

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS

GERAIS - *CAMPUS* FORMIGA

BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

Bianca Harumi Diniz Kai

Filipe Diego da Silva

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E CUSTO INICIAL DE
IMPLEMENTAÇÃO DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL**

Formiga

2020

BIANCA HARUMI DINIZ KAI
FILIPE DIEGO DA SILVA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E CUSTO INICIAL DE
IMPLEMENTAÇÃO DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Bacharelado em Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* Formiga para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientadora: Professora Doutora Ana Flávia Peixoto de Camargos
Coorientador: Professor Doutor Carlos Renato Borges dos Santos

Formiga

2020

Kai, Bianca Harumi Diniz
K13a Análise de Viabilidade Técnica e Custo Inicial de Implementação de
Automação Residencial / Bianca Harumi Diniz Kai. -- Formiga : IFMG, 2020.
70p.

Orientadora: Profa.. Dra. Ana Flávia Peixoto de Camargos
Coorientador: Prof. Dr. Carlos Renato Borges dos Santos
Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus* Formiga.

1. Automação Residencial. 2. Arduino. 3. Blynk. 4. Alexa. I. Silva, Filipe
Diego da. II. Camargos, Ana Flávia Peixoto de. III. Santos, Carlos Renato Borges
dos. IV. Título.

CDD 621.3

BIANCA HARUMI DINIZ KAI

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E CUSTO INICIAL DE
IMPLEMENTAÇÃO DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica
do Instituto Federal de Minas Gerais como
requisito para obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Elétrica.


Avaliado em: 21 de outubro de 2020.

Nota: 98,00

BANCA EXAMINADORA



Professora Dra. Ana Flávia Peixoto de Camargos



Dr. Prof. Glaúcio Ribeiro Silva



Dr. Prof. Lélis Pedro de Andrade

FILIPÉ DIEGO DA SILVA

ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E CUSTO INICIAL DE
IMPLEMENTAÇÃO DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica
do Instituto Federal de Minas Gerais como
requisito para obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Elétrica.

Avaliado em: 21 de outubro de 2020.

Nota: 98,00

BANCA EXAMINADORA



Professora Dra. Ana Flávia Peixoto de Camargos



Dr. Prof. Gláucio Ribeiro Silva



Dr. Prof. Lélis Pedro de Andrade

Primeiramente, queremos dedicar à Deus mais esta vitória em nossas vidas. Foi ele que nos deu sabedoria e discernimento para enfrentar cada dificuldade encontrada ao longo desses anos, orientando cada um de nós para fazermos as melhores escolhas.

À Nossa Senhora Aparecida, Rainha e Padroeira do Brasil, por ter nos amparado com o seu manto sagrado nos momentos mais difíceis.

Aos nossos queridos pais, Maria das Graças e Vantuir, Aparecida e Yuquichoci, pelo exemplo de amor, afeto e companheirismo, sem os esforços feitos por eles, esse sonho jamais seria realizado. Obrigado por fazerem dos nossos sonhos os seus objetivos.

Aos nossos irmãos, por todos os exemplos demonstrados, vocês são um dos amores das nossas vidas, obrigado por todo o companheirismo, amizade, e principalmente, pelos ensinamentos.

Aos nossos companheiros, pelas incansáveis vezes que nos aturaram, e apesar de tudo, sempre estiveram ao nosso lado, dando força e motivação para que esse dia chegasse. Essa vitória também é de vocês!

Agradecimentos

Agradecemos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - IFMG, *Campus* Formiga, em nome de todos os docentes, técnicos administrativos em educação, servidores e funcionários, pelo ensino, amizade, recepção, zelo e incentivo ao longo desses anos. Além de todas as oportunidades proporcionadas pela Diretoria de Ensino, através de monitorias e, pela Secretaria de Extensão, Pesquisa e Pós Graduação (SEPPG). Em especial ao Professor Dr. Lélis Pedro de Andrade pela amizade e constante apoio, através da empresa júnior, projetos de pesquisa e extensão. Aos técnicos dos laboratórios de ensino pelo suporte, à secretaria pelo empenho nas suas atividades e ao gabinete, em nome do Diretor Geral do *Campus*, Professor Dr. Washington Santos da Silva, pela amizade e ensinamentos.

Aos nossos queridos e amados pais, pelo imenso suporte nesses anos todos, vocês são os nossos alicerces, nos motivaram nos melhores e piores momentos, considerando que sem vocês nada disso seria possível. Vocês são as pessoas mais importantes em nossas vidas. Não temos palavras suficientes para demonstrar tamanho agradecimento. Amamos vocês!

A nossa orientadora e coorientador, pelo esforço e dedicação ao longo do desenvolvimento deste trabalho. A vocês, o nosso imenso obrigado por terem nos auxiliado nesta etapa tão importante das nossas vidas.

A todos os orientadores e orientadoras de projetos, por todo o suporte e experiências compartilhadas no desenvolvimento dos trabalhos. Vocês contribuíram em muito na nossa formação.

Aos amigos que fizemos ao longo desses anos (seria impossível descrever todos vocês), obrigado por todos os momentos e aventuras compartilhados, vocês foram a nossa família durante esses anos de faculdade.

Por fim, mas não menos importante, ao nosso parceiro de projeto de pesquisa aplicada, o Engenheiro Vinícius Vieira e Silva, pelo incansável suporte neste trabalho e incontáveis finais de semana juntos, fazendo com que este trabalho fosse possível.

“Tenha em mente que o seu desejo em atingir o sucesso é mais importante que qualquer coisa.” (Abraham Lincoln)

Resumo

Domótica é uma área responsável pela gestão de todos os recursos habitacionais. Dentre esta gestão, encontra-se a automação residencial que visa fornecer maior comodidade, praticidade e segurança para seus moradores, além de permitir facilitar as atividades rotineiras do dia a dia. Com isso, o objetivo deste trabalho é apresentar dois estudos de caso de automação residencial, sendo o primeiro relacionado ao desenvolvimento de um projeto de pesquisa e, o segundo, relacionado à viabilidade técnica e análise de custos ao aplicar essa automação em uma residência nos padrões reais. A primeira pesquisa foi desenvolvida em formato de maquete, utilizando o microcontrolador Arduino e o *software* Blynk. A segunda foi desenvolvida ao realizar um levantamento de várias empresas na área e os equipamentos e dispositivos que podem ser utilizados para realizar a automação residencial, fazendo então uma correlação entre os ambientes automatizados. Assim, como resultado das pesquisas foram realizados o acionamento automático de portões, portas, bomba, janelas, cortinas, luzes e controle de luminosidade, presença, umidade e temperatura. Ainda foi automatizado a abertura da porta principal com sensores de presença e digitação de senha via teclado alfanumérico para acesso ao local, bem como o fechamento automático da janela na presença de chuva. Todos estes equipamentos foram controlados com auxílio de um *smartphone* para monitoramento da residência, pois atualmente o mercado têm dado ênfase para a segurança pessoal e patrimonial. Além disso, foi realizado um estudo de custos e de viabilidade técnica para uma residência em dimensões reais, onde foram considerados os equipamentos disponíveis no mercado para fornecer ao usuário uma automação mais simples, eficiente e segura.

Palavras-chave: Automação Residencial, Arduino, Blynk, Alexa, Segurança, Praticidade, Comodidade, Custos e Viabilidade Técnica.

Abstract

Domotics is an area responsible for the management of all housing resources. Among this management, there is home automation that aims to provide greater convenience, practicality and security for its residents, in addition to facilitating the routine activities of daily life. Thus, the goal of this work is to present two case studies of home automation, the first related to the development of a research project and, the second, related to technical feasibility and cost analysis when applying this automation in a home by real standards. The first research was developed as a mockup, using the Arduino microcontroller and the software Blynk. The second was developed by conducting a survey of several companies in the area and the equipment and devices that can be used to perform home automation, thus making a correlation between the automated rooms. Thus, as a result of the research, automatic activation of gates, doors, pumps, windows, curtains, lights and control of luminosity, presence, humidity and temperature were carried out. The opening of the main door with presence sensors and password entry via an alphanumeric keypad was also automated to access the site, as well as the automatic closing of the window in the presence of rain. These equipment were controlled with the aid of a smartphone to monitor the residence, as currently the market has placed an emphasis on personal and property security. In addition, a cost and technical feasibility study was carried out for a home in real dimensions, which considered the equipment available on the market to provide the user with simpler, more efficient and safer automation.

Keywords: Home Automation, Arduino, Blynk, Alexa, Security, Practicality, Convenience, Costs and Technical Viability.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Ilustração da planta baixa da casa.	18
Figura 2 – Placa arduino MEGA 2560.	22
Figura 3 – Interface do <i>software</i> Blynk.	22
Figura 4 – <i>Echo Dot</i> (3ª Geração): <i>Smart Speaker</i> com Alexa.	23
Figura 5 – <i>Cooler</i> utilizado para o sistema de ventilação.	24
Figura 6 – Sensor de temperatura e umidade para controle de climatização.	24
Figura 7 – Interruptor inteligente <i>wi-fi</i> com sensor de temperatura e umidade Si7021.	25
Figura 8 – LED 5 mm de alto brilho para o controle de iluminação e luminosidade.	25
Figura 9 – Interruptor <i>dimmer</i> inteligente com controle remoto.	26
Figura 10 – Interruptores de parede inteligentes T0US1C-TX, T0US2C-TX e T0US3C-TX.	27
Figura 11 – Interruptor inteligente <i>wi-fi</i> DUALR2.	27
Figura 12 – Sensor de presença para o controle da iluminação da garagem.	28
Figura 13 – Sensor de chuva YL-83 para o controle de abertura e fechamento da janela.	28
Figura 14 – Sensor de fim de curso para determinar o limite de funcionamento da porta, portão, janela e cortina.	29
Figura 15 – Sensor de luz LDR para determinar alguma obstrução ao acionar o portão da garagem.	29
Figura 16 – Sensor de temperatura DS18B20 à prova d’água para monitorar o aquecimento da piscina da área de lazer.	30
Figura 17 – Mini bomba para impulsionar a água e fazer com que ela circule.	30
Figura 18 – DW1, Sensor PIR2 e Sonoff 433 RF <i>Bridge</i>	31
Figura 19 – Câmera de segurança IP sem fio <i>wi-fi</i> GK-200MP2-B.	32
Figura 20 – Micro servo motor 9g SG90 TowerPro.	32
Figura 21 – Teclado de membrana matricial alfanumérico 4x4.	33
Figura 22 – Fechadura Digital <i>Yale</i> YRD 256, compatível com Alexa.	33
Figura 23 – Motor CC com caixa de redução.	34
Figura 24 – <i>Driver</i> motor ponte H L298n.	35
Figura 25 – Módulo relé Sonoff <i>wi-fi</i> Dc5v-12v-32v com função pulso e trava.	35
Figura 26 – <i>Ring</i> - Campainha Inteligente (conexão <i>wi-fi</i>).	36
Figura 27 – Cortina elétrica <i>wi-fi</i> <i>Tuya</i>	36
Figura 28 – Janela automática <i>Tuya</i>	37
Figura 29 – Porta automática DORMA ES 200.	38
Figura 30 – Módulo <i>ethernet</i> ENC28J60.	39
Figura 31 – Controle Remoto IR com Alexa.	39

Figura 32 – Representação da casa inteligente.	44
Figura 33 – Diagrama de blocos do funcionamento da casa inteligente.	45
Figura 34 – Diagrama de blocos da linha Sonoff Brasil.	47
Figura 35 – Planta baixa com esquema elétrico.	50
Figura 36 – Alimentação e conexão do microcontrolador Arduino Mega com os sensores.	52
Figura 37 – Produto final da maquete da casa inteligente utilizando Arduino. . . .	54
Figura 38 – Interface do <i>software</i> Blynk: (a) da área de lazer e (b) da sala social. .	54
Figura 39 – Interface do aplicativo da Alexa.	55

Lista de tabelas

Tabela 1 – Materiais utilizados na maquete.	51
Tabela 2 – Materiais utilizados na análise de custos e viabilidade.	53
Tabela 3 – Dispositivos utilizados na área de lazer.	56
Tabela 4 – Dispositivos utilizados na área externa e garagem.	57
Tabela 5 – Dispositivos utilizados na sala social.	58
Tabela 6 – Dispositivos utilizados no quarto 1.	58
Tabela 7 – Dispositivos utilizados no quarto 2.	59
Tabela 8 – Dispositivos utilizados no banheiro e corredor.	59
Tabela 9 – Custos dos equipamentos utilizados para automatizar uma maquete.	60
Tabela 10 – Custos dos equipamentos utilizados para automatizar uma casa.	61

Sumário

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Justificativa	16
1.2	Objetivos	17
1.2.1	Objetivo Geral	17
1.2.2	Objetivos Específicos	17
2	ESTADO DA ARTE	19
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
3.1	Microcontrolador Arduino e <i>Software</i> Blynk x <i>Echo Dot</i> (3ª Geração): <i>Smart Speaker</i> com Alexa (3ª Geração)	21
3.2	Climatização	23
3.3	Interruptor inteligente <i>wi-fi</i> TH16 com sensor de temperatura e umidade	24
3.4	Iluminação	25
3.5	Interruptor <i>Dimmer</i> inteligente com controle remoto	26
3.6	Interruptores de parede inteligentes <i>wi-fi</i> da série TX	26
3.7	Interruptor inteligente <i>wi-fi</i> DUALR2	27
3.8	Sensores	27
3.9	Sonoff 433 RF <i>Bridge</i> com sensor PIR2 e DW1	30
3.10	Câmera de segurança IP sem fio <i>wi-fi</i>	31
3.11	Servo Motor e Teclado Alfanumérico	32
3.12	Fechadura Digital Yale YRD 256	33
3.13	Motor CC com Caixa de Redução e Ponte H	34
3.14	Campanhia <i>wi-fi</i> com vídeo e relé de contato seco/pulso Sonoff, com fechadura elétrica e portão deslizante	34
3.15	Cortina elétrica <i>wi-fi</i> Tuya	35
3.16	Janela automática Tuya	37
3.17	Porta automática DORMA ES 200	37
3.18	Módulo <i>Ethernet</i> ENC28J60	38
3.19	Controlador infravermelho	38
4	MATERIAIS E METODOLOGIA	40
4.1	Materiais	40
4.1.1	Materiais da Maquete - Projeto de Pesquisa	40
4.1.2	Materiais da Automação Residencial	41

4.2	Metodologia	42
4.2.1	Metodologia do Estudo de Caso 1 - Projeto de Pesquisa	42
4.2.2	Metodologia do Estudo de Caso 2 - Automação Residencial	45
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	49
5.1	Planta Baixa e Diagrama Elétrico Unifilar	49
5.2	Componentes e Equipamentos	51
5.2.1	Estudo de Caso 1: Maquete Automatizada	51
5.2.2	Estudo de Caso 2: Residência Automatizada	52
5.3	Estudo de Caso 1 x Estudo de Caso 2	53
5.4	Estudo de Viabilidade Técnica e Análises de Custos	59
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
	REFERÊNCIAS	65

1 Introdução

A domótica é um conjunto de tecnologias que permite a automação de algumas tarefas rotineiras da residência. Ela proporciona segurança, conforto e integra serviços aos usuários do sistema, bem como permite administração do consumo de energia elétrica, dentre outros (PINTO, 2010).

