

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS**  
ESCOLA POLITÉCNICA / ENGENHARIA ELÉTRICA  
Trabalho Final de Curso II

**João Pedro Amorim Cirqueira**  
**Otávio Cordeiro de Almeida Filho**

**AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL POR CONTROLE DE VOZ**

Trabalho Final de Curso como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica apresentado à Pontifícia Universidade Católica de Goiás.

**BANCA EXAMINADORA:**

Prof. Me. Gustavo Siqueira Vinhal – Orientador. PUC – Goiás.  
Prof. Dr. Wanderson Rainer Hilario Araújo. PUC – Goiás.  
Prof. Me. Carlos Alberto Vasconcelos Bezerra. PUC – Goiás.

Goiânia, 10 de dezembro de 2021.

# AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL POR CONTROLE DE VOZ

Cirqueira, João P. A., Filho, Otávio C. de A., Vinha, Gustavo S., Araújo, Wanderson R. H., Bezerra, Carlos A. V.

**Resumo**— A busca pelo conforto e facilidade nos afazeres do dia a dia dentro de casa tem aumentado cada vez mais ao decorrer dos últimos anos. A constante evolução da Internet das Coisas e da automação vem mudando o conceito e a forma de como se conecta com o mundo ao redor. O nome domótica une os conceitos de automação residencial e IoT, entregando à população tais comodidades. Existem no mercado alguns dispositivos inteligentes, controlados por voz, como lâmpadas ou tomadas, capazes de realizar estas funções, porém geralmente o preço é ligeiramente alto, o que tornaria a automação de um único cômodo por exemplo, demasiadamente caro. Pensando nisso, a proposta deste trabalho é desenvolver uma plataforma com melhor custo-benefício, customizável, integrando a placa NodeMCU ESP8266, também controlada por voz, com no mínimo três pontos disponíveis para integração em tomadas, lâmpadas ou ventiladores, verificando a viabilidade financeira e estudo de materiais. Esse objetivo se desenvolveu na aquisição, estudo, montagem e execução de todo o sistema resultando assim na funcionalidade proposta.

**Abstract**— The search for comfort and ease in the daily tasks at home has increased more and more over the last few years. The constant evolution of the Internet of Things and automation is changing the concept and the way it connects with the world around it. The name home automation unites the concepts of home automation and IoT, delivering such amenities to the population. There are some intelligent voice-controlled devices on the market, such as lamps or sockets, capable of performing these functions, but generally the price is slightly high, which would make the automation of a single room, for example, too expensive. With this in mind, the purpose of this work is to develop a more cost-effective platform, integrating the NodeMCU ESP8266 board, also controlled by voice, with at least three points available for integration in sockets, lamps or fans, verifying the financial feasibility and study of materials. This objective will be developed in the acquisition, study, assembly and execution of the entire system, thus resulting in the proposed functionality.

## I. INTRODUÇÃO

A crescente inovação no mercado de tecnologia, vem modificando a sociedade atual na forma de viver e de se relacionar, incentivando a busca por maior conforto e facilidade no que se diz respeito ao esforço físico e mental [1]. A automação residencial é um dos processos que entrega tal comodidade à população, e vem ganhando cada vez mais espaço e popularidade no mercado. Dados da Associação Brasileira de Automação Residencial e Predial (AURESIDE) apontam um crescimento de 12,5 % ao ano no mercado global, entre 2015 a 2022. No ano de 2021 o país conseguiu a conquista de uma lei direcionada à área da Internet das Coisas (Internet of Things – IoT), justificando, assim, o crescimento da área de automação residencial. Foi projetado que, até o ano de 2025, haja um crescimento de 178% [2].

A IoT, em síntese, é a comunicação de objetos físicos que, por meio da internet, possuem a capacidade de se comunicarem entre si. Além disso, há comunicação com o próprio usuário, sendo feito mediante a *software* ou sensores inteligentes capazes de transmitir seus dados a uma rede [4, 21]. O desenvolvimento da IoT resultou em uma nova forma para a automação residencial, a domótica [3].

A domótica é um neologismo vindo da junção de *domus*

(casa) e a palavra robótica que remete à automatização de processos. Além de processos simples de controle de iluminação ou mesmo o fechamento de cortinas por meio de uma automatização, pode-se, mediante a situação global de pandemia, identificar novos processos adequados a uma casa, bem como um sistema auxiliar de higienização [5].

Hoje em dia existem tecnologias inteligentes capazes de efetuar tais processos. Pode-se ter sistemas inteiros interligados em uma residência, sendo controlados por uma assistente inteligente [6]. Existem diversos tipos de assistentes virtuais/inteligentes como, por exemplo, a Alexa (de propriedade e distribuição da Amazon), Siri (que integra o sistema operacional iOS distribuído pela Apple), Cortana (que integra o sistema operacional Windows distribuído pela Microsoft), entre outros [7]. Esses softwares e dispositivos possuem a capacidade de se comunicarem e efetuarem ações com objetos inteligentes em uma residência, como lâmpadas, controlando sua luminosidade ou intensidade através de comandos por voz [5], porém o valor destes itens é relativamente caro, comparados com a realidade brasileira, e o preço para automatização de um único cômodo, seria alto.

O objetivo deste trabalho é desenvolver um sistema de automação de baixo custo para iluminação e força de uma residência utilizando o contato com a assistente virtual Alexa. A ideia principal é desenvolver um sistema de baixo custo em relação aos já encontrados no mercado. Considerando não apenas o hardware, mas detalhes importantes que envolvam toda automatização de um dado espaço.

## II. AGENTES INTELIGENTES

A evolução da IoT trouxe consigo diversos dispositivos facilitadores para o cotidiano da vida humana no âmbito empresarial e residencial. Entre estes, estão os assistentes virtuais inteligentes. Utilitários com *software* baseado em inteligência artificial, estes auxiliares conseguem realizar diferentes funções, variando desde a automatização de um *chat* empresarial, respondendo e interpretando perguntas, atéligar e controlar dispositivos inteligentes, com os *gadgets* acionados por voz. A ideia por trás deste processo é simplificar atividades cotidianas para o residente de uma casa, ou para uma empresa, gerando maior conforto e reduzindo custos [8].

