uma abordagem em relação as atuais tecnologias e perspectivas para o futuro. **Instituto Federal do Pará**, p. 3-6, 2010.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. Organizadores. Métodos de pesquisa. **Porto Alegre: Editora UFRGS**, p. 31-32, 2019.

GOMES, Hugo Gabriel Lins. **Automação residencial usando tecnologia IEEE 802.15. 4 Zigbee**. 2011.

GUIMARÃES FILHO, Heli Teodoro; SOUZA, Rafael Vilela; JÚNIOR, Walteno Martins Parreira. Influência da domótica no mercado imobiliário: um estudo de caso. **Intercursos Revista Científica**, 2017.

HAACK, William et al. Security analysis of the Amazon echo. **Allen Institute for Artificial Intelligence**, p. 11, 2017.

LINS, Vitor; MOURA, Waldson. Domótica: Automação Residencial. **Recife, dez**, 2010.

MAYER, Daniel et al. **Uma metodologia para implantação de automação residencial em habitações sustentáveis de alto desempenho**. 2012.

MIZRAHI, V. V. **Treinamento em Linguagem C**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

NAZÁRIO, Abraão G. et al. Automação Domótica Simulada Utilizando Algoritmo Genético Especializado na Redução do Consumo de Energia. **Anais do Computer on the Beach**, p. 180-189, 2017.

PINHEIRO, José Maurício S. As redes com Zigbee. **Projeto de Redes**, v. 27, 2004.

RODRIGUES, Igor Duarte. **AIHC: Artificial Intelligence for Home Control**. 2018.

RUTISHAUSER, Ueli; SCHAFER, A. Adaptive Building Automation. A multi-agent approach. **Research project**, 2002.

SCHERER, F.; SOUSA, M. A. B.; IOSHIMOTO, E. **Sistemas de monitoração remota para sistemas prediais de elevada tecnologia**. CTAI Revista de automação e tecnologia da informação, Florianópolis, v. 1, n. 1, p. 17-22, jan.-jun. 2014. ISSN 1677-6496.

SCHILDT, H. C, **Completo e Total**. 3 ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 1997.

SGARBI, Julio André; TONIDANDEL, Flavio. Domótica Inteligente: Automação residencial baseada em comportamento. In: **Workshop de Teses e Dissertações em Inteligência Artificial, Ribeirão Preto, São Paulo**. 2006.

SIERRA, E. et al. Sistema experto para control inteligente de las variables ambientales de un edificio energéticamente eficiente. **Proceedings de la XI Reunión de Trabajo en Procesamiento de la Información y Control. Universidad Nacional de Río Cuarto. Pág**, p. 446-452, 2005.

SILVA, Luciano Luiz da. Desenvolvimento de uma solução para automação residencial usando a plataforma Android e Arduino. **Ciência da Computação-Pedra Branca**, 2013.

STOPPA, Marcelo H. et al. Domótica: Uma solução para a vida moderna–Automação residencial com controle via web. **Revista CEPPG-CESUC-Centro de Ensino Superior de Catalão**, 2013.

TAKIUCHI, Marcelo; MELO, Érica; TONIDANDEL, Flávio. Domótica inteligente: automação baseada em comportamento. **São Bernardo do Campo-SP: Centro Universitário da FEI**, 2004.

TERRA, Matheus Felipe et al. **Eficiência energética residencial por meio de inteligência artificial**. 2021.

TEZA, Vanderlei Rabelo et al. **Alguns aspectos sobre a automação residencial: domótica**. 2002.

TONIDANDEL, F.; TAKIUCHI, M.; MELO, E. Domótica Inteligente: Automação baseada em comportamento. In: **Congresso Brasileiro de Automática**. 2004.