A criação de um ambiente inteligente já é realidade em várias residências, pois atualmente existem vários equipamentos de alta tecnologia e de baixo custo disponíveis no mercado. A automação de prédios e residências tornou-se viável graças a uma combinação de áreas que envolvem instalações elétricas, automação, projetos eletroeletrônicos e microcontrolados, bem como informática (PRUDENTE, 2011).

Levando em consideração a realidade de automatizar uma residência, existe no mercado uma demanda crescente por capacitação de técnicos e engenheiros, bem como de profissionais que já atuam no setor, pois a tecnologia está em plena evolução dia após dia.

Atualmente, agregado aos novos avanços tecnológicos e a todos os seus benefícios, existe uma demanda sobretudo em relação à economia do consumo energético e à segurança pessoal e patrimonial (PRUDENTE, 2011). Além disso, ainda se tem o benefício do bem estar com as facilidades que a automação residencial pode proporcionar à população.

Esta automação vem se tornando cada vez mais comum no mundo todo, tal como dados divulgados pela Aureside (Associação Brasileira de Automação Residencial). De acordo com essa entidade, existe um potencial atual grande para o fornecimento de equipamentos no mercado considerando 1,8 milhões de residências. Estima-se que cerca de 300 mil residências no Brasil já possuem equipamentos com algum tipo de automação residencial (AURESIDE, 2020).

As casas inteligentes têm sido cada vez mais projetadas e adquiridas pela população. Além da praticidade para executar as tarefas diárias, trazem mais segurança, conforto e agilidade para os moradores. Pensando nesses fatores, a ideia de automatizar uma residência facilita o dia a dia das pessoas, proporcionando mais acessibilidade e controle residencial, para um bem estar cada vez maior da população atualmente (ANDRADE, 2018).

No intuito de facilitar essas tarefas, é possível controlar a iluminação e luminosidade interna e externa, controlar a abertura e fechamento de janelas, cortinas, portas e portões, ativar sensores de presença, dentre várias outras possibilidades. Tudo isso, pode ser feito de forma automatizada e integrada, com o auxílio de projetos eletroeletrônicos e microcontrolados.

Para permitir essas facilidades aos moradores, o projeto pode ser construído com um kit de baixo custo ao utilizar microntroladores interligados aos dispositivos automatizados da residência, através de conexões via *wireless*, *bluetooth* ou por cabo (EVANS; NOBLE; HOCHENBAUM, 2013). Todas essas opções podem ser implementadas de acordo com interesse do usuário para buscar praticidade nas tarefas diárias.

Além dessas tecnologias elencadas acima, ainda se pode utilizar as funcionalidades dos aplicativos presente em um *smartphone*. Assim, o usuário pode realizar diversas operações automaticamente na residência sem a necessidade de acionar uma função determinada em cada ambiente ou ter diversos controles remotos para realizar os acionamentos. Com o auxílio do *smartphone*, o sistema pode ser todo integrado e acionado pelo celular, o que permite conforto e comodidade para o usuário (MONK, 2014).

A área que engloba tecnologias baseadas em comando de voz também está em constante crescimento. Existe uma grande variedade de sistemas disponíveis no mercado com diferentes níveis de complexidade (DUBRIN, 2002). Juntamente com o *smartphone*, as tarefas citadas anteriormente podem ser realizadas por comando de voz, trazendo ainda mais facilidades para os usuários. Os sistemas de comando via voz também permitem interações, onde o usuário pode conversar e perguntar informações ao sistema, como por exemplo, a previsão do tempo, a data, a hora, dentre outros.

Diante deste contexto, este trabalho tem como contribuição o desenvolvimento de uma análise de custos e viabilidade técnica para utilizar automação de tarefas domésticas em residências. O intuito será identificar os possíveis equipamentos/componentes que possam ser instalados na residência para obter uma casa inteligente automatizada, que proporcione maior comodidade, praticidade e segurança nas atividades rotineiras do dia a dia das pessoas, além de determinar os custos envolvidos nesta automação. Esta pesquisa está pautada nos dispositivos mais utilizados e atuais do mercado, que oferece ao usuário toda a tecnologia que os fabricantes vem disponibilizando para a automação residencial.

1.1 Justificativa

Várias tecnologias podem ser utilizadas para se obter a automação de uma residência, entretanto o usuário precisa definir qual tarefa é importante e pode ser controlada. Para isso é necessário conhecer as tecnologias disponíveis no mercado para cada tarefa que se queira automatizar e quais as facilidades oferecidas. Assim, ao contrário do que várias pessoas pensam, a automação residencial não deve ser assimilada somente ao luxo, mas sim, ser vista como uma questão de conforto, praticidade, segurança, economia e otimização de tempo.

Diante disso, a automação pode facilitar e tornar automáticas algumas tarefas diárias em uma residência, eliminando assim o controle manual diretamente e a frequência

de operação de todos os equipamentos. A otimização de tempo com a automação de tarefas diárias é uma das vantagens proporcionadas pelo uso das tecnologias disponíveis no mercado. Assim, algumas funcionalidades podem estar disponíveis, como por exemplo: leitura de umidade e temperatura, controle de iluminação, presença, senhas, portas, portões, janelas e cortinas, dentre outros. Todas essas tarefas podem estar disponíveis via controle diretamente por *smartphone* ou serem realizadas via comando de voz.

Tendo em vista esse contexto, este trabalho se justifica ao colocar em prática todas estas funcionalidades citadas. Para isso será necessário um estudo sobre os equipamentos e dispositivos existentes no mercado atual e realizar uma análise de custos e viabilidade técnica para automatizar uma residência, otimizando assim, as tarefas do dia a dia do usuário. Neste contexto, este trabalho propõe também, reunir toda a automação residencial em uma única ferramenta capaz de controlar todos os dispositivos automatizados em uma residência, de forma simples e prática.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Para o desenvolvimento deste TCC foram utilizados dois Estudos de Caso. O primeiro se refere ao projeto de pesquisa nomeado como Casa Inteligente. Neste trabalho automatizou-se tarefas em uma maquete residencial, tais como: acionar automaticamente portas, portões, janelas, cortinas, motores, luzes, luminosidade, bem como abrir portas através de digitação de senha, controlar temperatura e umidade, dentre outras funções. A maquete pode ser visualizada na Figura 1.

O Estudo de Caso 2 é uma continuação da pesquisa do Estudo de Caso 1, sendo o foco principal deste TCC. Assim, este trabalho tem como objetivo geral estudar a viabilidade técnica e os custos iniciais para automatizar as tarefas do dia a dia do usuário em residências nos padrões reais (e não maquete), bem como realizar um comparativo entre os dispositivos utilizados e automatizados na maquete com os equipamentos disponíveis no mercado atualmente para este fim.

1.2.2 Objetivos Específicos

Dentre os objetivos específicos destacam-se:

- Criar um ambiente de fácil comunicação que seja acessível ao usuário;
- Listar os processos que serão automatizados em uma residência;
- Analisar os meios de comunicação dos dispositivos de automação disponíveis no mercado;

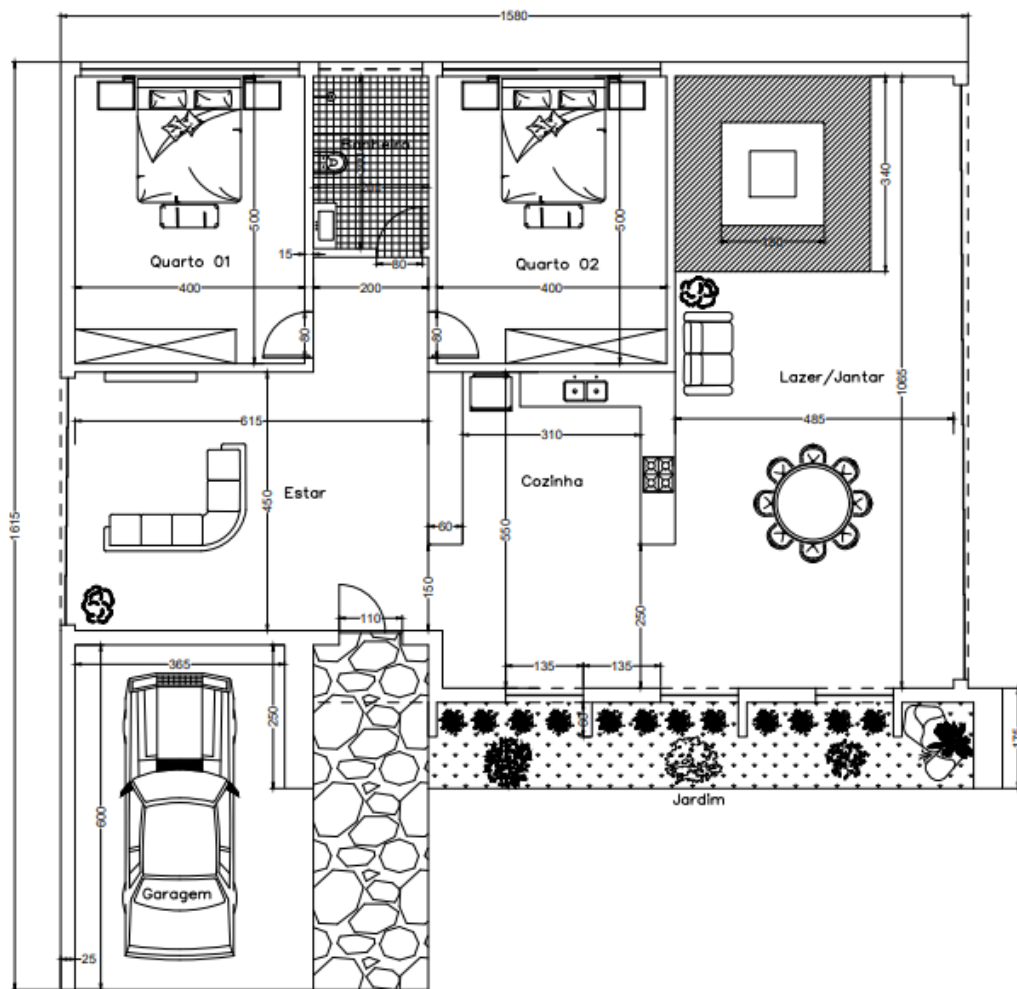


Figura 1 – Ilustração da planta baixa da casa.
Fonte: Próprio autor (2019).

- Estabelecer a interdisciplinaridade entre disciplinas (automação, eletrônica, micro-controladores, instrumentação, controle, algoritmo e acionamentos elétricos);
- Programar os aplicativos do *smartphone* para controlar as variáveis de processo;
- Estudar os produtos e equipamentos disponíveis no mercado que podem ser automatizados;
- Avaliar a viabilidade técnica para um investimento de baixo custo.

Assim, este trabalho está dividido em sete capítulos, sendo o primeiro a introdução já elencada. Na sequência será apresentado o estado da arte, seguido pela fundamentação teórica. No quarto capítulo será introduzido os materiais e a metodologia e, após então, disponíveis os principais resultados. Por fim, tem-se a conclusão e, então, os trabalhos futuros.

2 Estado da Arte

Este capítulo será destinado à apresentar trabalhos correlacionados com o desta pesquisa.

Nas últimas décadas, as casas inteligentes foram muitas vezes conceituadas como um sonho criativo para comunidades do futuro (BREGMAN; KORMAN, 2015). Porém, com o avanço das tecnologias, pode-se notar que o assunto já não é tratado dessa forma, sendo atualmente possível verificar uma disseminação do conceito e a existência de várias implementações. De acordo com Ghaffarianhoseini (2013), os projetos de casas inteligentes implementados podem ter diferentes objetivos, tais como: econômicos, ecológicos, otimização para pessoas idosas e com deficiência, dentre outros.

Agregado a estes conceitos, atualmente muito se tem falado em "Internet das coisas", o que corrobora ainda mais para a automação ao utilizar sensores e atuadores conectados à internet para contribuírem para a segurança, comodidade e praticidade do usuário ao controlar e monitorar sua residência remotamente (BIEGELMEYER, 2015). Diante deste cenário, a comunicação viabiliza o envio de comandos a serem seguidos em lugares com componentes inteligentes, caracterizando assim o controle efetuado por um sistema autônomo.

O trabalho apresentado por (ANDRADE, 2018) teve como objetivo desenvolver um sistema de controle autônomo utilizando o paradigma de Sistemas Multiagentes e explorando principalmente os conceitos de capacidade de reação e adaptabilidade, de modo que o sistema funcione de maneira autônoma e garanta que seus habitantes sempre tenham suas preferências atendidas pelo sistema. Para isso foi selecionada uma plataforma de desenvolvimento de Sistemas Multiagentes, elaborando um cenário com situações a serem atendidas pelo sistema. Em seguida foi desenvolvida sua arquitetura, que foi implementada e testada em um ambiente simulado.

Já o trabalho de (BIEGELMEYER, 2015), apresentou a ideia de explorar o mundo da *Internet of Things* e sua aplicabilidade em um sistema residencial através da implementação de sensores e atuadores conectados à internet, permitindo ao usuário monitorar e controlar sua residência remotamente. Para alcançar esta aplicação foi desenvolvido um aplicativo para *smartphone* capaz de se comunicar via internet com os sensores e atuadores da residência. Estes, por sua vez, se comunicavam com o *gateway* do sistema através de uma comunicação de baixo custo e, o *gateway*, conectado à internet, via rede *wi-fi*. Esta conexão priorizou a comunicação sem fio do sistema, eliminando toda a questão de cabos e permitindo a instalação em locais já edificados.

No trabalho desenvolvido por (NETO, 2018), ele apresenta um protótipo de automa-

ção residencial por comandos de voz utilizando a assistente pessoal da Amazon, conhecido como Alexa (AMAZON, 2020a). Esse protótipo utiliza o microcontrolador Arduino Ameba (SOLUTIONS, 2020) para se conectar à internet por meio de uma rede sem fio, além de controlar as luzes de uma casa, abrir uma porta por meio de um eletroímã e enviar dados de temperatura do ambiente para o servidor HTTP *Thingspeak* (THINGSPEAK, 2020), utilizando o sensor de temperatura e umidade DHT11.

Este trabalho em relação aos citados anteriormente, tem uma proposta mais ampla em relação à quantidade de sensores/atuadores implementados e ao tipo de automação. Utiliza-se também o conceito de "Internet das Coisas", o qual é muito aplicado atualmente em várias áreas de pesquisa.

No projeto de pesquisa citado anteriormente, alguns equipamentos foram testados individualmente afim de identificar o funcionamento, o controle e a programação de cada um, para a implementação em uma maquete. Além disso, ainda foram realizados vários testes ao utilizar um *smartphone* para controlar todos os processos remotamente. Agregado a todo esse desenvolvimento, este trabalho se destaca pelo estudo de automação aplicado em residências e não em maquete, considerando os custos e a viabilidade técnica de equipamentos/dispositivos disponíveis no mercado atual, para possibilitar as implementações.

Este cenário de automação residencial se destaca neste trabalho pelo fato de todos os dispositivos escolhidos se conectarem via comando de voz no equipamento da Amazon, conhecido como Alexa. Segundo Vigliarolo (2017), Alexa é um serviço de assistente pessoal inteligente na nuvem, onde o usuário pode solicitar tarefas como: realizar pesquisas, solicitar a execução de uma lista de músicas ou verificar o horário atual.

Isso tudo corrobora com o avanço de tecnologias de automação ao transformar em realidade o sonho de muitas pessoas em ter uma casa inteligente, especialmente em termos de custos.