Atualmente existem dois tipos de assistentes: os inteligentes e os virtuais. Suas diferenças estão onde estão presentes e como estão presentes. Assistentes virtuais são assistentes que se encontra em *smartwatch*, aparelhos celulares e computadores, em formas de *softwares*. O Microsoft Windows possui sua assistente chamada Cortana, presente em computadores. Sua concorrente, a Apple também tem sua assistente virtual, a Siri. O que diferente da Cortana pode ser ainda uma assistente inteligente. Em certos casos esses assistentes virtuais são as mesmas inteligências artificiais presentes em assistentes inteligente, que são dispositivos voltados a auxiliar em tarefas dentro de um espaço físico podendo ser feito sem o uso do celular ou por comando de voz. O dispositivo Homepod utiliza a

Inteligência Artificial (IA) Siri. Além dele, ainda se encontra no mercado a Alexa, presente nos dispositivos Echo distribuídos pela empresa Amazon. Há também um assistente inteligente da Google, conhecido como Google Home [9].

Esses dispositivos possuem uma IA que, por meio de aprendizado de máquina, possui a capacidade de se adaptar ao seu proprietário. Tal ação ocorre, pois os aparelhos conseguem compreender o que o usuário está falando mesmo que uma palavra seja dita de forma errada, pois o processo de *Machine Learning* consiste em entender os dados de entrada e entregar saídas que satisfaçam o problema [10, 11].

A utilização desses tipos de dispositivos tem ganhado cada vez mais notoriedade. Durante o ano de 2019 houve um aumento de 70% nas vendas de produtos desse modelo. Esse crescimento não perdeu força durante o período de pandemia no ano de 2020 [10]. O futuro para esse tipo de tecnologia apresenta ser bastante promissor, devido ao rápido desenvolvimento dos próprios equipamentos e de tecnologias antes não comunicáveis com os dispositivos, fazendo assim novas utilizadas e funções serem acrescentadas [12].

### III. JUSTIFICATIVA ECONÔMICA

Para verificar a viabilidade do projeto, foram elencados os preços dos componentes eletrônicos necessários para o dispositivo. A Tabela 1 apresenta os valores dos componentes.

Tabela 1 – Valores e componentes dos componentes dos circuitos do projeto.

Fonte: Autoria própria

Itens	Quantidade	Preço
NodeMCU ESP8266	1	R\$27,00
Módulo Dimmer	1	R\$45,50
Módulo relé dois canais	1	R\$15,00
Protoboard	1	R\$17,00
<b>Total</b>		<b>R\$104,00</b>

Foi realizada uma análise mercadológica para verificação da viabilidade desse trabalho. Existem no mercado kits com valor médio de R\$ 318,90 (valor referente a data de acesso) composto por 2 lâmpadas e 2 *plug*'s inteligentes, com o pretexto de fácil instalação fazendo o custo de instalação ser variável de usuário para usuário [13]. Ainda é possível comprar componentes inteligentes individualmente. No mercado é possível encontrar lâmpadas *Smart*, variando entre R\$ 64,99 [14] até R\$ 142,85 [15]; *plug*'s e tomadas inteligentes também podem ser encontrados entre R\$69,90 [16] até R\$179,00 [17] (valores referentes a data de acesso).

Existe ainda a opção de compra do dispositivo de assistente Alexa, que possui os valores de R\$ 331,55 [18] até R\$ 474,05 [19] (valores referentes a data de acesso). O *EchoDot* da Amazon é opcional, pois é possível realizar o controle destes dispositivos inteligentes, via aplicativo em *smartfone*.

A Tabela 2 apresenta os comparativos entre os valores de mercado citados em relação ao preço estimado do projeto em desenvolvimento. O “kit” refere-se ao kit consultado na internet. “Und. Luz” se refere as lâmpadas inteligentes e “Und. Força” refere-se aos *plugs* e tomadas inteligentes.

Tabela 2 – Comparativo da média de valores com 1 módulo relé de dois canais.

Fonte: Autoria própria

Sistema de automação	Quantidade	Qtd. De circuitos	Valor
Tabela 1	1	4 (Variado)	R\$ 150,00
Kit	1	4 (2 luz/2 Força)	R\$ 318,90
Und. Luz	1	1 (Luz)	R\$ 103,92
Und. Força	1	1 (Força)	R\$ 124,45

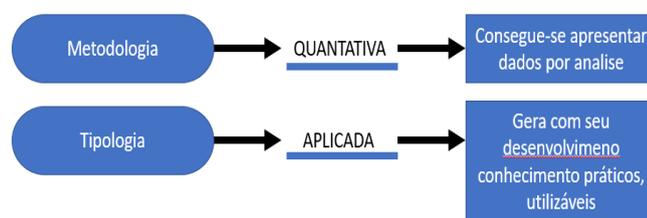
De acordo com a Tabela 2 é possível observar que o valor encontrado não foge dos valores padrões, ou seja, tal circuito se mostra de fato viável.

### IV. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia do desenvolvimento deste trabalho tem como fundamento o método quantitativo, por meio de aquisição de conteúdos passíveis de quantização, sendo assim houve o esforço para entender e explicar o funcionamento do circuito implementado bem como o código utilizado, ou seja, descrever de forma clara o sistema estudado [20, 21].

Ainda, quanto a tipologia deste artigo, tem-se o intuito de efetuar a montagem de um sistema que tem como finalidade a solução de um dado problema, como a facilitação de tarefas do dia a dia, fazendo com que esse se categorize em um modelo de conteúdo aplicado [20].

O fluxograma abaixo simplifica quanto a metodologia e tipologia deste trabalho.



Fluxograma 1: Metodologia e Tipologia

Fonte: Autoria própria.

Já para a construção do projeto, foi necessário o estudo de alguns itens fundamentais, descritos a seguir.

#### A. Módulo WiFi ESP8266 NodeMcu ESP-12

Fabricado pela empresa Espressif, o módulo NodeMCU conta com o microcontrolador ESP8266 com capacidade de processamento de 32 bits [22]. Seu baixo consumo de energia o torna bastante atrativo, sendo necessário apenas 3,3 V para sua alimentação, conforme demonstrado na Tabela 4. A interface USB pode ser usada para carregar a programação do micro, através de comunicação com computadores. Dispõe de cerca de 17 pinos, configurados como I/Os, contendo entre eles 4 interfaces de PWM (Pulse-Width Modulation) e 1 interface analógica [23, 24], evidenciado na Figura 1.

Devido ao preço acessível e a facilidade de programação em diferentes ambientes de desenvolvimento, a placa NodeMCU ESP 8266 foi escolhida para o desenvolvimento do projeto.