## ANEXO 1 - Especificações técnicas Ethernet Shield W5100



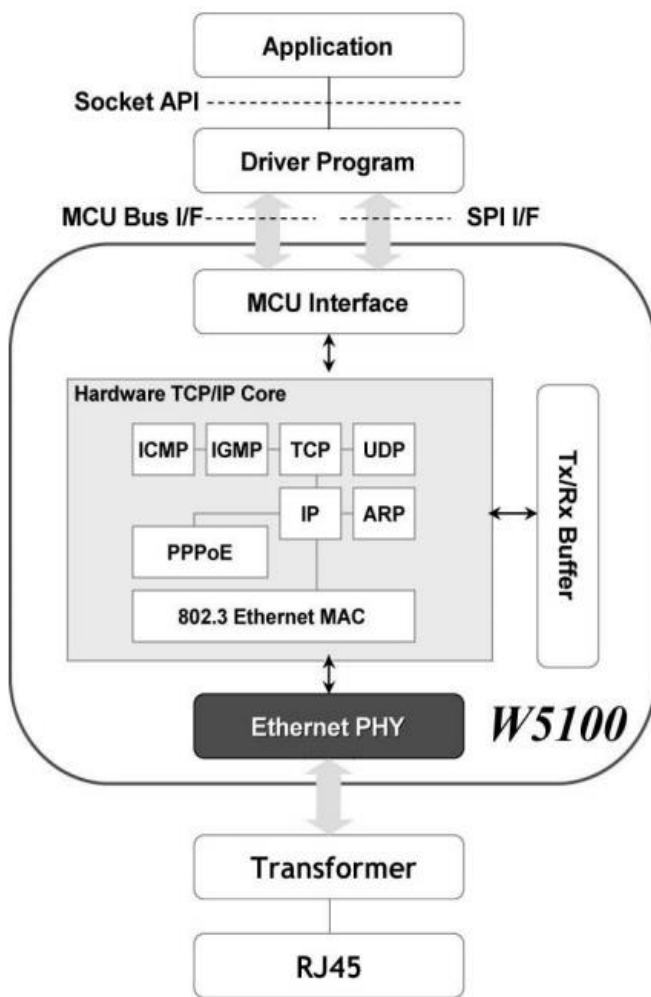
### Features

- Support Hardwired TCP/IP Protocols : TCP, UDP, ICMP, IPv4 ARP, IGMP, PPPoE, Ethernet
- 10BaseT/100BaseTX Ethernet PHY embedded
- Support Auto Negotiation (Full-duplex and half duplex)
- Support Auto MDI/MDIX
- Support ADSL connection (with support PPPoE Protocol with PAP/CHAP Authentication mode)
- Supports 4 independent sockets simultaneously
- Not support IP Fragmentation
- Internal 16Kbytes Memory for Tx/Rx Buffers
- 0.18  $\mu$ m CMOS technology
- 3.3V operation with 5V I/O signal tolerance
- Small 80 Pin LQFP Package
- Lead-Free Package
- Support Serial Peripheral Interface(SPI MODE 0, 3)
- Multi-function LED outputs (TX, RX, Full/Half duplex, Collision, Link, Speed)