3 Fundamentação Teórica

Neste capítulo será apresentada a fundamentação teórica das tecnologias que serão utilizadas para o desenvolvimento deste trabalho. Com isso, será necessário avaliar temas como, microcontrolador Arduino, sistema de comunicação por voz, climatização, iluminação, acionamento de motores, sistema de segurança, dentre outros tópicos que são fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

3.1 Microcontrolador Arduino e *Software* Blynk x *Echo Dot* (3ª Geração): *Smart Speaker* com Alexa (3ª Geração)

Os primeiros microcontroladores Arduino foram desenvolvidas em 2005, com o intuito de tornar uma ferramenta prática e de baixo custo para os estudantes desenvolverem suas aplicações (EVANS; NOBLE; HOCHENBAUM, 2013). No projeto de pesquisa foi utilizado o Arduino Mega 2560.

Segundo Monk (2015), o termo Arduino é usado para descrever tanto a placa física como o sistema Arduino no todo. Para Monk (2014), Arduino é uma pequena placa de microcontrolador que contém uma conexão USB, tornando possível a ligação com um computador. Segundo Geddes (2017), Arduino é um pequeno computador que pode ser programado para conectar e controlar vários componentes eletrônicos.

Banzi e Shiloh (2015) descrevem o Arduino como uma plataforma de computação física de fonte aberta, com base em uma placa simples de entrada/saída.

Assim, para exemplificar uma placa Arduino, a Figura 2 ilustra o Arduino Mega 2560.

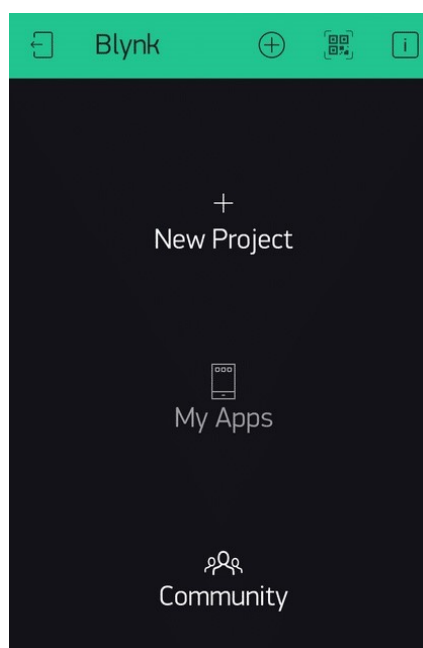


Figura 2 – Placa arduino MEGA 2560.

Fonte: (ARDUINO, 2020).

Para realizar a comunicação do microcontrolador Arduino com o *smartphone*, será utilizado o *software* Blynk, que é um aplicativo personalizável que permite controlar um *hardware* programável, bem como reportar dados do *hardware* ao aplicativo. Desta forma, é possível construir interfaces gráficas de controle de forma rápida e intuitiva e que interage com mais de 400 placas de desenvolvimento, em sua maioria baseadas em Arduino (SERRANO, 2018).

Segundo Serrano (2018), o Blynk é um aplicativo disponível para *Android* que permite ao usuário criar aplicações que interagem com o *hardware*. Através de um espaço próprio para cada projeto, o usuário pode inserir botões, barras deslizantes e chaves que implementam funções de controle, notificação e leitura de dados do *hardware*. A interface do Blynk é apresentada na Figura 3.

Figura 3 – Interface do *software* Blynk.

Fonte: (BLYNK, 2020).

Além do *software* Blynk, tem disponível no mercado o sistema *Echo Dot* (AMAZON, 2020c) que é um dispositivo compacto que através do sistema inteligente de comunicação Alexa, executa as inúmeras tarefas que recebe por comandos de voz, como por exemplo, acender a luz, abrir a cortina, informar a previsão do tempo, etc. Este sistema substitui não somente o Blynk, mas também, o microcontrolador Arduino, oferecendo as mesmas funcionalidades.

De acordo com a Amazon (2020c), a Alexa é uma assistente pessoal que permite reconhecer e conectar-se aos dispositivos compatíveis que estão instalados por perto, através do dispositivo *Echo Dot* mostrado na Figura 4. Uma vez conectados, as funções solicitadas são executadas pelos dispositivos por comando de voz ou pelo *smartphone*. Também, é conectado em aplicativos onde é possível escutar músicas, pedir informações, fazer ligações, dentre outras funcionalidades.



Figura 4 – *Echo Dot* (3ª Geração): *Smart Speaker* com Alexa.
Fonte: (AMAZON, 2020c).

3.2 Climatização

Os sistemas de climatização proporcionam maior conforto dentro de uma residência. Eles ajudam a manter uma temperatura agradável e desejável, de forma prática, sendo assim, essenciais e de grande preferência em um sistema de automação residencial.

Como forma de representação utilizado no projeto de pesquisa, foi utilizado um *cooler*, conforme a Figura 5, para representar um sistema de ventilação para a climatização do ambiente.

Para monitorar esse sistema de ventilação, o sensor de temperatura e umidade DTH11, representado na Figura 6, foi inserido junto ao *cooler*, acionando a climatização assim que fosse detectado os valores definidos pelo usuário.



Figura 5 – Cooler utilizado para o sistema de ventilação.
Fonte: (FILIFEFLOP, 2019).

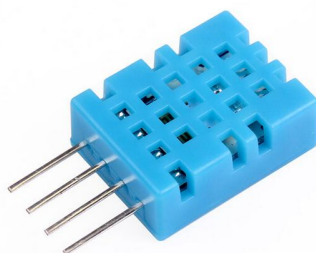


Figura 6 – Sensor de temperatura e umidade para controle de climatização.
Fonte: (FILIFEFLOP, 2020g).

3.3 Interruptor inteligente *wi-fi* TH16 com sensor de temperatura e umidade

O interruptor *wi-fi* TH16 é um relé da empresa Sonoff (SONOFF, 2020a) que pode ser utilizado junto com sensores de temperatura e umidade. Ele pode ser programado para acionar ou desacionar caso a temperatura e/ou umidade atinjam determinados valores. É compatível com os comandos de voz e por aplicativo, onde pode ser utilizado para acionar diversos eletrodomésticos.

O sensor de temperatura e umidade Si7021 da Sonoff, ilustrado na Figura 7, contém uma ampla faixa de trabalho onde é possível medir temperaturas de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ até $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ e umidade de 0 a 80 % UR (SONOFF, 2020b) .



Figura 7 – Interruptor inteligente *wi-fi* com sensor de temperatura e umidade Si7021.
Fonte: (LIVRE, 2020i).

3.4 Iluminação

Tal como o sistema de climatização, o sistema de iluminação também proporciona conforto e praticidade para o usuário quando utilizado de forma automatizada nas residências. Com ele, é possível acender e desligar a iluminação de qualquer ambiente e ainda, controlar a intensidade da luminosidade de acordo com a necessidade do usuário e da programação do ambiente.

No projeto de pesquisa foram utilizadas LEDs de alto brilho, conforme a Figura 8, em alguns cômodos da maquete para representar um sistema de controle de iluminação e luminosidade para os ambientes.



Figura 8 – LED 5 mm de alto brilho para o controle de iluminação e luminosidade.
Fonte: (LIVRE, 2020c).

No sistema de iluminação, segundo Wortmeyer, Freitas e Cardoso (2005), há também a simulação de presença, como por exemplo, quando o morador viaja e não tem mais a necessidade de deixar uma luz da casa acesa para desencorajar possíveis invasões. O sistema de controle de iluminação gerencia essa tarefa de forma eficiente, acendendo e apagando as luzes seguindo regras de comportamento, simulando assim, a presença de

pessoas no local.

3.5 Interruptor *Dimmer* inteligente com controle remoto

Segundo a [Sonoff \(2019a\)](#), o interruptor inteligente Sonoff D1 *dimmer* possibilita o controle de luminosidade de várias formas. Uma delas é através do *smartphone*, onde o usuário pode escolher a intensidade de luz desejada. Outra forma é pelo comando de voz, ao utilizar os dispositivos da Amazon ou *Google*, ou ainda, a partir do controle remoto de 8 teclas RF RM433 que possibilita escolher entre 4 níveis de luminosidade: i) claridade alta; ii) 60% de brilho; iii) 40% de brilho e; iv) baixo brilho (ajustável). Além disto, ainda contém teclas de ligar e desligar, RF e emparelhamento via *wi-fi*. Este dispositivo pode ser programado para alterar a intensidade luminosa do ambiente de acordo com o desejado pelo usuário.

Esse tipo de interruptor pode ser instalado dentro de uma caixa de montagem 86, com uma base de acabamento feita para guardar o controle, conforme a Figura 9.



Figura 9 – Interruptor *dimmer* inteligente com controle remoto.

Fonte: ([LIVRE, 2020f](#)).

3.6 Interruptores de parede inteligentes *wi-fi* da série TX

Disponibilizados nas cores branco e preto, os interruptores *wi-fi* da Sonoff ([SONOFF, 2020a](#)) são dispositivos que podem trabalhar de diversas formas. Eles podem ser acionados por botões sensíveis ao toque, comando através de aplicativo, via voz com a Alexa ou *Google Assistant* e, ainda, por controle remoto RF RM433, de acordo com [Sonoff \(2019c\)](#). Eles ainda podem ser programados para ligar ou desligar em horários pré-definidos. Como ilustrado na Figura 10, tem-se três tipos de interruptores para controlar até três lâmpadas distintas por módulo.



Figura 10 – Interruptores de parede inteligentes T0US1C-TX, T0US2C-TX e T0US3C-TX.
Fonte: (LIVRE, 2020h).

3.7 Interruptor inteligente *wi-fi* DUALR2

A Sonoff (SONOFF, 2020a) ainda contém vários interruptores inteligentes. A Figura 11 ilustra a representação do DUALR2, um interruptor que pode ser utilizado para duas aplicações distintas. Com esse interruptor é possível ligar e desligar várias equipamentos, acompanhar pelo *smartphone* o status que se encontra os dispositivos conectados a ele, além de aceitar horários programados para executar as tarefas. Este interruptor também conta com a tecnologia do acionamento pelo comando de voz quando integrado com a Alexa ou *Google Assistant*.



Figura 11 – Interruptor inteligente *wi-fi* DUALR2.
Fonte: (LIVRE, 2020g).

3.8 Sensores

Os sensores proporcionam inúmeras utilidades em uma residência automatizada. Eles podem enviar informações para controlar a abertura e o fechamento de portas, portões, janelas e cortinas, por exemplo. Estes sensores são os de chuva, fim de curso e luz LDR, além de temperatura.

Eles podem ser utilizados também no monitoramento de pessoas em um ambiente, com um alcance limitado, mas quando ele for bem posicionado em um local estratégico poderá ser acionado quando detectar uma pessoa ou objeto que esteja em movimento (REBESCHINI, 2012). No projeto de pesquisa foi utilizado um sistema de controle de iluminação na garagem, acionando o LED quando fosse detectado presença no local. A Figura 12 ilustra um sensor de presença utilizado na maquete.

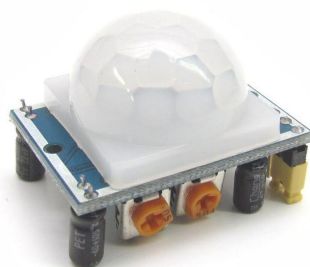


Figura 12 – Sensor de presença para o controle da iluminação da garagem.
Fonte: (LIVRE, 2020e).

A exemplo do sensor de presença, o sensor de chuva da Figura 13 também monitora uma determinada ação para acionar um equipamento da maquete. Neste caso, o sensor ao detectar chuva, aciona o fechamento de uma janela que é controlada por um motor CC com caixa de redução e sensores fim de curso. Todo esse processo de abertura e fechamento depende do estado que a janela se encontra e das condições estabelecidas anteriormente pelo usuário.

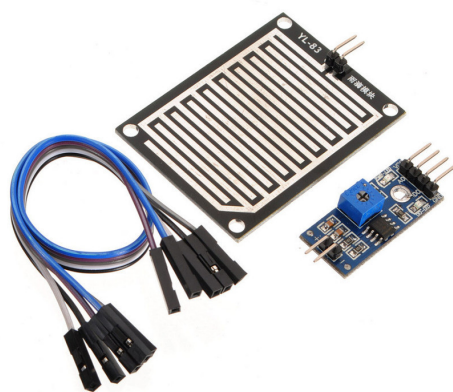


Figura 13 – Sensor de chuva YL-83 para o controle de abertura e fechamento da janela.
Fonte: (FILIPEFLOP, 2020d).

O sensor fim de curso da Figura 14 tem como função estabelecer o fim de algum item/objeto. Ele que determina o início e fim do movimento das portas, portão, janela e

cortina da maquete automatizada. Todos os comandos relacionados com esses itens citados acima, dependem do funcionamento do sensor fim de curso.



Figura 14 – Sensor de fim de curso para determinar o limite de funcionamento da porta, portão, janela e cortina.

Fonte: (LIVRE, 2020b).

Segundo Lima, Nobre e Alencar (2010) os clientes continuam cada vez mais exigentes quando o assunto é conforto, comodidade e segurança residencial. Por isso, considerando todos os aspectos de segurança da maquete automatizada, o sensor de luz LDR, representando pela Figura 15, foi integrado ao portão para ser acionado ao detectar algum movimento entre a abertura e o fechamento, fazendo com que o seu funcionamento seja interrompido até que o caminho esteja livre.

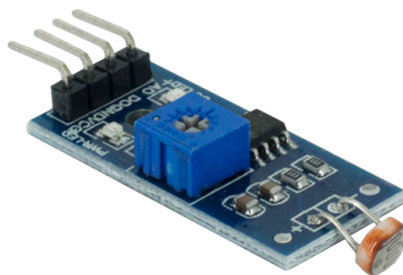


Figura 15 – Sensor de luz LDR para determinar alguma obstrução ao acionar o portão da garagem.

Fonte: (FILIPEFLOP, 2020e).

Ainda complementando a implementação da maquete foi desenvolvido na área de lazer um *ôfuro*. Para isso, um sensor de temperatura à prova d'água (Figura 16) teve a função de monitorar o aquecimento da piscina, enquanto uma resistência elétrica fizesse o

aquecimento. Além disso, uma mini bomba representado na Figura 17 impulsionou a água fazendo com que ela circule, ilustrando assim, o conforto de uma hidromassagem.



Figura 16 – Sensor de temperatura DS18B20 à prova d'água para monitorar o aquecimento da piscina da área de lazer.

Fonte: (FILIPEFLOP, 2020f).



Figura 17 – Mini bomba para impulsionar a água e fazer com que ela circule.

Fonte: (LIVRE, 2020a).

Todos esses comandos foram feitos de forma remota através do *software* Blynk em um *smartphone*. Os valores de temperatura e umidade, por exemplo, foram enviados para esse aplicativo para informar as informações lidas pelos sensores.

3.9 Sonoff 433 RF *Bridge* com sensor PIR2 e DW1

O Sonoff 433 RF *Bridge* é uma central controlada via *wi-fi*, que copia as teclas dos controles remotos RF, sendo assim, possível controlar os dispositivos RF integrados a ela a partir de um *smartphone*. Segundo (OLIVEIRA, 2020), o Sonoff RF *Bridge* 433 MHz central controladora via *wi-Fi* é um HUB de integração que possibilita dispositivos RF 433MHz serem controlados através do *smartphone* ou *tablet* pela internet via *wi-fi* 2.4 GHz ou redes móveis (3G/4G). A central tem capacidade de copiar e armazenar o código RF emitido por botões de controles remotos, alarmes sem fio RF e sensores de presença sem fio RF, por exemplo.