Tabela 3 – Características do módulo Wi-fi. Fonte: [22]

Tensão	3,3V
Consumo de Corrente	10 $\mu$ A
Memória Flash	16MB max (512k normal)
Processador	Tensílica L106 32 bit
Velocidade do processador	80-160 MHz
RAM	32K + 80K
GPIOs	17(multiplexada com outras funções)
Analogico para digital	1 entrada com 1024 de resolução
Suporte 802.11	b/g/n/d/e/i/k/r
Máxima de conexão simultânea TCP	5

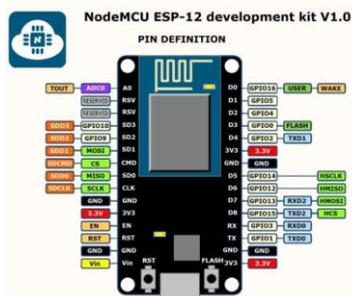


Fig. 1. Módulo Wi-fi. Fonte: [27]

É necessário salientar que a família ESP conta com diversas variantes, desde a mais simples, como a ESP-01, mais utilizada como módulo de comunicação WiFi, até as mais complexas como ESP-12-E e ESP 12-F, construídas com intuito de serem integradas a placas de circuitos impressos [24]. Todas as variantes contam com um módulo WiFi integrado, porém o ESP-12, é o que entrega maior possibilidade de integração a dispositivos externos, e juntamente com a plataforma NodeMCU consegue extrair ao máximo as funções do micro ESP8266 [22, 24].

As funcionalidades citadas tornam o módulo viável para o desenvolvimento de projetos voltados para IoTs e automação [22], além de que sua programação pode ser feita em LUA ou no IDE do Arduino [24], o que é interessante, pois a programação no Arduino é relativamente fácil.

É importante evidenciar que esse microcontrolador possui apenas 5 conexões simultâneas que suportam comunicações TCP (*Transmission Control Protocol*) e UDP (*User datagram protocol*) [25]. Isso limita a capacidade de comunicações com outros servidores ou PC's (*Personal Computers*), contribuindo negativamente em uma possível automação em grande escala utilizando do sistema de conexões do ESP8266 [26].

### B. Módulo Dimmer

O módulo dimmer é capaz de controlar a potência em cargas de Corrente Alternada (CA), como lâmpadas específicas ou ventiladores, tendo ainda um uso relacionado à economia de energia da lâmpada no qual atua [28]. O módulo pode ser integrado a um microcontrolador, sendo comumente aplicado em projetos de automação como chocadeiras elétricas e demais locais com controle de temperatura via lâmpadas incandescentes [29]. O intuito da utilização do módulo dimmer neste projeto é controlar a intensidade de luz em lâmpadas LEDs dimerizáveis, proporcionando um melhor conforto ao usuário. A Figura 2 apresenta um exemplo de módulo dimmer.

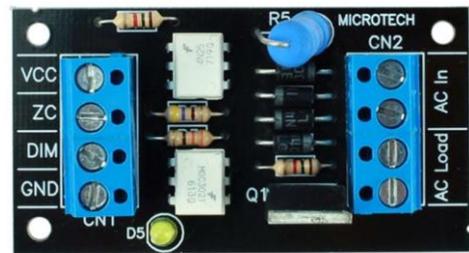


Fig. 2. Módulo Dimmer. Fonte: [28]

O principal componente que atua neste módulo, é o TRIAC. Indicado para o controle de potência, este semicondutor funciona como uma chave eletrônica para CA (corrente alternada), capaz de conduzir nos dois sentidos (chave bilateral), e para acioná-lo é necessário aplicar uma corrente de disparo no eletrodo denominado *gate* [30]. A Figura 3 expõe a simbologia de um TRIAC.

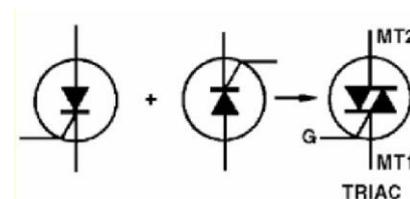


Fig. 3. Simbologia de um TRIAC. Fonte: [30]

Conforme demonstrado na Figura 2, a placa é composta por algumas entradas e saídas. Os pinos VCC (Tensão em corrente contínua) e GND (Terra) são os de alimentação, conectados diretamente ao módulo ESP, podendo ser feita através dos mesmos 3,3V do microcontrolador. O pino DIM, é o responsável por controlar a lâmpada; quando em estado alto, este permite a passagem de corrente. Quando a tensão é alternada entre positiva e negativa, sempre haverá um momento em que esta passará por 0V por um breve período, este ponto comum é utilizado como parâmetro para o controle do brilho da lâmpada, e o pino responsável por controlar e informar ao ESP o momento da passagem por zero, é o *Zero Crossing* (ZC). As Figuras 4 e 5 exemplificam melhor este fenômeno, demonstrando que quanto maior o ângulo de disparo do tiristor (X1 e X2 na Figura 4), menor será a potência entregue à carga, o inverso também é verdadeiro. Todos os pinos do lado esquerdo da Figura 1, estão relacionados a conexão ao ESP; ao lado direito, estão as conexões *AC In* e *AC Load*, responsáveis por receber a energia, e entregá-la controlada à lâmpada, respectivamente [29].

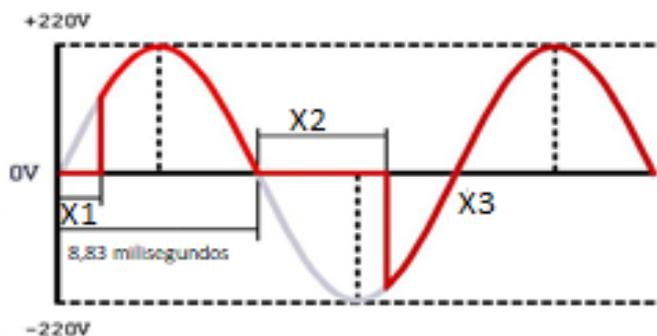


Fig. 4. Esquema de zero crossing e controle de potência. Fonte: [29]

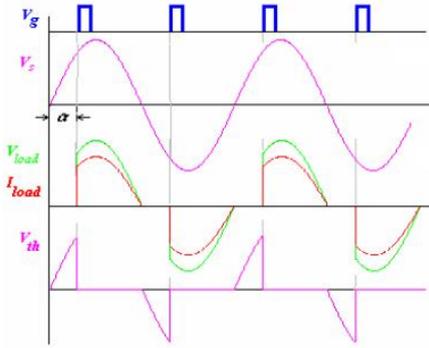


Fig. 5. Esquema de zero crossing e controle de potência resistiva.