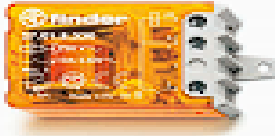







### Block Diagram

W5100 Datasheet

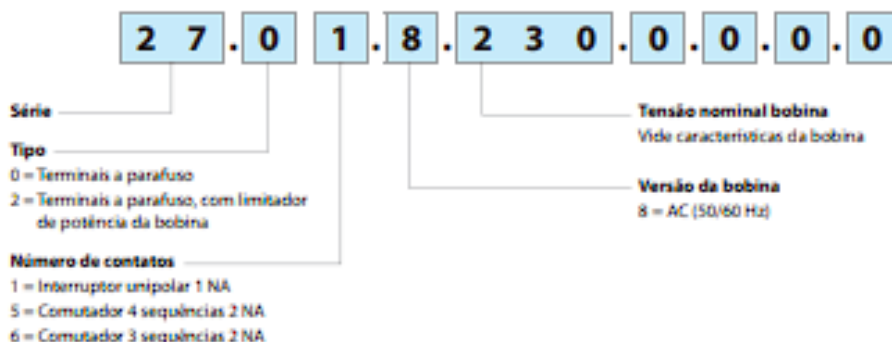


## ANEXO 2 - Datasheet do relé de pulso Finder

<p><b>1 ou 2 contatos - Relé de impulso eletromecânico com excitação comum entre o circuito da bobina e de contatos</b></p> <p><b>27.0x - Pode ser usado com 24 botões luminosos através do adaptador 027.00</b></p> <p><b>27.2x - Ligação com 15 botões luminosos sem adaptador</b></p> <p><b>- Com limitador de potência da bobina</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 seqüências disponíveis</li> <li>• Conexões com terminais a parafuso</li> <li>• Bobina AC</li> <li>• Montagem em painel ou embutido</li> <li>• Contatos sem Cádmio</li> <li>• Patente Italiana</li> </ul>	<p><b>27.0x</b></p>  <p>• 1 ou 2 contatos</p>	<p><b>27.2x EVO</b></p>  <p>• 1 ou 2 contatos Com limitador da potência da bobina</p>
	<p>27.0x / 2x Conexão a parafuso</p>  <p>Para as dimensões do produto vide a página 5</p>	<p>27.01</p>  <p>27.05 - 27.06</p> 
<b>Características dos contatos</b>		
Número de contatos	1 ou 2	
Corrente nominal/Máx corrente instantânea A	10/20	
Tensão nominal/Máx tensão comutável V AC	110/—   230/—	
Carga nominal em AC1 VA	1100   2300	
Carga nominal em AC15 VA	250   500	
Carga máx. da lâmpada:		
230 V Incandescente/halógena W	—   1000	
fluorescente com reator eletrônico W	200   400	
fluorescente com reator eletromagnético W	180   360	
CFL W	100   200	
LED 230 V W	—   200	
halógena ou LED com transformador eletrônico W	100   200	
halógena ou LED com transformador eletromagnético W	200   400	
Carga mínima comutável mW (V/mA)	10	
Material dos contatos standard	AgNi	
<b>Características da bobina</b>		
Tensão nominal (U <sub>b</sub> ) V AC (50/60 Hz)	110   230	
V DC	—	
Potência de excitação / em regime VA (50 Hz)	4/4	
Campo de funcionamento AC 50 Hz/AC 60 Hz	(0,8...1,1)U <sub>b</sub> / (0,85...1,1)U <sub>b</sub>	
DC	—	
<b>Características gerais</b>		
Vida mecânica AC/DC ciclos	300 · 10 <sup>3</sup>	
Vida elétrica a carga nominal em AC1 ciclos	100 · 10 <sup>3</sup>	
Número máximo de botões luminosos (≤ 1 mA)	4 (24 com adaptador 027.00)	
Mín./Máx. duração do impulso	0,1 s/1 h (segundo EN 60566)	
Temperatura ambiente °C	-40...+40	
Grau de proteção	IP 20	
<b>Homologações</b> (segundo o tipo)		

## Codificação

Exemplo: Série 27, terminais a parafuso, interruptor unipolar 1 NA - 10 A, alimentação 230 V AC.



## Características gerais

Outros dados		27.01, 27.21		27.05, 27.06, 27.25, 27.26	
Potência dissipada no ambiente com carga nominal e bobina desexcitada	W	0,9		1,8	
Torque	Nm	0,8		0,8	
Terminais guiados seção disponível		fio rígido	fio flexível	fio rígido	fio flexível
	mm <sup>2</sup>	2 x 2,5	1 x 4 / 2 x 2,5	2 x 2,5	1 x 4 / 2 x 2,5
	AWG	2 x 14	1 x 12 / 2 x 14	2 x 14	1 x 12 / 2 x 14

## Características da bobina

Tipos 27.01, 27.05, 27.06

Tensão nominal $U_b$	Código bobina	Campo de funcionamento (50 Hz)		Resistência $R$	Corrente nominal $I$ a $U_b$ (50 Hz) $I_a$
		$U_{min}$	$U_{max}$		
V		V	V	$\Omega$	mA
110	8.110	88	121	1400	42,0
230	8.230	184	253	6500	17,5

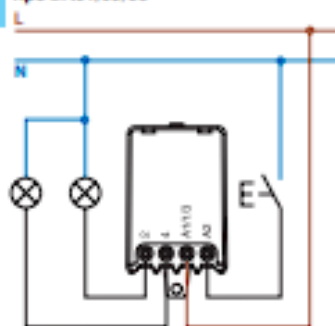
Tipo	Número de impulsos	Seqüências			
		1	2	3	4
27.01/21	2				
27.05/25	4				
27.06/26	3				