Na Figura 18 temos o sensor de movimento PIR2 (ao centro), o sensor de alarme de porta/janela DW1 (à esquerda) e o Sonoff 433 RF *Bridge* (à direita), para auxiliar na segurança doméstica. Esses dois sensores são integrados ao RF *Bridge*, onde o PIR2 trabalha detectando qualquer movimento onde estiver instalado e o DW1 notificará através da Alexa quando uma porta/janela for aberta após o pareamento com o aplicativo.



Figura 18 – DW1, Sensor PIR2 e Sonoff 433 RF *Bridge*.
Fonte: (LIVRE, 2020d).

3.10 Câmera de segurança IP sem fio *wi-fi*

Segundo (WORTMEYER; FREITAS; CARDOSO, 2005), de todos os sistemas domóticos (de automação residencial), o de segurança patrimonial é um dos mais procurados pelos usuários atualmente. Substituindo o velho “olho mágico”, tem-se câmeras equipadas com sensores de presença que captam movimentos estranhos e disparam, por exemplo, se algum objeto passar no seu raio de atuação e, em seguida, acionam a central de segurança do bairro ou o distrito policial mais próximo.

Essa praticidade na segurança é algo que a Sonoff (2019b) oferece com a câmera de segurança IP sem fio *wi-fi* Sonoff GK-200MP2-B. Este equipamento tem uma cobertura completa do ambiente em 360°, além de imagens Full HD 1080p com resolução de alta definição, visão noturna IR e alerta de detecção de movimento para segurança. Ele contém também notificação de alarme para os dispositivos conectados assim que algo for detectado, além da tecnologia com áudio bidirecional, sendo possível ver, ouvir e conversar com outra pessoa através do *smartphone* e câmera IP.

A câmera Sonoff GK-200MP2-B pode ser vista na Figura 19 e tem como principais características os seguintes itens:

- imagens HD 1080p;
- visão noturna IR;
- áudio bidirecional;
- detector de movimento;

- alerta de atividade;
- ângulo de visão de 360°;
- protocolo RTSP;
- cartão TF suportado.



Figura 19 – Câmera de segurança IP sem fio *wi-fi* GK-200MP2-B.
Fonte: (BANGGOOD, 2020).

3.11 Servo Motor e Teclado Alfanumérico

Para controlar a abertura e o fechamento da porta de entrada da maquete automatizada, foi necessário utilizar um servo motor, que pode ser facilmente implementado nas aplicações do Arduino. Esses tipos de motores, apresentam uma boa velocidade para um determinado ângulo de rotação de 180°, sendo ideal para esse tipo de aplicação. O servo motor utilizado na maquete pode ser visto na Figura 20.



Figura 20 – Micro servo motor 9g SG90 TowerPro.
Fonte: (FILIPEFLOP, 2018).

O acionamento da porta de entrada é feito a partir do *software* utilizado, e também, através de um teclado alfanumérico com senha previamente determinada pelo usuário, para realizar o controle de abertura e fechamento da porta. Este teclado é apresentado na Figura 21.



Figura 21 – Teclado de membrana matricial alfanumérico 4x4.
Fonte: (LIVRE, 2020k).

3.12 Fechadura Digital *Yale* YRD 256

Ainda em termos de segurança, a fechadura digital *Yale* YRD 256 representada na Figura 22 também oferece ao usuário uma maior praticidade, dispensando o uso de chaves, destrancando assim a fechadura com a utilização de senha. O sistema é compatível com a Alexa, sendo possível trancar a porta com um simples comando de voz. Entretanto, por motivos de segurança, o modo de abertura por comando de voz ainda está desativado, sendo possível apenas pelo *smatphone*.

Assim, a comodidade e o conforto também estão entre os vários benefícios dos sistemas de automação residencial. Pode-se destacar a comodidade pelo fato de, por exemplo, não ser necessário se levantar para abrir a porta da casa enquanto se assiste à televisão, já que tudo pode ser monitorado por câmeras, inclusive a entrada da residência (WORTMEYER; FREITAS; CARDOSO, 2005).



Figura 22 – Fechadura Digital *Yale* YRD 256, compatível com Alexa.
Fonte: (AMAZON, 2019).

3.13 Motor CC com Caixa de Redução e Ponte H

Para controlar a abertura e o fechamento da janela, cortina, portas e portão da maquete, foram utilizados motores conhecidos como motores CC com caixa de redução. Esse tipo de motor apresenta uma velocidade menor e, conseqüentemente, um torque elevado para movimentação mecânica de dispositivos eletromecânicos. Esse tipo de equipamento é ideal para esse tipo de aplicação e para ser utilizado junto ao Arduino. Um modelo de motor CC com caixa de redução pode ser visto na Figura 23.



Figura 23 – Motor CC com caixa de redução.
Fonte: (FILIPEFLOP, 2020b).

Intregado ao motor CC, o módulo *driver* ponte H L298N, ilustrado na Figura 24, é capaz de trabalhar com dois motores CC, também muito utilizado em implementações com o Arduino. Esse tipo de circuito permite realizar a inversão da direção/polaridade da corrente que flui através de uma carga, neste caso, para controlar a direção de rotação do motor CC com caixa de redução.

Além do mais, o módulo *driver* ponte H L298N permite controlar não só o sentido de rotação do motor, mas também, a sua velocidade através dos pinos PWM do microcontrolador Arduino.

3.14 Campanhia *wi-fi* com vídeo e relé de contato seco/pulso Sonoff, com fechadura elétrica e portão deslizante

O módulo relé Sonoff *wi-fi* representado na Figura 25, pode ser integrado a portões eletrônicos e fechaduras elétricas e proporcionar ao usuário a praticidade de utilizar o comando de voz para o acionamento através da Alexa e por controle remoto. Assim, o comando de voz pode reduzir as atividades rotineiras no dia a dia do usuário, sendo possível instalar a Alexa tanto dentro da residência, como dentro dos carros, para abrir e

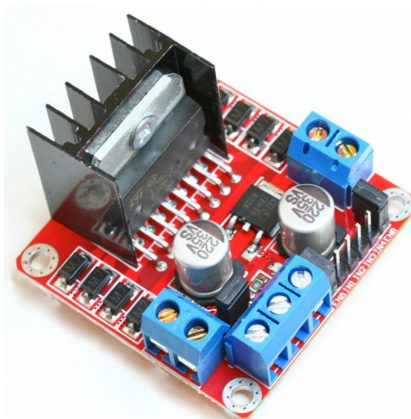


Figura 24 – Driver motor ponte H L298n.
Fonte: (FILIPEFLOP, 2020a).

fechar o portão eletrônico. O relé de contato seco/pulso é integrado junto à placa do motor do portão eletrônico, para ser possível a comunicação com a Alexa. O mesmo procedimento é necessário para comunicar a Alexa com a fechadura elétrica de um portão social, por exemplo.

Além dos dispositivos acima, a campanha inteligente *wi-fi* com vídeo, ilustrado na Figura 26, também pode ser integrada junto aos demais dispositivos, completando assim, toda a automação dos portões de entrada/garagem de uma residência. É ela quem avisa ao usuário a presença de algum visitante, sendo possível trocar informações via voz e ainda, visualizar quem está frente a campanha, garantindo assim, uma maior segurança para o usuário ao liberar o acesso em sua residência.



Figura 25 – Módulo relé Sonoff *wi-fi* Dc5v-12v-32v com função pulso e trava.
Fonte: (LIVRE, 2020j).

3.15 Cortina elétrica *wi-fi* Tuya

A Figura 27 apresenta uma ilustração da cortina elétrica *wi-fi* da Tuya, onde a sua abertura e fechamento é compatível com o comando de voz, *smartphone*, controle



Figura 26 – *Ring* - Campanha Inteligente (conexão *wi-fi*).
Fonte: (MOBLY, 2020).

remoto ou manual. Segundo a fornecedora [Zemismart \(2020b\)](#), estes comandos podem ser programados em horários determinados e pode-se escolher o quanto a cortina deve ser aberta ou fechada. Na instalação você pode escolher o lado que a cortina irá abrir ou se ela abrirá do centro para os lados. Ela pode ser instalada no teto ou na parede em áreas de 2,2 a 8,2 metros.

Com ela é possível ter a comodidade de um ambiente mais aconchegante em sua residência, dependendo da atividade, além de proteger os móveis da residência contra os raios solares e chuva.



Figura 27 – Cortina elétrica *wi-fi* *Tuya*.
Fonte: (ZEMISMART, 2020b).

3.16 Janela automática *Tuya*

A janela automática da *Tuya* é um dispositivo que possui comunicação *wi-fi*, sendo possível controlá-la utilizando o *smartphone*, controle remoto ou por comando de voz, já que ela é compatível com a *Alexa* ou *Google Assistant*. O princípio de funcionamento é basicamente uma corrente que é fixa à parte móvel da janela e a sua base fixada na parede. A Figura 28 representa a janela automática da *Tuya* com a corrente "aberta", sendo essa corrente a responsável por abrir ou fechar a janela. Ela é disponível em 3 tamanhos, sendo eles 30, 40 ou 50 centímetros.



Figura 28 – Janela automática *Tuya*.
Fonte: (ZEMISMART, 2020a).

3.17 Porta automática DORMA ES 200

Porta automática é muito utilizada em estabelecimentos comerciais e empresariais, garantindo segurança e trazendo modernidade ao local. Porém, elas também podem ser utilizadas em uma residência automatizada, seja para separar um cômodo de outro ou até mesmo para dar acesso a um jardim, por exemplo. Neste contexto, a porta automática DORMA ES 200 da Figura 29, proporciona ao ambiente um cenário mais confortável e prático para os usuários.

O DORMA ES 200 é um operador de porta deslizante, que corresponde a todos os padrões e regulamentos de segurança europeus e alemães. Ele compreende um *design* moderno, um motor que garante uma operação praticamente silenciosa, um microprocessador que controla automaticamente as velocidades de abertura e fechamento da porta, uma unidade de economia de energia e novas funções de programação. Estas funções permitem uma instalação, um ajuste e uma manutenção rápida e simples (DORMAKABA, 2020).



Figura 29 – Porta automática DORMA ES 200.
Fonte: ([DORMAKABA, 2020](#)).

3.18 Módulo *Ethernet* ENC28J60

O Módulo *Ethernet* ENC28J60 da Figura 30 utiliza o novo CI do Controlador *Ethernet* Independente Microchip ENC28J60, que possui uma série de recursos para lidar com a maioria dos requisitos de protocolo da rede. Este módulo LAN *Ethernet* conecta-se diretamente à maioria dos microcontroladores ([FILIPEFLOP, 2020c](#)).

As principais características dessa *shield* são:

- módulo LAN *Ethernet* para Arduino/AVR/LPC/STM3;
- *chip Ethernet* ENC28J60;
- pode ser facilmente montado com o MCU;
- interface de rede: HR911105A;
- tensão de alimentação: 3,3 V (5 V *Tolerant DIO*);
- oscilador de cristal de 25 MHz; e
- tamanho (C x L x A): aproximadamente 2,3 x 1,3 x 0,7 pol / 58 x 34 x 17 mm.

Assim, foi utilizado na maquete este módulo para estabelecer a conexão desejada e para automatizar os equipamentos especificados no projeto.

3.19 Controlador infravermelho

De acordo com a [Amazon \(2020b\)](#), o controlador infravermelho mostrado na Figura 31, é um dispositivo compacto que permite o controle de equipamentos com sinal

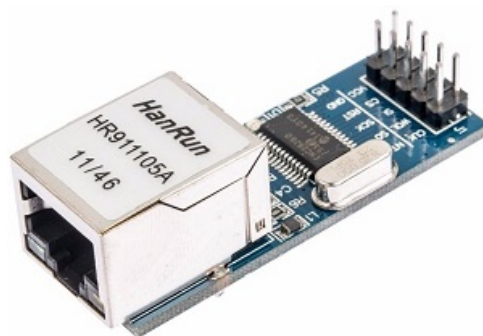


Figura 30 – Módulo *ethernet* ENC28J60.

Fonte: ([SENSOR...](#), 2020).

infravermelho, como por exemplo: televisão, ar-condicionado, aparelho de som, dentre outros. Esse controle, assim como os dispositivos *wi-fi* apresentados anteriormente, pode ser realizado via *smartphone* ou por comandos voz da Alexa ou *Google Assistant*.



Figura 31 – Controle Remoto IR com Alexa.

Fonte: ([AMAZON](#), 2020b).

4 Materiais e Metodologia

Os principais materiais utilizados neste trabalho, assim como a metodologia desenvolvida para implementação da pesquisa serão apresentados nos tópicos a seguir.

4.1 Materiais

4.1.1 Materiais da Maquete - Projeto de Pesquisa

Abaixo são definidos os materiais utilizados na maquete da casa inteligente:

- Microcontrolador Arduino Mega 2560;
- Maquete de MDF;
- Motores CC com caixa de redução 12 V 100 rpm;
- Servo motor 9g SG90 TowerPro;
- *Drive* de potência tipo ponte H L298n;
- *Smartphone*;
- Módulo de *Ethernet* ENC28J60;
- *Software* Blynk;
- Sensor de temperatura e umidade DHT11;
- Sensor de temperatura a prova d'água DS18B20;
- Sensor de presença HC-SR501;
- Sensor de chuva YL-83;
- Sensor LDR 5 V LM393;
- Sensor infravermelho de distância/barreira;
- Sensor fim de curso KW11-3Z-5A;
- *Cooler* 7 mm 12 V/0,06 A;
- Mini bomba de água submersível 5 V 70-120l/h;
- Resistência elétrica Lorenzetti;

- Teclado alfanumérico com 16 teclas;
- LEDs 5 mm 5 V;
- Fios de conexão e cabos;
- Fontes de corrente contínua;
- Multímetro Hikari HM-2030;
- Acrílico;
- Placa de fenolite universal;
- Transistores BC547;
- MOSFET IRF740;
- Optoacopladores 4n25;
- Resistores;
- Relés SRD-S-105D;
- Dentre outros.

4.1.2 Materiais da Automação Residencial

Abaixo estão definidos os materiais escolhidos para realizar a automação de uma residência como escopo deste trabalho. Todos os dispositivos dos cômodos automatizados na maquete serão aqui representados por equipamentos que podem ser adquiridos no mercado e similares ao princípio de funcionamento da maquete.

- Interruptor inteligente *wi-fi* TH16 e DUALR2;
- Sensor de temperatura e umidade Si7021;
- Sonoff *Bridge wi-fi* 433 RF;
- Sensor de alarme de porta/janela DW1;
- Sensor de movimento PIR2;
- *Smart Dimmer Switch* D1;
- 433 MHz *Remote Controller* RM433;
- *Remote Controller Base* RM433 BASE;

- Cortina elétrica *wi-fi Tuya*;
- Câmera de segurança IP sem fio *wi-fi GK-200MP2-B*;
- Relé de contato seco/pulso Sonoff Dc5v-12v-32v;
- Campainha *wi-fi* com vídeo *Ring*;
- Fechadura elétrica HDL C-90;
- Motor de portão deslizante Dz Nano Turbo 1/4;
- Interruptores de parede inteligentes *wi-fi T0US1C-TX* e *T0US2C-TX*;
- Fechadura Digital *Yale YRD 256*;
- *Echo Dot* (3ª Geração): *Smart Speaker* com Alexa;
- Controle Remoto IR Docooler A1;
- Porta automática DORMA ES 200;
- Janela automática *Tuya*.