Fonte: [30]

Na Figura 5 é possível identificar os pulsos no gate do triac ( $V_g$ ), a tensão de alimentação da carga ( $V_s$ ), a onda da tensão que é entregue à carga ( $V_{load}$ ) no qual assim como na corrente que é entregue ( $I_{load}$ ) sofre os cortes que resultam na diminuição média do valor eficaz, por fim tem-se a onda que está no triac ( $V_{th}$ ) [30].

Utilizando da tensão apresentada no gráfico e o ângulo de disparo, tem-se a tensão eficaz do sistema demonstrada pela equação 1.

$$V_o = \sqrt{\left\{ \frac{2}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} 2V_s^2 \text{sen}^2 \omega t d(\omega t) \right\}} = V_s \left[ \frac{1}{\pi} \left( \pi - \alpha + \frac{\text{sen} 2\alpha}{2} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

Equação 1. Fonte: [30]

O controle de potência por *zero crossing* pode ser feito em circuitos resistivos, como descritos nos gráficos das Figuras 4 e 5, e pode ser também feito em circuitos indutivos como na Figura 6. O controle de cargas resistivas possui uma facilidade de se trabalhar, pois em comparação à cargas indutivas, comumente a corrente se encontra em fase com a tensão [30].

Para o circuito resistivo, a tensão eficaz é matematicamente modelada conforme equação 2 abaixo [30].

$$V_o = \left[ \frac{2}{2\pi} \int_{\alpha}^{\beta} 2V_s^2 \text{sen}^2 \omega t d(\omega t) \right]^{\frac{1}{2}} = \left[ \frac{4V_s^2}{4\pi} \int_{\alpha}^{\beta} (1 - \cos 2\omega t) d(\omega t) \right]^{\frac{1}{2}} = V_s \left[ \frac{1}{\pi} \left( \beta - \alpha + \frac{\text{sen} 2\alpha}{2} - \frac{\text{sen} 2\beta}{2} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

Equação 2. Fonte: [30]

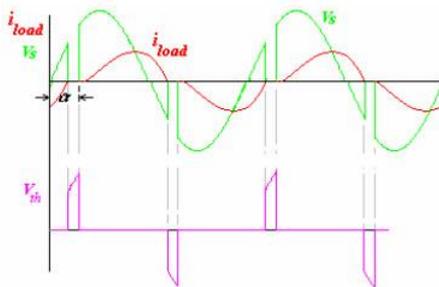


Fig. 6. Esquema de zero crossing e controle de potência indutiva.

Fonte: [30]

Na Figura 6 é possível identificar a tensão de alimentação da carga ( $V_s$ ), a corrente que é entregue ( $I_{load}$ ) e por fim a onda que está no triac ( $V_{th}$ ) [30].

O controle de carga indutiva se faz mais complexa pois como observado no gráfico da Figura 6 a corrente e a tensão tem uma defasagem entre si, fazendo com que o triac tenha seu ângulo mínimo de disparo pautado na indutância característica da carga ligada no circuito [30].

### C. Módulo Relé

O módulo relé, Figura 7, é um dispositivo que permite ou impede a passagem de CA à carga, através da comutação da chave interna, quando há ou não corrente. Este processo é controlado mediante os comandos enviados pelo microcontrolador. Para este projeto foi optado o módulo com dois canais, visando entregar maior opção de controle de circuito ao usuário e redução de preço. O módulo utilizado neste trabalho, consegue conectar com a plataforma compatível com a IDE de Arduino [32].



Fig. 7. Módulo relé. Fonte: [32]

### D. Sinric

A ferramenta Sinric é um serviço gratuito que possui um sistema em nuvem, ou seja, um complexo de servidores que são normalmente instalados em centros de processamentos de dados. Esse serviço é voltado para equipamentos inteligentes, fazendo a integração desses equipamentos com a própria ferramenta [33].

A utilização desse tipo de ferramenta contribuiu com a questão dos assistentes inteligentes pois os mesmos possuem valores não tão acessíveis. Logo não se tem a necessidade de um dispositivo de fato para efetuar o procedimento de controle por voz de assistente inteligentes pois essa ferramenta funciona como um *hub* o que seria a função de centralização dos sinais que forem enviados [33].

O cadastro dos dispositivos, é feito pelo próprio site, de acordo com o modelo selecionado pelo usuário, conforme demonstrado na Figura 8 [33]. Após o concluído, é gerado um ID utilizado para a comunicação entre o dispositivo e o microcontrolador.

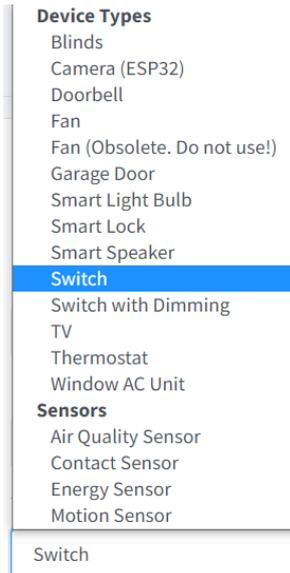


Fig. 8 Lista de dispositivos.

Fonte: Autoria própria

## V. DESENVOLVIMENTO

Inicialmente foram feitos testes dos equipamentos para verificação do seu funcionamento após sua aquisição. Para isso, foi realizada a configuração da placa NodeMCU para que acendesse inicialmente um LED, conferindo assim as conexões dos pinos da placa.

A Figura 9 apresenta o circuito do LED conectado ao NodeMCU. Foi registrado na memória da placa um código controlando o a tensão do pino.

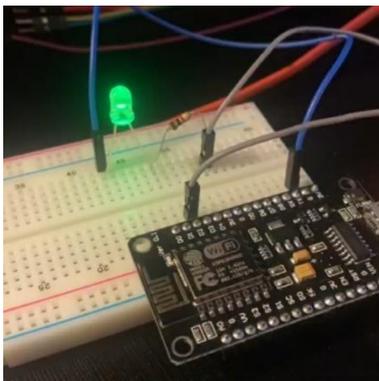


Fig. 9. Teste da placa NodeMCU

Fonte: Autoria própria.