Tipos 27.21, 27.25, 27.26

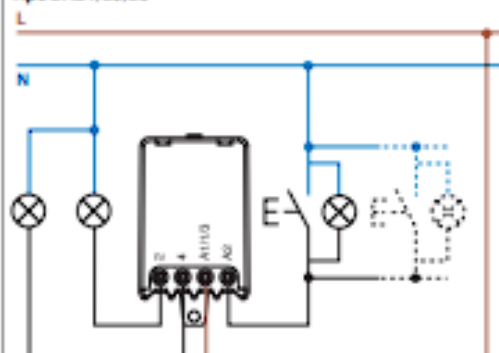
Tensão nominal $U_b$	Código bobina	Campo de funcionamento (50 Hz)		Resistência $R$	Corrente nominal excitação	
		$U_{min}$	$U_{max}$		$I$ a $U_b$ (50 Hz) $I_a$	contínua $I$ a $U_b$ (50 Hz) $I_c$
V		V	V	$\Omega$	mA	mA
230	8.230	184	253	1250	100	4

## Esquema de ligação

Tipo 27.01/05/06



Tipo 27.21/25/26



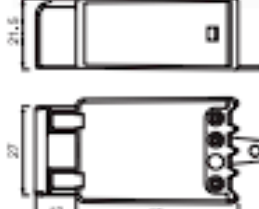
## Acessórios para tipos 27.01, 27.05, 27.06

### Módulo para pulsadores luminosos (230 V AC)



#### Tipo 027.00

Em caso de utilização do relé Série 27 com pulsadores luminosos, é necessária a montagem de módulo capacitor em paralelo à bobina do relé (até 24 pulsadores luminosos de 1 mA máx 230 V).  
O módulo deve ser inserido diretamente no relé.

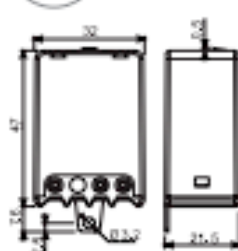


Tipo 27.0x + 027.00

## Dimensões do produto

Tipo 27.0x / 2x

Conexão a parafuso



## APÊNDICE A – Programação

```

include <SPI.h> // INCLUSÃO DE BIBLIOTECA SHIELD ETHERNET
#include <Ethernet.h> // INCLUSÃO DE BIBLIOTECA SHIELD ETHERNET
#include <BlynkSimpleEthernet.h> // INCLUSÃO DE BIBLIOTECA
APLICATIVO BLYNK
#include "dht.h" //INCLUSÃO DE BIBLIOTECA DHT 11
#include "EmonLib.h" // INCLUSÃO DE BIBLIOTECA SENSOR DE
CORRENTE
char auth[] = "xWPu9iCVRjgaIKUV_A04j6zivBqNTi_w"; //AUTH TOKEN
(FORNECIDO PELO PROJETO NO BLYNK E POR E-MAIL)
BlynkTimer timer; //OBJETO DO TIPO BlynkTimer
dht DHT; //VARIÁVEL DO TIPO DHT
const int pinoDHT11 = A0; //ENTRADA ANALÓGICA UTILIZADA PELO DHT11
const int lampsala = 2; //SAÍDA DIGITAL UTILIZADA PELO MÓDULO RELÉ
QUE LIGA A LAMPADA DA SALA
const int lampquarto = 3; //SAÍDA DIGITAL UTILIZADA PELO MÓDULO RELÉ
QUE LIGA A LAMPADA DO QUARTO
const int lampsuite = 4; //SAÍDA DIGITAL UTILIZADA PELO MÓDULO RELÉ
QUE LIGA A LAMPADA DA SUITE
const int lampcoz = 5; //SAÍDA DIGITAL UTILIZADA PELO MÓDULO RELÉ
QUE LIGA A LAMPADA DA COZINHA
const int lamphall = 6; //SAÍDA DIGITAL UTILIZADA PELO MÓDULO RELÉ
QUE LIGA A LAMPADA DO HALL
const int lamparea = 7; //SAÍDA DIGITAL UTILIZADA PELO MÓDULO RELÉ
QUE LIGA A LAMPADA DA AREA
const int garagem = 8; //SAÍDA DIGITAL UTILIZADA PELO MÓDULO RELÉ
QUE ABRE O PORTAO DA GARAGEM
const int sensordecorrente = A1; // SENSOR DE CORRENTE PARA CÁLCULO
DA ENERGIA CONSUMIDA
const int sensor25=10; // ENTRADA DIGITAL PARA O SENSOR DA CAIXA
25%