4.2 Metodologia

Esse capítulo se destina à apresentar a metodologia de estudo e pesquisa para o desenvolvimento do projeto. Dois tópicos foram destinados, sendo o primeiro relacionado à implementação da maquete do projeto de pesquisa (Estudo de Caso 1) e, o outro, a continuação deste projeto para complementar o TCC (Estudo de Caso 2).

4.2.1 Metodologia do Estudo de Caso 1 - Projeto de Pesquisa

Primeiramente foi criada a planta baixa de um modelo de residência utilizando o *software* AutoCAD®2020 (AUTODESK, 2020) para que a maquete fosse confeccionada com uso dos materiais MDF e acrílico. Em seguida, foram estudadas as funções do micro-controlador Arduino e sua programação, bem como a forma de estabelecer a comunicação entre ele e os equipamentos do processo e, também, com o *smartphone*.

Após um levantamento de todos os sensores/atuadores que seriam utilizados na maquete, foram realizados testes individuais de cada dispositivo a serem automatizados. A partir destes testes, foram realizados a implementação dos seguintes componentes:

- Motores CC com caixa de redução e sensores fim de curso para o acionamento de portas, portão, janela e cortina;

- Servo motor e teclado alfanumérico para o acionamento da porta de entrada da residência;
- Sensor de temperatura e umidade para o acionamento do *cooler* cuja finalidade foi climatizar o ambiente;
- Sensor de chuva para controlar o fechamento da janela do quarto quando estiver chovendo;
- Sensor de temperatura para monitorar o aquecimento da piscina;
- Resistência elétrica para aquecer a água da piscina;
- Bomba para impulsionar a água e fazer com que ela circule na piscina;
- LED's para o controle de iluminação interna e externa da residência;
- Sensor de presença para acionamento de ponto de iluminação, ao chegar e estacionar o carro.

Neste contexto, após a montagem da maquete, todos os sensores/atuadores foram instalados e automatizados com o uso do Arduino Mega. Também foi realizada uma comunicação do Arduino com o *software* Blynk, o qual é responsável pelo controle via sistema operacional *Android*. Segundo a [Blynk \(2020\)](#), ele é utilizado em projetos Iot ("Internet das Coisas") para conectar objetos do mundo real, em rede, e acessados através da internet. Ele permite que a plataforma seja controlada remotamente e módulos possam ser obtidos e exibidos no aplicativo, além do controle ser realizado de qualquer lugar.

Assim, após a comunicação entre o Arduino e o *software* Blynk, as variáveis do processo foram controladas e os controles disponíveis para o usuário no *smartphone*, tal como ilustrado na Figura 32. As variáveis foram: presença de pessoas, chuva, umidade, temperatura do ar e da água, luminosidade, etc. Resumidamente, foram automatizados os seguintes cômodos na maquete com acionamento via *smartphone*:

1. Portão da garagem com abertura e fechamento e sensor fim de curso;
2. Porta de acesso à maquete para digitação de senha via teclado alfanumérico e abertura automática;
3. LED's na sala e nos quartos com acionamento liga/desliga;
4. LED's com controle de luminosidade no jardim;
5. Medição de temperatura e umidade dos quartos com coleta de informações para acionar um *cooler* caso a temperatura ultrapassasse um determinado *set point*;

6. Janela do quarto com fechamento automático caso houvesse chuva;
7. Aquecimento da piscina com coletada de informação da temperatura da água;
8. LED's para controle de iluminação da garagem com uso de sensor de presença, ao estacionar o carro;
9. Cortina na sala com abertura e fechamento automatizados.



Figura 32 – Representação da casa inteligente.
Fonte: Próprio autor (2020).

Portanto, para desenvolver a pesquisa foram necessárias algumas etapas as quais estão descritas a seguir. Essas etapas podem ser melhor visualizadas no diagrama de blocos da Figura 33. Cada bloco ilustrado nesta figura tem uma função específica, sendo que no centro está o microcontrolador Arduino. Todos os blocos de funções estão interligados, diretamente ou indiretamente no Arduino e serão detalhados a seguir:

1. **Arduino e rede:** o microcontrolador irá receber e controlar os diversos tipos de sinais oriundo dos sensores instalados na maquete da residência. A placa irá utilizar a rede de dados para transportar informações entre os dispositivos do sistema e fazer o controle conforme comando do usuário;

2. **Sensores:** esta classe de dispositivos contém sensores de temperatura, umidade, presença, chuva, fim de curso e LDR. Eles foram inseridos na maquete da residência e controlados pelo Arduino. Esses sensores coletam os estados das variáveis do processo para verificar, como por exemplo, temperatura, umidade, luminosidade, presença, dentre outras funções;

3. **Controle via sistema operacional *Android*:** as variáveis de processo da residência foram monitoradas e controladas remotamente pelo *software* Blynk, que é

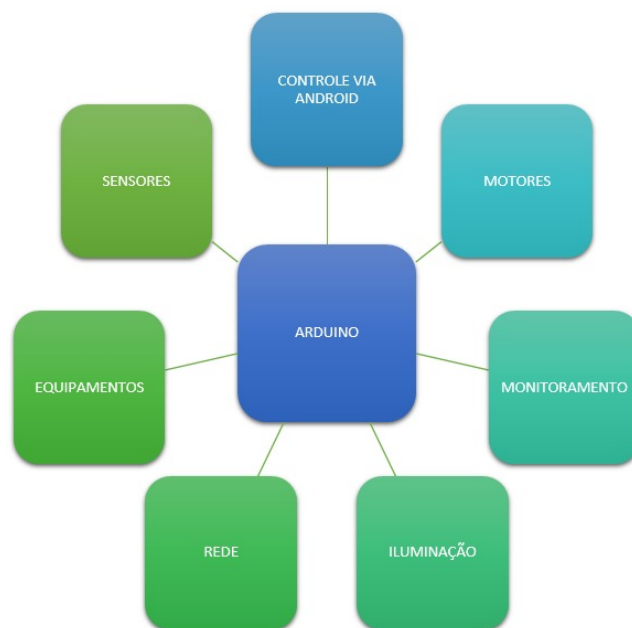


Figura 33 – Diagrama de blocos do funcionamento da casa inteligente.
Fonte: Próprio autor (2019).

um aplicativo do *smartphone* que comunica com o Arduino. Assim, foi necessário criar estruturas no Blynk para que os equipamentos fossem controlados. As funções dessas variáveis são acessíveis pelo celular e serão detalhadas na sessão de Resultados;

4. **Motores, resistência, bomba e cooler:** A placa Arduino processa as informações oriundas dos sensores e aciona os motores CC com caixa de redução, o servomotor, a bomba e o *cooler*. Esses acionamentos foram executados via celular de acordo com a operação dada pelo usuário ao utilizar o *software* Blynk.

4.2.2 Metodologia do Estudo de Caso 2 - Automação Residencial

Diante da maquete automatizada, um estudo foi realizado no mercado atual para encontrar equipamentos com funções similares que pudessem ser automatizados. Inicialmente foi realizado um estudo dos equipamentos disponíveis e dos modelos e marcas para automatizar as tarefas diárias das pessoas.

Dentre várias empresas da área de automação residencial presentes no mercado, a Sonoff Brasil (SONOFF, 2020a) vem inovando no mercado de eletrônicos, tecnologias e quantidade de linhas de produtos com funcionalidades e aplicações específicas. Ela disponibiliza um catálogo completo de vários produtos das linhas: i) interruptores; ii) tomadas; iii) sensores e; iv) acessórios. Além disso, seus produtos são compatíveis com outras tecnologias, como a Alexa e *Google Assistant*, trazendo várias formas diferentes de se comunicar com um mesmo equipamento.

Outra empresa presente no ramo de automação residencial é a Amazon, a qual

desenvolveu a assistente pessoal Alexa. Ela se comunica na nuvem através da plataforma *Web Service* da Amazon (AWS). Assim, ao utilizar dispositivos compatíveis com a Alexa é possível controlá-los de forma simples e ágil, utilizando comando de voz ou pelo próprio aplicativo.

Em seguida foi feita uma analogia aos cômodos da maquete para escolher os equipamentos que seriam utilizados em cada um deles, tal como a seguir:

- Sensor de temperatura e umidade para monitorar a climatização na sala de estar;
- *Dimmer* integrado a um controle remoto para controlar a luminosidade da sala de estar, dos quartos e do jardim;
- Câmera de segurança para a área externa da casa, além de um sistema de alarme com sensor de movimento na garagem e sensor de abertura nas portas e janelas;
- Fechadura digital para o controle da porta de entrada da residência;
- Relé de contato/pulso integrado ao motor de portão deslizante para o acionamento do portão da garagem, e também, um relé integrado a fechadura elétrica para a abertura do portão social. Além de uma campanha *wi-fi* com vídeo para o controle de acesso à casa;
- Cortina para bloquear a incidência da luz solar na sala de estar, nos quartos e na área de lazer;
- Porta automática com sensor de presença na área de lazer;
- Janela automática para controlar a ventilação e insolação dos quartos;
- Interruptores inteligentes para a cozinha, banheiro, corredor, garagem e área de lazer;
- Interruptores inteligentes dual funcionando como tomadas inteligentes nos quartos e na cozinha, para acionar equipamentos, como por exemplo: cafeteira, abajur, ventilador e forno elétrico, etc;
- Controle remoto infra-vermelho (IR) para controlar o acionamento da TV e do ar-condicionado da sala de estar.

Com estes equipamentos, a automatização da residência pode ser ilustrada conforme Figura 34. Observa-se que a maioria dos itens estão comunicando com o dispositivo *Echo Dot* e serão descritos logo abaixo:



Figura 34 – Diagrama de blocos da linha Sonoff Brasil.
Fonte: (SONOFF, 2020a).

1. **Echo Dot (3ª Geração): Smart Speaker com Alexa:** como já introduzido no capítulo 2, segundo Amazon (2020c) a Alexa é um sistema inteligente que se comunica com diversos dispositivos e aplicativos, interagindo de forma a executar tarefas. É mais conhecida pelo seu sistema de voz, porém aceita comandos através de seu aplicativo. Ela estará conectada com a maioria dos dispositivos utilizados na automação residencial;

2. **Iluminação:** existem vários módulos inteligentes para automatizar a iluminação de uma residência. Além da possibilidade de ligar e desligar uma lâmpada, também é possível controlar sua luminosidade. Para esse tipo de aplicação, existem dispositivos próprios de fácil conexão;

3. **Comunicação:** a principal comunicação dos aplicativos é o *wi-fi*. Com ele é possível interagir com todos os dispositivos de forma rápida e simples. Alguns módulos também se comunicam através de rádio frequência, onde o controle remoto RF é utilizado;

4. **Aplicativos:** os equipamentos possuem seu próprio aplicativo para controle, como por exemplo: o *eWeLink* da Sonoff e o *Tuya Smart* da Tuya. Contudo, a maioria desses dispositivos são compatíveis com a Alexa, sendo possível ter todo o controle de um só aplicativo;

5. **Sistema de segurança:** esta classe de dispositivos contém câmeras de segurança IP *wi-fi*, sensores de movimento e alarme de porta/janela. Eles foram inseridos na casa automatizada para garantir a segurança dos ambientes e usuários. A câmera funciona com o acesso remoto ao aplicativo e os sensores são compatíveis com a Alexa;

6. **Sensores:** Os sensores mais utilizados na automação residencial são aqueles

para medir as variáveis de temperatura, umidade e movimento. Com essas informações é possível controlar vários processos, como acender uma lâmpada, acionar um alarme, ligar o ar-condicionado, etc.

Assim, após a definição de quais equipamentos atendem todos os requisitos para automatizar os processos escolhidos, foi realizado o estudo de viabilidade técnica e análise de custos. Com isso, pode-se apresentar os resultados obtidos com o trabalho.

5 Resultados e Discussões

No desenvolvimento deste trabalho foram realizadas várias etapas para se chegar ao produto final da maquete, onde vários equipamentos foram inseridos nela para verificar a aplicação e o funcionamento de tarefas automatizadas. A partir deste desenvolvimento, e com a metodologia apresentada no capítulo anterior, foi realizado uma análise de custos e viabilidade técnica para automatizar uma residência. Com isso, foi realizado uma pesquisa no mercado de várias empresas e quais equipamentos poderiam ser melhor empregados para esse fim, considerando a praticidade, funcionalidade, comodidade, segurança e conforto para os usuários. Assim, esse capítulo se destina à apresentar dois estudos de caso e os resultados obtidos neste trabalho.

5.1 Planta Baixa e Diagrama Elétrico Unifilar

Inicialmente a planta baixa foi elaborada no *software* AutoCAD®2020 (AUTO-DESK, 2020) e o diagrama unifilar foi desenvolvido para ilustrar todos os cômodos da casa, a representação dos pontos de energia e a disposição dos equipamentos, conforme a Figura 35. A partir da definição da arquitetura do projeto, a planta baixa foi utilizada para o desenvolvimento da maquete e, então, para o levantamento dos equipamentos para realizar a análise de custos e viabilidade técnica.

Veja na Figura 35 que a maquete contém dois quartos, uma sala integrada com a cozinha, uma área de lazer com ôfuro, uma garagem e um quintal para a jardinagem.

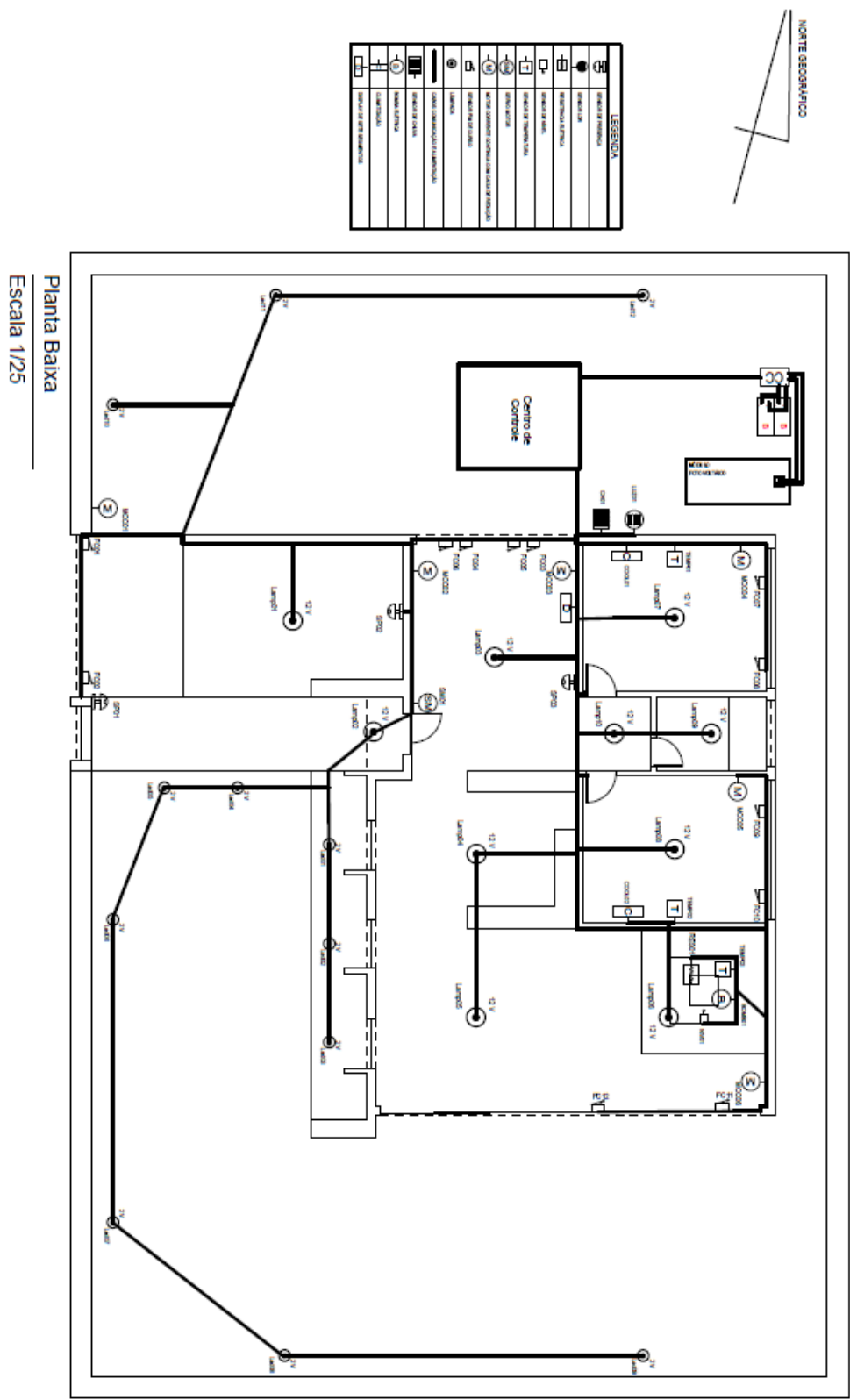


Figura 35 – Planta baixa com esquema elétrico.
Fonte: Próprio autor (2019).