Logo em seguida foi realizado o teste do módulo relé de dois canais. Nessa situação apenas foi implementado um código para fazer o chaveamento sequencial do relé. Foi programado que o NodeMCU controlasse o funcionamento de uma lâmpada incandescente (carga resistiva) de 220V para ligar e desligar sequencialmente durante um período, sem utilizar comando de voz.

As Figuras 10 e 11 registram a ligação dos componentes além do funcionamento do sistema.

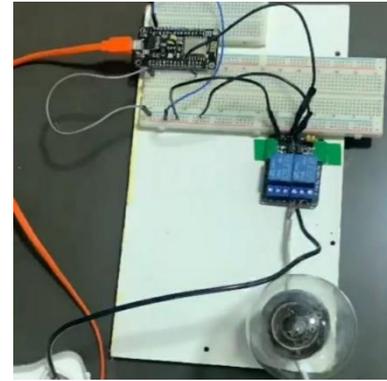


Fig. 10. Teste do módulo relé, sistema ligado lâmpada desativada

Fonte: Autoria própria.

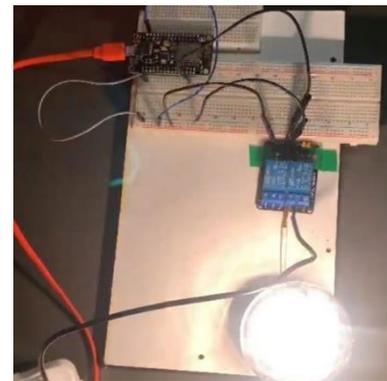


Fig. 11. Teste do módulo dimmer, sistema ligado lâmpada ativada

Fonte: Autoria própria.

Por fim, o último equipamento a ser testado foi módulo dimmer, onde foi realizada a implementação do comando de voz.

As Figuras 12, 13 e 14 registra a forma no qual o periférico foi ligado à placa além do funcionamento do sistema. Nesse caso, foi identificado o pino onde o circuito se encontrava conectado como “abajur”. Essa é a palavra que ativa o gatilho do comando de voz.

Com esse comando é possível controlar a luminosidade da carga resistiva, variando em porcentagem através do *zero crossing*.



Fig. 12. Teste do módulo dimmer, sistema ligado lâmpada desativada

Fonte: Autoria própria

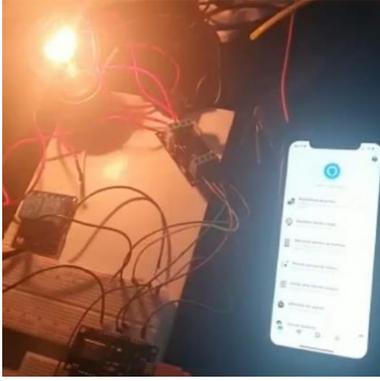


Fig. 13 Teste do módulo dimmer, sistema ligado lâmpada ativada a 20%  
Fonte: Autoria própria.



Fig. 14. Teste do módulo dimmer, sistema ligado lâmpada ativada totalmente.  
Fonte: Autoria própria.

Após os testes, foi realizada a montagem do sistema por completo, utilizando como referência o circuito previamente dimensionado no *software Fritzing*.

Para haver a comunicação por voz, foi feita a nomeação de cada periférico. Quando solicitado “Lâmpada” por comando, o controlador compreende a ativação do módulo relé. Quando solicitado “Abajur” o controlador identifica esse comando como o módulo dimmer.

Após a seleção do equipamento tem-se ainda os comandos para efetuar a ação, seja ela ligar ou desligar como no caso do relé, ou selecionar a porcentagem de potência na carga, como no dimmer.

O procedimento de comando por voz é captado pelo serviço gratuito de nuvem chamado Sinric, que foi utilizado para auxiliar na comunicação com o aplicativo da Alexa [33]. Assim, quando é dito “Alexa, ligar lâmpada” tem-se a ativação do gatilho pré-programado para ligar o periférico.

As Figuras 15 e 16, são registro do sistema inteiramente montado e em funcionamento.

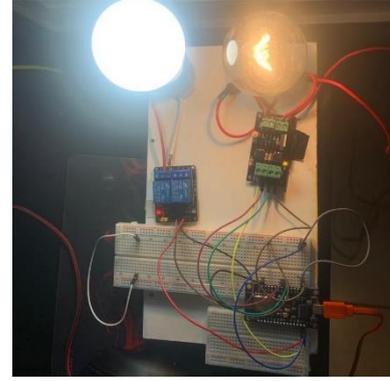


Fig. 15 Sistema totalmente montado (a)  
Fonte: Autoria própria

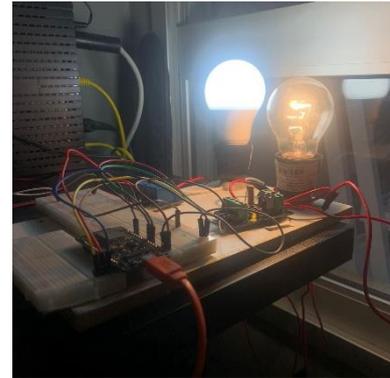


Fig. 16 Sistema totalmente montado (b)  
Fonte: Autoria Própria

## VI. CIRCUITO

Para o desenvolvimento do circuito foi utilizado, inicialmente, o *software Fritzing*. Este programa possui vários dispositivos eletrônicos existentes dentro de sua biblioteca, além da possibilidade de criação pelo usuário, ou importação de circuitos e componentes de terceiros.

Ao realizar a ligação dos componentes do circuito é preciso entender melhor sobre algumas as saídas e entradas disponíveis no NodeMCU ESP8266. Para a ligação dos módulos dimmer, são necessários pinos que aceitem interrupção, devido ao pino ZC fazer o uso dessa medida para o controle de brilho. O ESP8266 dispõe de 4 interfaces para tal uso e são os mesmos utilizados para modelagem PWM. De acordo com o datasheet [34] os pinos utilizados são GPIO12, GPIO15, GPIO14 e GPIO4, conforme demonstrado na Figura 1.

Os módulos relés não necessitam de interfaces especiais, podendo utilizar qualquer GPIO disponível. O esquema de ligação desenvolvido está disponível no apêndice A.

## VII. CONCLUSÃO

Este trabalho propõe o desenvolvimento de uma plataforma para automação residencial, controlado por voz e integrada com a Alexa, com objetivo de entregar um melhor custo-benefício em relação aos já disponíveis no mercado.