```

```

const int sensor50=11; // ENTRADA DIGITAL PARA O SENSOR DA CAIXA
50%
const int sensor75=12; // ENTRADA DIGITAL PARA O SENSOR DA CAIXA
75%
const int sensor100=13; // ENTRADA DIGITAL PARA O SENSOR DA CAIXA
100%
const int led25=14; // SAÍDA DIGITAL UTILIZADO PARA ACENDER O LED
VERMELHO MOSTRANDO QUE A CAIXA ESTA VAZIA
const int led50=15; //SAÍDA DIGITAL UTILIZADO PARA ACENDER O LED
LARANJA MOSTRANDO QUE A CAIXA ESTA PELA METADE
const int led75=16; //SAÍDA DIGITAL UTILIZADO PARA ACENDER O LED
AMARELO MOSTRANDO QUE A CAIXA QUASE CHEIA
const int led100=17; //SAÍDA DIGITAL UTILIZADO PARA ACENDER O LED
VERDE MOSTRANDO QUE A CAIXA ESTA CHEIA
const int bomba=18; // SAÍDA UTILIZADO PARA ACIONAR A BOMBA DAGUA
const int arcondicionado = 19; // SAÍDA QUE LIGA O AR CONDICIONADO
const int chavefimdecorso = 20; // SENSOR FIM DE CURSO
const int chavefimdecorsojanela = 21; // SENSOR FIM DE CURSO
const int rede = 127; // TENSÃO DA REDE
unsigned long millisportaaberta = millis();
EnergyMonitor emon1;
WidgetLCD lcd(V3); // ETRADA VIRTUAL DO LCD DO APLICATIVO
void setup(){
pinMode(pinoDHT11, INPUT); //DECLARA O PINO COMO ENTRADA
pinMode(lampquarto, OUTPUT); //DECLARA O PINO COMO SAÍDA
pinMode(lampsuite, OUTPUT); //DECLARA O PINO COMO SAÍDA
pinMode(lampcoz, OUTPUT); //DECLARA O PINO COMO SAÍDA
pinMode(lamphall, OUTPUT); //DECLARA O PINO COMO SAÍDA
pinMode(lamparea, OUTPUT); //DECLARA O PINO COMO SAÍDA
pinMode(garagem, OUTPUT); //DECLARA O PINO COMO SAÍDA
pinMode(sensor25, INPUT); //DECLARA O PINO COMO ENTRADA
pinMode(sensor50, INPUT); //DECLARA O PINO COMO SAÍDA
pinMode(sensor75, INPUT); //DECLARA O PINO COMO SAÍDA
pinMode(sensor100, INPUT); //DECLARA O PINO COMO SAÍDA

```

```

pinMode(led25, OUTPUT); //DECLARA O PINO COMO SAÍDA
pinMode(led50, OUTPUT); //DECLARA O PINO COMO SAÍDA
pinMode(led75, OUTPUT); //DECLARA O PINO COMO SAÍDA
pinMode(led100, OUTPUT); //DECLARA O PINO COMO SAÍDA
pinMode(bomba, OUTPUT); //DECLARA O PINO COMO SAÍDA
pinMode(arcondicionado, OUTPUT); //DECLARA O PINO COMO SAÍDA
pinMode(chavefimdecorso, OUTPUT); //DECLARA O PINO COMO
ENTRADA
Serial.begin(9600);
Blynk.begin(auth);
emon1.current(sensordecorrente, 60); // CONFIGURA O SENSOR DE
CORRENTE
timer.setInterval(1000L, sendUptime); //DEFINE O INTERVALO DE 1
SEGUNDO(1000L = 1000 MILISSEGUNDOS)
//PARA EXECUÇÃO DA FUNÇÃO sendUptime
digitalWrite(lampsala, LOW); //INICIA DESLIGADO
digitalWrite(lampquarto, LOW); //INICIA DESLIGADO
digitalWrite(lampsuite, LOW); //INICIA DESLIGADO
digitalWrite(lampcoz, LOW); //INICIA DESLIGADO
digitalWrite(lamphall, LOW); //INICIA DESLIGADO
digitalWrite(lamparea, LOW); //INICIA DESLIGADO
digitalWrite(garagem, LOW); //INICIA DESLIGADO
}
void sendUptime(){ //FUNÇÃO QUE OBTÉM A TEMPERATURA / UMIDADE E
ENVIA O VALOR OBTIDO PARA OS WIDGETs GAUGE
DHT.read11(pinoDHT11); //LÊ AS INFORMAÇÕES DO SENSOR
Blynk.virtualWrite(1, DHT.temperature); //ENVIA AO WIDGET GAUGE (PINO
VIRTUAL 1) O VALOR DA TEMPERATURA
Blynk.virtualWrite(2, DHT.humidity); //ENVIA AO WIDGET GAUGE (PINO
VIRTUAL 2) O VALOR DA UMIDADE
}
void loop(){
Blynk.run(); //INICIALIZA O BLYNK
timer.run(); //INICIALIZA O TIMER