5.2 Componentes e Equipamentos

5.2.1 Estudo de Caso 1: Maquete Automatizada

Os principais componentes, a quantidade de dispositivos empregados no projeto e os respectivos modelos utilizados na maquete da casa inteligente podem ser vistos na Tabela 1. Nela estão presentes os sensores, que são responsáveis por captarem um determinado sinal do sistema e converterem em sinais elétricos correspondentes, bem como os atuadores que convertem algum tipo de energia em energia mecânica.

Tabela 1 – Materiais utilizados na maquete.

Núm.	Materiais	Qte.	Modelo
1	Microcontrolador Arduino	1	Mega 2560
2	Material MDF	-	-
3	Motores CC com caixa de redução	5	12 V 100 RPM
4	Servo motor	1	9g SG90 TowerPro
5	<i>Drive</i> de potência tipo ponte H	3	L298n
6	<i>Smartphone</i>	1	Moto G5 Plus
7	Módulo <i>ethernet</i>	1	ENC28J60
8	<i>Software</i> Blynk	1	-
9	Sensor de temperatura e umidade	1	DHT11
10	Sensor de temperatura a prova d'água	1	DS18B20
11	Sensor de presença	1	HC-SR501
12	Sensor de chuva	1	YL-83
13	Sensor LDR	1	5 V LM393
14	Sensor infravermelho de distância/barreira	1	Laser
15	Sensor fim de curso	10	KW11-3Z-5A
16	<i>Cooler</i>	1	7 mm 12 V/0,06 A
17	Mini bomba de água submersível	1	5 V 70-120l/h
18	Resistência elétrica	1	Lorenzetti
19	Teclado alfanumérico	1	16 Teclas
20	LEDs	6	5 mm 5 V
21	Fios de conexão e cabos	-	-
22	Fonte de corrente contínua	2	-
23	Multímetro	1	Hikari HM-2030
24	Acrílico	-	-
25	Placa de fenolite universal	-	-
26	Transistores	2	BC547
27	MOSFET's	2	IRF740
28	Optoacopladores	2	4n25
29	Resistores	11	-
30	Relés	1	SRD-S-105D

Fonte: Próprio autor (2020).

Todos os componentes e equipamentos foram inseridos na maquete da casa inteligente e programados para que o Arduino pudesse realizar o controle e, o *software*

Blink, atuar remotamente para realizar os acionamentos. Esta metodologia está descrita no capítulo anterior.

Assim, todos os sensores e atuadores foram ligados junto ao microcontrolador Arduino, conforme Figura 36.

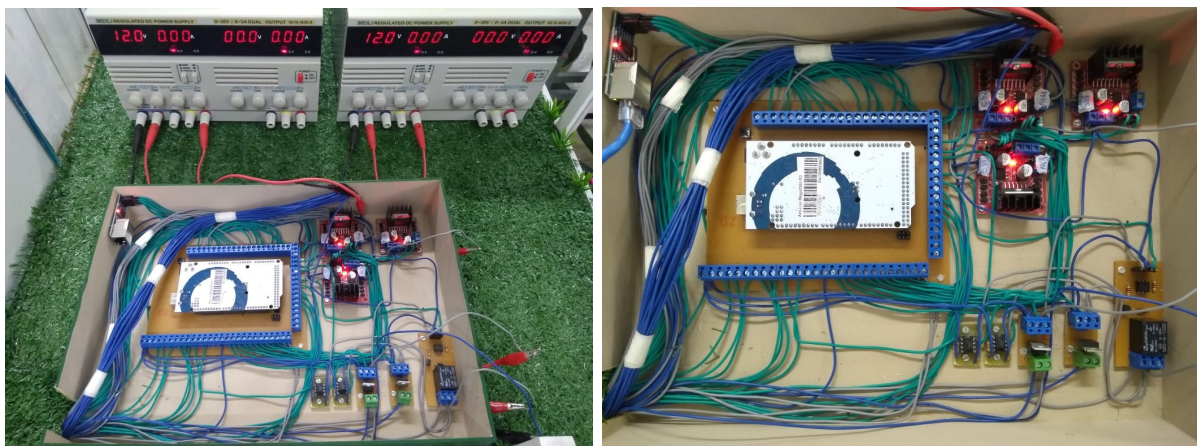


Figura 36 – Alimentação e conexão do microcontrolador Arduino Mega com os sensores. Fonte: Próprio autor (2020).

Na figura anterior pode-se visualizar os equipamentos interligados em uma PCB (placa de circuito impresso) que faz a conexão com o microcontrolador Arduino. Outros equipamentos também foram utilizados, tais como: i) resistores para limitar a queda de tensão nos LEDs; ii) MOSFETs para acionar o *cooler* e a bomba; iii) relé para acionar a resistência e; iv) optoacopladores para realizar o isolamento dos circuitos eletrônicos.

Além disso, foram utilizadas 4 fontes de corrente contínua para alimentar o Arduino, pontes H e a parte eletrônica do circuito. Para minimizar as interferências e ruídos da parte eletrônica, além dos optoacopladores, foram utilizadas fontes separadas. Duas fontes foram setadas com tensão de 5 V e duas com 12 V. A primeira fonte de 5 V foi utilizada para energizar o microcontrolador e, a segunda de 5 V, a bomba. Já as fontes de 12 V alimentaram as pontes H, o relé para acionamento da resistência elétrica e o *cooler*.

5.2.2 Estudo de Caso 2: Residência Automatizada

Através do estudo realizado foi determinado os produtos necessários para automatizar uma residência. A Tabela 2 contém esses produtos, os respectivos modelos e a quantidade necessária de cada um. Dentre esses dispositivos temos interruptores para controle de iluminação, tomadas para acionar equipamentos, sensores de temperatura, umidade e presença, dentre outros. Também consta a *Echo Dot* que é um dispositivo responsável por comunicar com os demais equipamentos, facilitando a interação entre o usuário e os equipamentos.

Tabela 2 – Materiais utilizados na análise de custos e viabilidade.

Núm.	Materiais	Qte.	Modelo
1	Interruptor inteligente <i>wi-fi</i>	1	TH16
2	Sensor de temperatura e umidade	1	Si7021
3	<i>Smart Dimmer Switch</i>	4	D1
4	433 MHz <i>Remote Controller</i>	4	RM433
5	<i>Remote Controller Base</i>	4	RM433 BASE
6	Cortina elétrica <i>wi-fi</i>	4	<i>Tuya</i>
7	Câmera de segurança IP sem fio <i>wi-fi</i>	4	GK-200MP2-B
8	Relé de contato seco/pulso Sonoff	2	Dc5v-12v-32v
9	Campainha <i>wi-fi</i> com vídeo	1	<i>Ring</i>
10	Fechadura elétrica	1	HDL C-90
11	Motor de portão deslizante	1	Dz Nano Turbo 1/4
12	Interruptores de parede inteligentes <i>wi-fi</i>	3	T0US1C-TX
13	Interruptores de parede inteligentes <i>wi-fi</i>	2	T0US2C-TX
14	Interruptor inteligente <i>wi-fi</i>	3	DUALR2
15	Sonoff <i>Bridge wi-fi</i>	1	433 RF <i>Bridge</i>
16	Sensor de movimento PIR2	1	PIR2
17	Sensor de alarme de porta/janela	5	DW1
18	Fechadura Digital	1	<i>Yale YRD 256</i>
19	<i>Echo Dot: Smart Speaker</i> com Alexa	1	3ª Geração
20	Controle Remoto IR	1	Docooler A1
21	Porta automática	1	DORMA ES 200
22	Janela automática	2	<i>Tuya</i>

Fonte: Próprio autor (2020).

5.3 Estudo de Caso 1 x Estudo de Caso 2

A partir das etapas descritas anteriormente, todos os equipamentos foram inseridos na maquete, conforme Figura 37. Esta figura ilustra o produto final da maquete automatizada para o Estudo de Caso 1. Veja, que além da maquete, foram colocados os jardins artificiais, bem como a caixa ao fundo onde está instalado o microcontrolador. Ainda observando a figura, pode-se visualizar as conexões dos cabos que estão dispostos sobre os cômodos, os quais representam as ligações entre os sensores/equipamentos e o Arduino.

Foi realizada a comunicação com o microcontrolador Arduino a partir de um controle via sistema operacional *Android*, onde as variáveis da residência foram monitoradas e controladas através do *software* Blynk. A interface deste aplicativo pode ser vista nas Figuras 38a e 38b, onde é possível analisar as “abas” que dividem os ambientes da casa. Veja nas “abas” superiores, que foi desenvolvido uma tela de aplicativo para cada cômodo, com automação diferente em cada uma delas. As “abas” foram nomeadas de acordo com o ambiente implementado, como por exemplo: área de lazer, sala social, garagem, quarto 1, quarto 2, área externa, dentro outras.



Figura 37 – Produto final da maquete da casa inteligente utilizando Arduino.
 Fonte: Próprio autor (2019).



Figura 38 – Interface do *software* Blynk: (a) da área de lazer e (b) da sala social.
 Fonte: Próprio autor (2020).

Já para o segundo Estudo de Caso, a comunicação foi feita através da Alexa, que é uma assistente pessoal que controla as funções de diversos dispositivos. A interface do aplicativo da Alexa pode ser vista na Figura 39, sendo possível interagir com o ambiente através dos equipamentos/dispositivos compatíveis e conectados a ela. Essa interface apresenta uma ótima flexibilidade, permitindo criar vários ambientes separados e

organizados, facilitando assim o seu uso.



Figura 39 – Interface do aplicativo da Alexa.
Fonte: (PHONESCOOP, 2020).

Todos os dispositivos contam com o seu próprio aplicativo, como por exemplo, a Sonoff dispõe do *eWeLink* e, a empresa *Tuya*, do *Smart Tuya*. Eles proporcionam aos seus usuários a praticidade de controlar todos os seus dispositivos através de um *smartphone*. A diferença da Alexa, é a possibilidade de conectar todos esses dispositivos de diferentes fabricantes em um só aplicativo, basta que estes sejam compatíveis com ela. Além do comando pelo *smartphone*, também oferece o comando por voz.

A seguir será realizado com comparativo entre os dois Estudos de Caso. Como forma de padronizar, tudo relacionado ao item 1 se refere ao Estudo de Caso 1 (Projeto 65/2018, com desenvolvimento da maquete) e, tudo relacionado ao item 2, se refere ao Estudo de Caso 2 (correlação da maquete com equipamentos disponíveis no mercado para utilizar em uma residência real, com análise de custo e viabilidade técnica). Todos os dispositivos utilizados nos Estudos de Caso estão dispostos da Tabela 3 até a Tabela 8.

- **Área de lazer:**

1. Este ambiente teve funções controladas para abrir e fechar porta, ligar e desligar o aquecedor da piscina com sensor de temperatura sendo monitorado, bem como ligar

e desligar a bomba da mesma para impulsionar a água e fazer com que ela circule. Estes equipamentos podem ser visualizados na Tabela 3.

2. Neste caso, existem os módulos prontos para executar determinadas funções, como por exemplo: porta automática de duas vias com sensor de presença e interruptores *wi-fi* com botões sensíveis ao toque.

Tabela 3 – Dispositivos utilizados na área de lazer.

Área de lazer	
Estudo de Caso 1	Estudo de Caso 2
Sensor de temperatura a prova d'água	Cortina elétrica <i>wi-fi</i>
Mini bomba	Porta automática com sensor de presença
Resistência elétrica	Interruptores de parede inteligentes <i>wi-fi</i>
Motor CC com caixa de redução	Sonoff <i>Bridge wi-fi</i>
Sensor fim de curso	Sensor de alarme de porta/janela

Fonte: Próprio autor (2020).

- **Área externa e Garagem:**

1. No jardim da casa, foi feito o controle “*on*” (ligado) e “*off*” (desligado) da iluminação (LEDs), através do aplicativo Blynk, além do controle de luminosidade. A entrada da garagem da residência foi controlada pelo mesmo método utilizado nas portas, onde o portão dispõe de um motor CC com caixa de redução, para fazer sua abertura ou fechamento pelo aplicativo. Além disso, contém também um *laser* em conjunto com um sensor LDR, os quais fazem com que o portão pare quando há alguma obstrução em seu caminho. Já na garagem foi feito o controle da iluminação a partir de um sensor de presença que, ao detectar algum movimento, acionava a iluminação durante um tempo previamente determinado pelo usuário. Estes equipamentos podem ser visualizados na Tabela 4.

2. Já para este estudo ao utilizar esse tipo de sensor, existem módulos de ponte para integrar sensores de movimento, fazendo assim, o monitoramento de pessoas no ambiente. Na garagem, optou-se por um módulo de contato seco/pulso integrado ao portão eletrônico e à fechadura elétrica para fazer o acionamento de abertura e fechamento, além de uma campanha para controlar o acesso de pessoas na residência. Além disso, pode-se utilizar interruptores inteligentes para controlar a iluminação. Já na área externa, foi disponibilizado um *dimmer* para fazer o controle de luminosidade e câmeras de segurança para monitorar o ambiente.

- **Sala social:**

1. Esta área dispõe de uma porta principal de entrada controlada por um servo motor, que é acionado por uma senha que pode ser digitada em um teclado alfanumérico ou

Tabela 4 – Dispositivos utilizados na área externa e garagem.