Primeiramente foram estudados alguns conceitos automação residencial, IoT, e agentes inteligentes. Isso trouxe um melhor entendimento acerca do funcionamento e do impacto da domótica na sociedade, justificando o porquê do seu crescimento em nível mundial.

Em seguida, os preços dos materiais e as comparações de custos foram levantadas, para verificar a viabilidade do desenvolvimento do projeto em relação ao objetivo proposto. As constatações mostraram que alguns itens específicos, no mercado, são mais baratos que o projeto em desenvolvimento, porém a plataforma consegue entregar um maior número de pontos ou circuitos (funcionalidades). O estudo dos componentes presentes foram fundamentais para o entendimento do comportamento da plataforma, que é composta basicamente por três itens. A placa NodeMCU, é a parte que controla e automatiza todo o projeto; o módulo relé com dois canais, para ligar e desligar aparelhos; e o módulo dimmer para entregar mais funções comparado ao relé, controlando a potência à carga.

O desenvolvimento do trabalho apresentou um sucesso em relação ao que foi planejado. Foi verificado que existe uma total viabilidade do circuito em relação a questão financeira, completando assim um dos objetivos deste trabalho. Os valores dos materiais demonstram a capacidade de se fazer uma automação residencial por conta própria.

Além disso, teve-se êxito na utilização do microcontrolador NodeMCU, para automatizar cargas de diversas formas. Com os testes realizados com o equipamento foi possível fazer o controle simples dos periféricos escolhidos (no caso dispositivos de iluminação).

Foi realizada a implementação de um código responsável pela ação dos módulos utilizando comando por voz. Ao fim da construção do circuito essa funcionalidade teve-se sua importância pois, a placa não executava apenas que uma ação, mas também a seleção de qual equipamento iria atuar no momento, tudo isso mediante a um comando gatilho por voz.

Atualmente, a quantidade de dispositivos inteligentes que permitem o controle de equipamentos via comunicação *bluetooth* é reduzida. Logo, como trabalhos futuros, sugere-se a implementação de dispositivos inteligentes que possibilitem o controle de equipamentos que utilizem esse tipo de conexão.

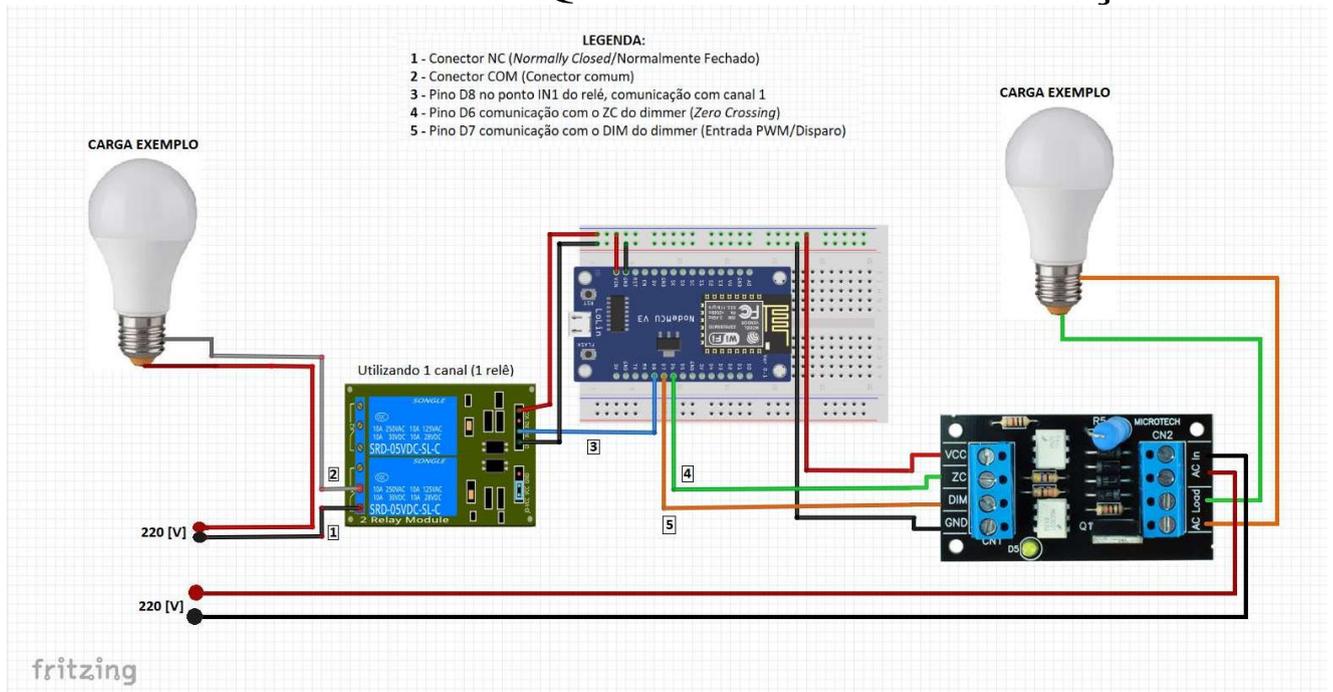
Ainda como trabalhos futuros, existe a possibilidade de integrar o microcontrolador ESP8266 com a banda estreita, ou seja, uma faixa dentro da banda larga, reservada, normalmente, à área de automação.