```

```

double Irms = emon1.calcIrms(1480); // OBTÉM A LEITURA DA CORRINTE
const int potencia = Irms*rede; // CALCULA A POTÊNCIA
const int kw = potencia/1000; // FAZ A CONVERSÃO DE W PARA KW
const int conta = kw*1.08831; //CALCULA O GASTO
lcd.print(0,0,conta); // MOSTRA NO LCD DO APLICATIVO O GASTO
if (DHT.read11(pinoDHT11) == 23){
    digitalWrite(arcondicionado,HIGH); // LIGA O AR CONDICIONADO SE A
LEITURA DO SENSOR FOR IGUAL A 23 GRAUS
}
if (DHT.read11(pinoDHT11) == 21){
    digitalWrite(arcondicionado,LOW); // DESLIGA O AR CONDICIONADO SE A
LEITURA DO SENSOR FOR IGUAL A 21 GRAUS
}
if (digitalRead(chavefimdecorso == 1) or (digitalRead(chavefimdecorsojanela)
== 0))
{
    digitalWrite(arcondicionado,HIGH); // CONDIÇÃO DE QUE SE AS PORTAS E
JANELAS ESTÃO FECHADAS O AR CONDICIONADO É LIGADO
}
if (digitalRead(chavefimdecorso == 0) or (digitalRead(chavefimdecorsojanela)
== 0)){
    if ((millis() - millisportaaberta)>20000)
    {
        digitalWrite(arcondicionado,LOW); // CONDIÇÃO DE QUE SE PORTAS E
JANELAS ESTÃO ABERTAS O AR CONDICIONADO É DESLIGADO
    }
}

if ((digitalRead(sensor25) == 1) && (digitalRead(sensor50) == 1) &&
(digitalRead(sensor75) == 1) && (digitalRead(sensor100) == 1)) {
    digitalWrite(bomba,LOW); // DESLIGA A BOMBA
    digitalWrite(led25,HIGH); // LED VERMELHO ACESO
    digitalWrite(led50,HIGH); // LED LARANJA ACESO
    digitalWrite(led75,HIGH); // LED AMARELO ACESO
    digitalWrite(led100,HIGH); // LED VERDE ACESO
}

```

```

    Blynk.virtualWrite(5, 1024); //ENVIA AO WIDGET DO APLICATIVO A
    PORCENTAGEM DE AGUA DE 100%
  }
  else if ((digitalRead(sensor25) == 1) && (digitalRead(sensor50) == 1) &&
(digitalRead(sensor75) == 1) && (digitalRead(sensor100) == 0)) {
    digitalWrite(led25,HIGH);
    digitalWrite(led50,HIGH);
    digitalWrite(led75,HIGH);
    digitalWrite(led100,LOW);
    Blynk.virtualWrite(5, 768); //ENVIA AO WIDGET DO APLICATIVO A
    PORCENTAGEM DE AGUA DE 75%
  }
  else if ((digitalRead(sensor25) == 1) && (digitalRead(sensor50) == 1) &&
(digitalRead(sensor75) == 0) && (digitalRead(sensor100) == 0)) {
    digitalWrite(led25,HIGH);
    digitalWrite(led50,HIGH);
    digitalWrite(led75,LOW);
    digitalWrite(led100,LOW);
    Blynk.virtualWrite(5, 512); //ENVIA AO WIDGET LEVEL A PORCENTAGEM
    DE AGUA DE 50%
  }
  else if ((digitalRead(sensor25) == 1) && (digitalRead(sensor50) == 0) &&
(digitalRead(sensor75) == 0) && (digitalRead(sensor100) == 0)) {
    digitalWrite(bomba,HIGH);
    digitalWrite(led25,HIGH);
    digitalWrite(led50,LOW);
    digitalWrite(led75,LOW);
    digitalWrite(led100,LOW);
    Blynk.virtualWrite(5, 256); //ENVIA AO WIDGET LEVEL A PORCENTAGEM
    DE AGUA DE 25%
  }
}
}

```