Área externa e Garagem	
Estudo de Caso 1	Estudo de Caso 2
Sensor de presença	Sonoff <i>Bridge wi-fi</i>
LEDs	Sensor de movimento PIR2
Motor CC com caixa de redução	Relé de contato seco/pulso Sonoff
Sensor fim de curso	Campainha <i>wi-fi</i> com vídeo
Sensor LDR	Fechadura elétrica
Sensor infravermelho	Motor de portão deslizante
	<i>Smart Dimmer Switch</i>
	433 MHz <i>Remote Controller</i>
	<i>Remote Controller Base</i>
	Interruptores de parede inteligentes <i>wi-fi</i>
	Câmera de segurança IP sem fio <i>wi-fi</i>

Fonte: Próprio autor (2020).

pelo usuário através do *software*, fazendo com que a porta seja aberta ou fechada. Além da porta controlada, também foi feito nesta área, um controle de fechamento e abertura de uma cortina, disposta em uma porta que dá acesso à área externa da casa, onde é utilizado um motor CC com caixa de redução para acionar o comando e sensores fim de curso no início e fim, para determinar o limite de funcionamento da cortina. Estes equipamentos podem ser visualizados na Tabela 5.

2. Para este cômodo foi escolhido sensores de temperatura e umidade que são conectados a um interruptor da Sonoff para comunicar esses dados e, caso determinado pelo usuário, executar alguma ação. Também optou-se por uma cortina *wi-fi* da *Tuya* em uma porta de vidro que dá acesso ao jardim, bem como uma fechadura digital disponível na porta de entrada da casa. Além disso, optou-se por um ar-condicionado e televisão os quais utilizam um controle remoto infra-vermelho para ligar e desligar. Na parte de iluminação foi determinado um *dimmer* para fazer o controle de luminosidade e, por fim, sensores de alarme nas portas para fazer o controle de segurança.

- **Quarto 1:**

1. Neste ambiente foi realizado o fechamento e abertura de uma janela utilizando o mesmo método aplicado na cortina da sala social, porém, no caso da janela, esse comando de abrir e fechar depende de um sensor de chuva. Esse sensor foi colocado para evitar que chova dentro do quarto, sendo que neste caso, então, a janela fica no estado “fechada” quando o sensor de chuva é acionado (isto é, quando está chovendo) e no estado “aberta” quando o sensor está desativado (não está chovendo). Como os demais componentes, ele também permite escolher o estado da janela

Tabela 5 – Dispositivos utilizados na sala social.

Sala social	
Estudo de Caso 1	Estudo de Caso 2
Servo motor	Sonoff <i>Bridge wi-fi</i>
Teclado alfanumérico	Sensor de alarme de porta/janela
Motor CC com caixa de redução	Interruptor inteligente <i>wi-fi</i>
Sensor fim de curso	Sensor de temperatura e umidade <i>Smart Dimmer Switch</i>
	433 MHz <i>Remote Controller</i>
	<i>Remote Controller Base</i>
	Fechadura Digital
	Cortina elétrica <i>wi-fi</i>
	Controle Remoto IR

Fonte: Próprio autor (2020).

(aberta ou fechada) através do aplicativo Blynk. Além dessas funcionalidades, este ambiente também conta com iluminação (LED) para controlar a luminosidade. Estes equipamentos podem ser visualizados na Tabela 6.

2. No quarto, a implementação do sistema de iluminação pode ser feita com o *Smart Dimmer* onde é possível controlar a luminosidade do ambiente. Optou-se pela janela automática e cortina elétrica da *Tuya*, bem como o interruptor *wi-fi* para controlar até dois equipamentos distintos, como por exemplo: ventilador e abajur.

Tabela 6 – Dispositivos utilizados no quarto 1.

Quarto 1	
Estudo de Caso 1	Estudo de Caso 2
Motor CC com caixa de redução	Sonoff <i>Bridge wi-fi</i>
Sensor fim de curso	Sensor de alarme de porta/janela
Sensor de chuva	Interruptor inteligente Dual <i>wi-fi</i>
LED	<i>Smart Dimmer Switch</i>
	433 MHz <i>Remote Controller</i>
	<i>Remote Controller Base</i>
	Cortina elétrica <i>wi-fi</i>
	Janela automática

Fonte: Próprio autor (2020).

- **Quarto 2:**

1. Neste ambiente foi realizado o controle de climatização através de um *cooler*, no qual é acionado quando um certo valor de temperatura e umidade (sensor de temperatura e umidade) é alcançado. Estes valores devem ser previamente estabelecidos pelo

usuário. Assim, o *cooler* permanece ligado até que outro comando seja efetuado. Estes equipamentos podem ser visualizados na Tabela 7.

2. Para o Estudo de Caso 2, optou-se pelos mesmos dispositivos utilizados no Quarto 1.

Tabela 7 – Dispositivos utilizados no quarto 2.

Quarto 2	
Estudo de Caso 1	Estudo de Caso 2
Sensor de temperatura e umidade <i>cooler</i>	Sonoff <i>Bridge wi-fi</i> Sensor de alarme de porta/janela Interruptor inteligente Dual <i>wi-fi</i> <i>Smart Dimmer Switch</i> 433 MHz <i>Remote Controller</i> <i>Remote Controller Base</i> Cortina elétrica <i>wi-fi</i> Janela automática

Fonte: Próprio autor (2020).

- **Banheiro e corredor:**

1. Nesta área da casa é realizado o controle de iluminação, onde é possível ligar e desligar o LED através do aplicativo. Estes equipamentos podem ser visualizados na Tabela 8.
2. Nestes comôdos optou-se pelo interruptor inteligente *wi-fi* da Sonoff da série TX para controle da iluminação desses ambientes.

Tabela 8 – Dispositivos utilizados no banheiro e corredor.

Banheiro e corredor	
Estudo de Caso 1	Estudo de Caso 2
LED	Interruptor inteligente Dual <i>wi-fi</i>

Fonte: Próprio autor (2020).

5.4 Estudo de Viabilidade Técnica e Análises de Custos

Para o Estudo de Caso 1 do projeto de pesquisa, os custos do projeto foram de R\$ 1.359,51 reais. Já para transformar essa ideia e aplicar em uma residência real os custos envolvidos demandam um maior investimento financeiro. Entretanto, tudo depende do grau de automação desejado e quanto o usuário quer pagar.

Neste sentido, as Tabelas 9 e 10 se referem aos materiais e equipamentos citados ao longo deste trabalho com seus respectivos valores financeiros, bem como o preço total do orçamento. A primeira tabela se refere ao Estudo de Caso 1.

Tabela 9 – Custos dos equipamentos utilizados para automatizar uma maquete.

Estudo de Caso 1				
Núm.	Materiais	Qte.	Preço unit.	Preço total
1	Maquete	1	R\$ 300,00	R\$ 300,00
2	Acrílico	1	R\$ 380,00	R\$ 380,00
3	Arduino Mega	1	R\$ 99,90	R\$ 99,90
4	Motores CC com caixa de redução	5	R\$ 12,90	R\$ 64,50
5	Servo motor	1	R\$ 16,90	R\$ 16,90
6	Ponte H	3	R\$ 13,90	R\$ 41,70
7	LED	6	R\$ 0,48	R\$ 2,88
8	Teclado alfanumérico	1	R\$ 8,90	R\$ 8,90
9	Resistência elétrica	1	R\$ 12,50	R\$ 12,50
10	Sensor de chuva	1	R\$ 12,90	R\$ 12,90
11	Sensor de temperatura e umidade	1	R\$ 14,90	R\$ 14,90
12	Sensor de temperatura a prova d'água	1	R\$ 16,90	R\$ 16,90
13	Sensor fim de curso	10	R\$ 1,90	R\$ 19,00
14	Sensor de presença	1	R\$ 9,90	R\$ 9,90
15	Sensor LDR	1	R\$ 7,90	R\$ 7,90
16	Sensor infravermelho de distância/barreira	1	R\$ 6,90	R\$ 6,90
17	Cooler	1	R\$ 16,90	R\$ 16,90
18	Mini bomba de água submersível	1	R\$ 16,86	R\$ 16,86
19	Resistor	20	R\$ 2,90	R\$ 58,00
20	MOSFET	2	R\$ 2,25	R\$ 4,50
21	Módulo de <i>ethernet</i>	1	R\$ 29,90	R\$ 29,90
22	Fios de conexão e cabos	1	R\$ 40,00	R\$ 40,00
23	Fonte ATX	4	R\$ 35,90	R\$ 143,60
24	Placa de fenolite universal	1	R\$ 27,50	R\$ 27,50
25	Transistor	2	R\$ 1,80	R\$ 3,60
26	Optoacoplador	2	R\$ 0,54	R\$ 1,08
27	Relé	1	R\$ 1,89	R\$ 1,89
Total do orçamento				R\$ 1.359,51

Fonte: Próprio autor (2020).

Considerando como os cômodos e as tarefas automatizadas no Estudo de Caso 1, a Tabela 10 se refere aos equipamentos que foram selecionados para automatizar uma residência real, levando em consideração a planta baixa projetada, bem como os critérios de quais processos seriam automatizados. Para o projeto do Estudo de Caso 2, pode-se especificar os seguintes equipamentos e seus respectivos valores de mercado.

Com a definição de quais processos seriam automatizados, os dispositivos foram

Tabela 10 – Custos dos equipamentos utilizados para automatizar uma casa.

Estudo de Caso 2				
Núm.	Materiais	Qte.	Preço unit.	Preço total
1	Interruptor inteligente <i>wi-fi</i>	1	R\$ 74,45	R\$ 74,45
2	Sensor de temperatura e umidade	1	R\$ 60,00	R\$ 60,00
3	<i>Smart Dimmer Switch</i>	4	R\$ 99,00	R\$ 396,00
4	433 MHz <i>Remote Controller</i>	4	R\$ 88,45	R\$ 353,80
5	<i>Remote Controller Base</i>	4	R\$ 32,55	R\$ 130,20
6	Cortina elétrica <i>wi-fi</i>	4	R\$ 796,28	R\$ 3.185,12
7	Câmera de segurança IP sem fio <i>wi-fi</i>	4	R\$ 208,73	R\$ 834,92
8	Relé de contato seco/pulso Sonoff	2	R\$ 89,90	R\$ 179,80
9	Campainha <i>wi-fi</i> com vídeo	1	R\$ 723,00	R\$ 723,00
10	Fechadura elétrica	1	R\$ 187,00	R\$ 187,00
11	Motor de portão deslizante	1	R\$ 325,41	R\$ 325,41
12	Interruptores de parede inteligentes <i>wi-fi</i>	3	R\$ 163,07	R\$ 489,21
13	Interruptores de parede inteligentes <i>wi-fi</i>	2	R\$ 159,14	R\$ 318,28
14	Interruptor inteligente <i>wi-fi</i>	3	R\$ 98,00	R\$ 294,00
15	Sonoff <i>Bridge wi-fi</i>	1	R\$ 97,37	R\$ 97,37
16	Sensor de movimento PIR2	1	R\$ 87,89	R\$ 87,89
17	Sensor de alarme de porta / janela	5	R\$ 54,90	R\$ 274,50
18	Fechadura Digital	1	R\$ 1.099,00	R\$ 1.099,00
19	<i>Echo Dot: Smart Speaker</i> com Alexa	1	R\$ 299,00	R\$ 299,00
20	Controle Remoto IR	1	R\$ 125,48	R\$ 125,48
21	Porta automática	1	R\$ 4199,00	R\$ 4.199,00
22	Janela automática	2	R\$ 603,74	R\$ 1.207,48
Total do orçamento				R\$ 14.940,91

Fonte: Próprio autor (2020).

escolhidos com base no tipo de comunicação, levando em consideração a viabilidade técnica de cada um deles. No caso, optou-se pela comunicação *wi-fi* via sistema da Alexa. A praticidade que este sistema dispõe, considerando a comunicação entre os aplicativos dos fabricantes escolhidos neste trabalho, faz com que a viabilidade x custos seja considerável. Isso porque ao comparar com os equipamentos do Estudo de Caso 1, os valores para automatizar uma casa com dimensões reais chega a dez vezes o valor dos equipamentos da maquete, porém, tudo depende do grau de automação que o usuário quer automatizar.

Porém, vale ressaltar que, após o desenvolvimento do projeto da maquete (com uso do microcontrolador Arduino), é possível afirmar que tal aplicação é praticamente inviável para se utilizar em dimensões reais de residência, como por exemplo, em termos de especificações técnicas (tensão de alimentação e potência) e, especialmente ao pensar na instalação, uma vez que o mercado contém vários produtos de fácil montagem e programação, prontos para serem utilizados pelos usuários.

Além desta limitação, o Arduino também não dispõe de um aplicativo próprio para fazer a comunicação com o ambiente automatizado. Isso dificulta um pouco o acesso aos dispositivos, uma vez que para isso é necessário realizar toda uma programação específica, além de toda a parte de cabeamento que é necessária interligar com o Arduino e os equipamentos instalados.

Levando em consideração os aspectos de viabilidade técnica dos equipamentos da maquete, observou-se que eles se tornam inviáveis quando comparados a sua instalação em uma casa com dimensões reais. Os componentes utilizados na maquete foram substituídos por outros, como por exemplo: na maquete, para se automatizar um portão, foi necessário utilizar um motor CC de caixa de redução, dois sensores fim de curso, um sensor LDR e um sensor infravermelho de distância, porém, as especificações técnicas destes componentes não suportam a aplicação em dimensões reais, quando analisados em termos de tensão e potência, por exemplo. Para o Estudo de Caso 2, esses componentes citados anteriormente foram substituídos por um motor deslizante e um módulo eletrônico de pulso, sendo este último utilizado para realizar a comunicação com a assistente Alexa. Para esta aplicação, quando comparada em termos de custos, obtém-se R\$ 32,00 reais (sem a parte de comunicação) para o Estudo de Caso 1. Para o Estudo de Caso 2, utilizando novos equipamentos esse valor chega próximo de R\$ 416,00 reais. Tal diferença fica entorno de 13 vezes, quando se compara ao investimento da maquete.

Todos os outros dispositivos, quando comparados em termos de custos, precisam de um maior investimento no Estudo de Caso 2. Estas diferenças podem ser vistas nas duas tabelas elencadas acima. Porém, vale ressaltar que tal aplicação utilizada na maquete é inviável em termos de dimensões reais, uma vez que o mercado dispõe de vários equipamentos de alta tecnologia que forecem segurança de informações, confiabilidade e possibilidade de expansão.

6 Considerações Finais

Este trabalho apresentou uma ferramenta capaz de automatizar grande parte das funcionalidades de uma residência, no qual foi implementado o conceito de domótica, visando maior comodidade, praticidade e segurança para os usuários, além de automatizar as rotinas do dia a dia. Assim, conclui-se que o avanço das tecnologias de automação está transformando em realidade o sonho de muitas pessoas ao adquirir uma casa inteligente. A automação residencial vem permitindo controlar remotamente praticamente tudo dentro da residência, através de um *smartphone* e até mesmo por comandos de voz.

Foi apresentado dois Estudos de Caso, sendo um em formato de maquete com controle de várias tarefas do usuário e, o segundo, uma analogia ao primeiro para automatizar uma residência em formatos reais.

Todas os cômodos do projeto arquitetônico da residência tiveram várias funções controladas, como por exemplo: presença de pessoas, chuva, umidade, temperatura, luminosidade dentre outras. Além disso, foram automatizados para o Estudo de Caso 1:

1. abertura e fechamento do portão da garagem, em conjunto com um *laser* e um sensor LDR para verificar alguma obstrução;
2. acionamento de lâmpada com a presença de pessoa ou carro na garagem;
3. abertura e fechamento da porta de acesso a entrada principal da casa, com digitação de senha alfanumérica;
4. abertura e fechamento da porta de acesso a área externa da residência;
5. abertura e fechamento de janela com a presença de chuva;
6. abertura e fechamento de cortina na sala;
7. controle de temperatura da água da piscina;
8. acionamento da bomba instalada na piscina;
9. acionamento de *cooler* ao controlar a umidade e temperatura do ambiente e;
10. acionamento de luzes para ligar/desligar luzes e controlar a luminosidade de algumas áreas da residência.