## REFERÊNCIAS

- [1] - SOUZA, Ivan. **O crescimento dos assistentes virtuais.** Inteligência Corporativa Rockcontent. Brasil, 17 jul. 2020. Disponível em: <https://inteligencia.rockcontent.com/CRESCIMENTO-ASSISTENTES-VIRTUAIS/>. Acesso em: 13 abr. 2021.
- [2] - SANTOS, Júlio. **Casa conectada ganha estímulo com Lei da Iot.** New voice. Brasil, 30 dez. 2020. Disponível em: <https://newvoice.ai/2020/12/30/CASA-CONECTADA-GANHA-ESTIMULO-COM-LEI-DA-IOT/> Acesso em: 14 abr. 2021.
- [3] - CARDOSO, Danielle. **Aspectos atuais da IoT: características e desafios.** Ouro Preto, 2019. 53 p. Monografia (Engenharia de controle e automação) – Universidade Federal de Ouro Preto.
- [4] - VILLARINO, Júlia. **Internet das coisas: Um desenho do Futuro.** Proof. Brasil, 18 nov. 2016. Disponível em: <https://www.proof.com.br/blog/internet-das-coisas/>. Acesso em: 13 abr. 2021.
- [5] - QUEIROZ, L. **'Automação residencial, hoje, é primordial', defende arquiteto.** Casa Vogue, São Paulo, 23 mar. 2020. Disponível em: <https://casavogue.globo.com/Arquitetura/Casas/noticia/2020/03/automacao-residencial-hoje-e-primordial-defende-arquiteto.html>. Acesso em: 14 abr. 2021.
- [6] - SANTOS, Cristian et al. Projeto Integrado em Inteligência Artificial Automação Residencial.
- [7] - The Social Media Family. **O que é um assistente virtual? Funções de um assistente virtual e dados de interesse.** Mail Relay. Brasil, 27 set. 2018. Disponível em: <https://blog.mailrelay.com/pt/2018/09/27/o-que-e-um-assistente-virtual-funcoes-de-um-assistente-virtual-e-dados-de-interesse>. Acesso em: 5 abr. 2021.
- [8] - SÉRVIO, G. **Como surgiram e quais são os principais assistentes inteligentes.** Olhar digital, Brasil, 01 nov. 2020. Disponível em: <https://olhardigital.com.br/2020/10/24/noticias/como-surgiram-e-quais-sao-os-principais-assistentes-inteligentes/>. Acesso em: 22 abr. 2021.
- [9] - VIVO. **Como funciona os assistentes inteligentes.** Dialogando. São Paulo, 08 jan. 2020. Disponível em: <https://www.dialogando.com.br/inovacao/como-funcionam-os-assistentes-inteligentes>. Acesso em: 22 abr. 2021.
- [10] - GOMES, H. **'bisorro' e 'preda': como robô esperto saca o que você fala, até os erros.** Tilt, São Paulo, 13 nov. 2019. Disponível em: <https://www.uol.com.br/tilt/noticias/redacao/2019/11/13/bizorro-e-preda-como- robo-inteligente-entende-o-que-fala.htm> Acesso em: 24 abr. 2021.
- [11] - DAMACENO, Siuari Santos; VASCONCELOS, Rafael Oliveira. Inteligência artificial: uma breve abordagem sobre seu conceito real e o conhecimento popular. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-SERGIPE**, v. 5, n. 1, p. 11, 2018. Acesso em: 25 de abr. 2021
- [12] VANI, Samir. **Como será o futuro dos assistentes pessoais virtuais.** Canal Tech. Brasil, 27 out. 2020. Disponível em: <https://canaltech.com.br/casa-conectada/como-sera-o-futuro-dos-assistentes-pessoais-virtuais/>. Acesso em: 25 abr. 2021.
- [13] -- KIT CASA EFICIENTE. Disponível em: [https://www.amazon.com.br/Casa-Eficiente-Positivo-Inteligente-Lâmpadas/dp/B086HGFG2M/ref=asc\\_df\\_B086HGFG2M/?tag=googleshop-p00-20&linkCode=df0&hvadid=379815179705&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=9514751446866478382&hvppone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvc m dl=&hvllocint=&hvllocphy=1001552&hvtargid=pla-904561537180&pssc=1](https://www.amazon.com.br/Casa-Eficiente-Positivo-Inteligente-Lâmpadas/dp/B086HGFG2M/ref=asc_df_B086HGFG2M/?tag=googleshop-p00-20&linkCode=df0&hvadid=379815179705&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=9514751446866478382&hvppone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvc m dl=&hvllocint=&hvllocphy=1001552&hvtargid=pla-904561537180&pssc=1). Acesso em: 26, abr 2021.
- [14] -- SMART LÂMPADA LED COLOR. Disponível em: [https://www.amazon.com.br/Smart-Lâmpada-Colors-Bivolt-Wi-Fi/dp/B088C4QZV2/ref=asc\\_df\\_B088C4QZV2/?tag=googleshopp00-20&linkCode=df0&hvadid=379815179705&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=6250190255054098450&hvppone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvc m dl=&hvllocint=&hvllocphy=1001552&hvtargid=pla-926906240304&pssc=1](https://www.amazon.com.br/Smart-Lâmpada-Colors-Bivolt-Wi-Fi/dp/B088C4QZV2/ref=asc_df_B088C4QZV2/?tag=googleshopp00-20&linkCode=df0&hvadid=379815179705&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=6250190255054098450&hvppone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvc m dl=&hvllocint=&hvllocphy=1001552&hvtargid=pla-926906240304&pssc=1). Acesso em: 26, abr 2021.
- [15] - SMART BULB COLORO RGB WHITE. Disponível em: [https://www.amazon.com.br/XIAOMI-Smart-Bulb-Color-White/dp/B07KCVYQHJ/ref=asc\\_df\\_B07KCVYQHJ/?tag=googleshop-p00-20&linkCode=df0&hvadid=379787065820&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=6250190255054098450&hvppone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvc m dl=&hvllocint=&hvllocphy=1001552&hvtargid=pla-926906240304&pssc=1](https://www.amazon.com.br/XIAOMI-Smart-Bulb-Color-White/dp/B07KCVYQHJ/ref=asc_df_B07KCVYQHJ/?tag=googleshop-p00-20&linkCode=df0&hvadid=379787065820&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=6250190255054098450&hvppone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvc m dl=&hvllocint=&hvllocphy=1001552&hvtargid=pla-926906240304&pssc=1). Acesso em: 26, abr 2021.

- [16] -- TOMADA SMART WIFI. Disponível em: <  
[https://www.amazon.com.br/Inteligente-Desligue-Eletrrodomesticos-Atraves-Compativel/dp/B08D6X8FB5/ref=asc\\_df\\_B08D6X8FB5/?tag=googleshop00-20&linkCode=df0&hvadid=379721266747&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=12053644967892869629&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=1001552&hvtargid=pla-932821342723&pssc=1](https://www.amazon.com.br/Inteligente-Desligue-Eletrrodomesticos-Atraves-Compativel/dp/B08D6X8FB5/ref=asc_df_B08D6X8FB5/?tag=googleshop00-20&linkCode=df0&hvadid=379721266747&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=12053644967892869629&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=1001552&hvtargid=pla-932821342723&pssc=1)>. Acesso em: 26, abr 2021.
- [17] - - TOMADA INTELIGENTE TUYA.. Disponível em: <  
[https://www.amazon.com.br/zemismart-Tomada-Inteligente-intelbras-Carregador/dp/B08X9ZRHQJ/ref=asc\\_df\\_B08X9ZRHQJ/?tag=googleshopp00-20&linkCode=df0&hvadid=379787187599&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=12053644967892869629&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=1001552&hvtargid=pla-1198441733455&th=1](https://www.amazon.com.br/zemismart-Tomada-Inteligente-intelbras-Carregador/dp/B08X9ZRHQJ/ref=asc_df_B08X9ZRHQJ/?tag=googleshopp00-20&linkCode=df0&hvadid=379787187599&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=12053644967892869629&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=1001552&hvtargid=pla-1198441733455&th=1)>. Acesso em: 26, abr 2021
- [18] - ECHO DOT 3ª GERAÇÃO. Disponível em <  
[https://www.amazon.com.br/Echo-Dot-3ª-Geração-Cor-Preta/dp/B07PDHSJ1H/ref=asc\\_df\\_B07PDHSJ1H/?tag=googleshopp00-20&linkCode=df0&hvadid=387692590979&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=16116912581113997639&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=1001552&hvtargid=pla-823375121002&pssc=1](https://www.amazon.com.br/Echo-Dot-3ª-Geração-Cor-Preta/dp/B07PDHSJ1H/ref=asc_df_B07PDHSJ1H/?tag=googleshopp00-20&linkCode=df0&hvadid=387692590979&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=16116912581113997639&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=1001552&hvtargid=pla-823375121002&pssc=1)> Acesso em: 26 abr. 2021
- [19] - ECHO DOT 4ª GERAÇÃO. Disponível em <  
[https://www.amazon.com.br/Novo-Echo-Dot-com-relógio/dp/B084J4WP6J/ref=asc\\_df\\_B084J4WP6J/?tag=googleshopp00-20&linkCode=df0&hvadid=404995668222&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=10556415002979609272&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=1001552&hvtargid=pla-983682191416&pssc=1](https://www.amazon.com.br/Novo-Echo-Dot-com-relógio/dp/B084J4WP6J/ref=asc_df_B084J4WP6J/?tag=googleshopp00-20&linkCode=df0&hvadid=404995668222&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=10556415002979609272&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=1001552&hvtargid=pla-983682191416&pssc=1)> Acesso em: 26 abr. 2021
- [20] - COELHO, Beatriz. Tipos de pesquisa: abordagem, natureza, objetivos e procedimentos. Mettzer. Santa Catarina, 20 set. 2019. Disponível em: <https://blog.mettzer.com/tipos-de-pesquisa/>. Acesso em: 11 nov. 2021.
- [21] - DO NASCIMENTO, Francisco Paulo. Metodologia da Pesquisa Científica: teoria e prática –como elaborar TCC. Brasília: Thesaurus, capítulo 6, 2016. Acesso em: 11 de nov. 2021
- [22] OLIVEIRA, Ricardo Rodrigues. Uso do microcontrolador ESP8266 para automação residencial. **Rio de Janeiro: UFRJ Escola Politécnica**, 2017.
- [23] - FERNANDES, Glauco Fagundes. Automação residencial: utilizando internet das coisas e ESP-8266. 2018.
- [24] - DE OLIVEIRA, Sérgio. **Internet das coisas com ESP8266**, **Arduino e Raspberry PI**. Novatec Editora, 2017.
- [25] - THOMSEN, Adilson. Tutorial Módulo Wireless ESP8266 com Arduino. Filipeflop. Santa Catarina, 23 jun. 2015. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/esp8266-arduino-tutorial/>. Acesso em: 11 nov. 2021.
- [26] - SUPREMO. O que significa “conexões simultâneas”?. SUPREMO. Italia, 2021. Disponível em: <https://www.supremocontrol.com/pt-br/support/o-que-significa-conexoes-simultaneas/>. Acesso em: 11 nov. 2021.
- [27] - OLIVEIRA, Greice. Descomplicando a pinagem do NodeMCU. MasterWalker eletronic shop. Brasil, 2021. Disponível em: <https://blogmasterwalkershop.com.br/embarcados/esp8266/descomplicando-a-pinagem-do-nodemcu>. Acesso em: 11 nov. 2021.
- [28] - MATTEDE, Henrique. **Como funciona um dimmer**. Mundo da elétrica. Belo Horizonte, 2014-2021. Disponível em: <https://blog.scielo.org/blog/2018/12/19/scielo-pos-20-anos-o-futuro-continua-aberto/#.XDYD31xKiUk>. Acesso em: 27 abr. 2021.
- [29] STRAUB, Matheus. **Projeto ESP32 dimmer – automação para controle de luz**. Usinainfo. Brasil, 26 mar. 2020. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/blog/projeto-esp32-dimmer-automacao-para-controle-de-luz/>. Acesso em: 29 abr. 2021.
- [30] - EASYTROMLABS. Arduino Lab 11 – Controle de ângulo de fase para uma carga indutiva e resistiva – Parte 1. EasytromLabs. Brasil, 2021. Disponível em: [https://easytromlabs.com/arduino/arduino-lab-11-controle-de-angulo-de-fase-para-uma-carga-indutiva-e-resistiva-parte-1/?ak\\_action=reject\\_mobile&print=print](https://easytromlabs.com/arduino/arduino-lab-11-controle-de-angulo-de-fase-para-uma-carga-indutiva-e-resistiva-parte-1/?ak_action=reject_mobile&print=print). Acesso em: 11 nov. 2021.
- [31] - INSTITUTO C. BRAGA. **Como funciona o TRIAC (ART3977)**. Instituto C. Braga. Brasil, 11 jul. 2018. Disponível em: <https://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/15174-como-funciona-o-triac-art3977.html>. Acesso em: 27 abr. 2021.
- [32] - MÓDULO RELE. Disponível em: <  
<https://www.filipeflop.com/produto/modulo-rele-5v-2-canais/>> Acesso em: 01 de jun de 2021
- [33] - NERY, Gustavo. Automação Residencial com Alexa (Amazon) e NodeMCU. Blog eletrogate. Rio de Janeiro, 09 abr. 2020. Disponível em: <https://blog.eletrogate.com/automacao-residencial-com-alexa-amazon-e-nodemcu/>. Acesso em: 25 nov. 2021.
- [34] ESPRESSIF SYSTEMS IOT TEAM. **ESP8266EX Datasheet**. Version 4.3, 2015.

# APÊNDICE A – ESQUEMÁTICO DE LIGAÇÃO



## APÊNDICE B – ESQUEMÁTICO DO FUNCIONAMENTO DO CÓDIGO