A maquete, para o Estudo de Caso 1, apresentou uma ótima aplicação para fins educacionais, tendo todas as suas funcionalidades testadas e em bom funcionamento, porém, limitada em termo de aplicação para uma casa real. Para substituir a maquete, foi necessário fazer um levantamento de todas as empresas que trabalham com sistemas

inteligentes e automação residencial. Assim, foi possível realizar uma análise de custos e viabilidade técnica de dispositivos disponíveis no mercado atual.

Outro ponto importante de se destacar foi em relação a comunicação para o Estudo de Caso 1, no qual apresentou instabilidade e demonstrou ser um ponto negativo quanto à conexão com o aplicativo. Isso ocorreu pois o *software* utilizado na maquete não possui um aplicativo próprio, dificultando assim a comunicação, já que foi necessário realizar toda uma programação entre o *software* Blynk e o microcontrolador Arduino.

Já em termos de aplicabilidade, este trabalho trouxe várias funcionalidades que podem ser implementadas em casas reais, tendo como base a maquete. Para isso, utilizou-se a mesma planta baixa e foi realizado uma correlação de tudo automatizado no Estudo de Caso 1 com os equipamentos disponíveis no mercado.

Assim, com toda esta automação alcançada neste projeto, verificou-se que a viabilidade técnica e a aplicabilidade de uso de dispositivos inteligentes, em uma residência real, é possível, podendo ser utilizado com facilidade. Assim, conclui-se que a automação residencial é uma sistema capaz de atender várias demandas do usuário, facilitando as tarefas rotineiras do dia a dia, atendendo assim, uma grande demanda do mercado na área.

Por fim, conclui-se ainda que este trabalho demonstrou que ao transformar uma casa em um sistema inteligente vai demandar um certo investimento financeiro. Assim, tudo depende do grau de automação desejado pelo usuário e do quanto ele está disposto a gastar. Para o Estudo de Caso 1, considerando duas fontes ATX, o custo envolvido no projeto foi da ordem de R\$ 1.400,00 reais. Já para o Estudo de Caso 2, com todos os equipamento listados anteriormente, o custo seria em torno de R\$ 15.000,00 reais. Sendo assim, uma residência com sistema inteligente pode ser adquirida com facilidade, pois o mercado conta com vários dispositivos prontos para uso. Além de oferecer inúmeros benefícios para a população, proporciona ao usuário segurança, comodidade e flexibilidade na automação de rotinas, no dia a dia.

Neste contexto, para trabalhos futuros a pesquisa realizada acima pode ser aprofundada com a implementação de uma residência sustentável, em termos de energia renovável e da gestão do consumo energético gerado pela implementação de uma casa automatizada.

Referências

- AMAZON. *Fechadura Digital Yale YRD 256, compatível com Alexa*. 2019. Acessado: 05 set. 2020. Disponível em: <https://www.amazon.com.br/Yale-05425001-3-Fechadura-Digital-Preto/dp/B07D82PQTV/ref=asc_df_B07D82PQTV/?tag=googleshopp00-20&linkCode=df0&hvadid=379787201939&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=9827812112137012016&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=20094&hvtargid=pla-809656426070&psc=1>. Citado na página 33.
- AMAZON. *Dispositivos Echo*. 2020. Acessado: 05 set. 2020. Disponível em: <<https://www.amazon.com.br/b?ie=UTF8&node=19877613011>>. Citado na página 20.
- AMAZON. *Docooler A1 Inteligente Casa Universal Controle Remoto IR, Funciona com Alexa*. 2020. Acessado: 05 set. 2020. Disponível em: <https://www.amazon.com.br/Docooler-Inteligente-Universal-Controle-Assistente/dp/B07WZTJNX8/ref=asc_df_B07WZTJNX8/?tag=googleshopp00-20&linkCode=df0&hvadid=379713223638&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=7228980390980718759&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=1031631&hvtargid=pla-914452083776&psc=1>. Citado 2 vezes nas páginas 38 e 39.
- AMAZON. *Echo Dot (3ª Geração): Smart Speaker com Alexa*. 2020. Acessado: 05 set. 2020. Disponível em: <https://www.amazon.com.br/Echo-Dot-3%C2%AA-Gera%C3%A7%C3%A3o-Cor-Branca/dp/B07WLT8RL7/ref=asc_df_B07PJV9GV2/?tag=googleshopp00-20&linkCode=df0&hvadid=387375789033&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=13707414872663893906&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=20094&hvtargid=pla-824588634448&th=1>. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 47.
- ANDRADE, J. P. B. *Uma Abordagem com Sistemas Multiagentes para Controle Autônomo de Casa Inteligente*. 2018. Acesso em: 05 set. 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Marcos_De_Oliveira3/publication/308995138_Uma_Abordagem_com_Sistemas_Multiagentes_para_Control_Autonomo_de_Casas_Inteligentes/links/57fd3f2b08ae6750f8065d72/Uma-Abordagem-com-Sistemas-Multiagentes-para-Control-Autonomo-de-Casas-Inteligentes.pdf>. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 19.
- ARDUINO. *What is arduino?* 2020. Acessado: 05 set. 2020. Disponível em: <<http://www.arduino.cc/>>. Citado na página 22.
- AURESIDE. *Automação Residencial: demanda na Construção Civil*. 2020. Acessado: 05 set. 2020. Disponível em: <<http://www.aureside.org.br/noticias/automacao-residencial--demanda-na-construcao-civil>>. Citado na página 15.
- AUTODESK. *AutoCAD*. 2020. Acesso em: 05 set. 2020. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/>>. Citado 2 vezes nas páginas 42 e 49.
- BANGGOOD. *SONOFF GK-200MP2-B Câmera IP WiFi 1080P Câmera de segurança 360 graus Smart Wireless IR Night Vision Baby Monitor e WeLink Câmera de vigilância*

de controle de APP - Plugue UE. 2020. Acessado: 05 set. 2020. Disponível em: <<https://cutt.ly/ufE45Hr>>. Citado na página 32.

BANZI, M.; SHILOH, M. *Primeiros Passos com o Arduino – 2ª Edição: A plataforma de prototipagem eletrônica open source*. Novatec Editora, 2015. Acessado: 05 set. 2020. ISBN 9788575224359. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=otfECQAAQBAJ>>. Citado na página 21.

BIEGELMEYER, A. *Desenvolvimetro e aplicação de uma casa inteligente*. 2015. Acesso em: 05 set. 2020. Disponível em: <<https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/2473/TCC%20Anderson%20Biegelmeyer.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Citado na página 19.

BLYNK. 2020. Acesso em: 05 set. 2020. Disponível em: <<https://blynk.io/>>. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 43.

BREGMAN, D.; KORMAN, A. *Um modelo de implementação universal para as casa*. [S.l.]: International Journal of Smart Home, 2015. Citado na página 19.

DORMAKABA. *Porta automática DORMA ES 200*. 2020. Acessado: 05 set. 2020. Disponível em: <<https://www.dormakaba.com/br-pt/solu%C3%A7%C3%B5es/produtos/sistemas-de-entrada/operadores-de-portas-autom%C3%A1ticas-deslizantes/es-200-282314>>. Citado 2 vezes nas páginas 37 e 38.

DUBRIN, A. J. *Fundamentos do Comportamento Organizacional*. [S.l.]: São Paulo: Thomson Learning; Edição: 2ª, 2002. Citado na página 16.

EVANS, M.; NOBLE, J.; HOCHENBAUM, J. *Arduino em Ação*. Novatec Editora, 2013. Acessado: 05 set. 2020. ISBN 9788575223734. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=tig0CgAAQBAJ>>. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 21.

FILIPEFLOP. *Micro Servo Motor 9g*. 2018. Acesso em: 05 set. 2020. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/micro-servo-9g-sg90-towerpro>>. Citado na página 32.

FILIPEFLOP. *Ventilador cooler 40mm, 5V*. 2019. Acessado: 05 set. 2020. Disponível em: <www.filipeflop.com/produto/ventilador-cooler-40mm>. Citado na página 24.

FILIPEFLOP. *Driver Motor Ponte H L298n*. 2020. Acesso em: 05 set. 2020. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/driver-motor-ponte-h-l298n/>>. Citado na página 35.

FILIPEFLOP. *Motor DC 12V 100RPM com Caixa de Redução*. 2020. Acesso em: 05 set. 2020. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/motor-dc-12v-100rpm-com-caixa-de-reducao/>>. Citado na página 34.

FILIPEFLOP. *Módulo Ethernet ENC28J60*. 2020. Acesso em: 05 set. 2020. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/modulo-ethernet-enc28j60/>>. Citado na página 38.

FILIPEFLOP. *Sensor de chuva YL-83*. 2020. Acesso em: 05 set. 2020. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/sensor-de-chuva-yl-83/>>. Citado na página 28.

FILIPEFLOP. *Sensor de luz LDR (Light Dependent Resistor)*. 2020. Acesso em: 05 set. 2020. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-luz-ldr/>>. Citado na página 29.

FILIPEFLOP. *Sensor de temperatura DS18B20 a prova d'água*. 2020. Acesso em: 05 set. 2020. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-temperatura-ds18b20-a-prova-dagua/>>. Citado na página 30.

FILIPEFLOP. *Sensor de umidade e temperatura DHT11*. 2020. Acesso em: 05 set. 2020. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-umidade-e-temperatura-dht11/>>. Citado na página 24.

GEDDES, M. *Manual de projetos do Arduino: 25 projetos práticos para começar*. NOVATEC, 2017. Acessado: 05 set. 2020. ISBN 9788575225523. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=ooSKDgAAQBAJ>>. Citado na página 21.

GHAFFARIANHOSEINI, A. *A essência das futuras casas inteligentes: de incorporar as TIC à adaptação aos princípios da sustentabilidade. Renovável e Sustentável*. [S.l.]: Energy Reviews, 2013. Citado na página 19.

LIMA, E. M. S.; NOBRE, A. Y. M.; ALENCAR, R. A. E. d. *Automação residencial de baixo custo com Arduino MEGA e Ethernet Shield*. [S.l.]: Ceará, 2010. Citado na página 29.

LIVRE, M. *Bomba submersível Dc 3-5v 70-120l/h*. 2020. Acesso em: 05 set. 2020. Disponível em: <[LIVRE, M. *Kit 10 Fim De Curso Kw11-3z 5A 250Vac*. 2020. Acesso em: 05 set. 2020. Disponível em: <\[LIVRE, M. *Kit Led 5mm Alto Brilho 100 Peças Branco Frio*. 2020. Acesso em: 05 set. 2020. Disponível em: <\\[LIVRE, M. *Kit Sonoff Rf Bridge 433 + Pir2 Sensor Movimento + Dw1 Porta*. 2020. Acessado: 05 set. 2020. Disponível em: <\\]\\(https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1310024912-kit-led-5mm-alto-brilho-100-pecas-branco-frio-_JM?matt_tool=79246729&matt_word&gclid=Cj0KCQjAm4TyBRDgARIsAOU75ssepObSM9H7pZ4H6dNbr1khx1Esc5sCOjGpL2m0rb_tC8nAtzhDK5caAnNkEALw_wcB&quantity=1&variation=42870756282>. Citado na página 25.</p></div><div data-bbox=\\)\]\(https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1059890196-kit-10-fim-de-curso-kw11-3z-5a-250vac-leia-a-descricao-_JM?matt_tool=82322591&matt_word&gclid=Cj0KCQjw4dr0BRCxARIsAKUNjWQ5qSoNqEXz8mzAJXP_mqMe4GfaZ32Dp-w_6kSz1HTLBCL_H9X_i5MaAqZNEALw_wcB&quantity=1>. Citado na página 29.</p></div><div data-bbox=\)](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1129080704-bomba-submersivel-dc-3-5v-70-120lh-frete-gratis-_JM?matt_tool=91006443&matt_word&gclid=let\begingroup\escapechar@m@ne\let\MT@subst@\T1/lmr/m/it/12\def{\@@par}>. Citado na página 30.</p></div><div data-bbox=)

LIVRE, M. *Pir Sensor De Presença Infravermelho Hc-sr501 Arduino Esp32*. 2020. Acesso em: 05 set. 2020. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-787898213-pir-sensor-de-presenca-infravermelho-hc-sr501-arduino-esp32-__JM?matt_tool=79246729&matt_word=&gclid=let\begingroup\escapechar\m@ne\let\MT@subst@\T1/lmr/m/it/12\def{\@@par}>>. Citado na página 28.

LIVRE, M. *Sonoff D1 Dimmer Wifi + Sonoff Rm433 Controle Rf 8ch + Base*. 2020. Acessado: 05 set. 2020. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1582593608-sonoff-d1-dimmer-wifi-sonoff-rm433-controle-rf-8ch-base-__JM?matt_tool=82322591&matt_word=&gclid=CjwKCAjw4rf6BRAvEiwAn2Q76oh_bVrB-kXkfWTAovKVwwYpS9MWqlr8Wj8QOqWya2fw2z7iMpoMvhoC6gcQAvD_BwE>>. Citado na página 26.

LIVRE, M. *Sonoff Dual R2 Interruptor Wifi 2ch Canais Android Ios*. 2020. Acessado: 05 set. 2020. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1426081579-sonoff-dual-r2-interruptor-wifi-2ch-canais-android-ios-__JM?matt_tool=82322591&matt_word=&gclid=CjwKCAjw4rf6BRAvEiwAn2Q76p9I8bWL_avZntQpL8wEJXlorFV1m8npFdiWbTYxyZN5CUA392j8cBoCuNsQAvD_BwE>>. Citado na página 27.

LIVRE, M. *Sonoff T0us1c-tx 1 Gangue Interruptor De Luz De Parede Intel*. 2020. Acessado: 05 set. 2020. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1306590840-sonoff-t0us1c-tx-1-gangue-interruptor-de-luz-de-parede-intel-__JM?matt_tool=82322591&matt_word=&gclid=let\begingroup\escapechar\m@ne\let\MT@subst@\T1/lmr/m/it/12\def{\@@par}>>. Citado na página 27.

LIVRE, M. *Sonoff Th16 Wi-fi Sem Fio Interruptor Inteligente Sem Fio*. 2020. Acessado: 05 set. 2020. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1216563536-sonoff-th16-wi-fi-sem-fio-interruptor-inteligente-sem-fio-__JM?matt_tool=11528875&matt_word=let\begingroup\escapechar\m@ne\let\MT@subst@\T1/lmr/m/it/12\def{\@@par}>>. Citado na página 25.

LIVRE, M. *Sonoff Wifi Módulo Relé Dc5v-12v-32v Função Pulso E Travado*. 2020. Acessado: 05 set. 2020. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1486234480-sonoff-wifi-modulo-rele-dc5v-12v-32v-funco-pulso-e-travado-__JM?matt_tool=79246729&matt_word=let\begingroup\escapechar\m@ne\let\MT@subst@\T1/lmr/m/it/12\def{\@@par}>>. Citado na página 35.

LIVRE, M. *Teclado De Membrana Matricial Alfanumérico 4x4 Arduino*. 2020. Acesso em: 05 set. 2020. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1132539840-teclado-de-membrana-matricial-alfanumerico-4x4-arduino-__JM?matt_tool=79246729&matt_word=&gclid=let\begingroup\escapechar\m@ne\let\MT@subst@\T1/lmr/m/it/12\def{\@@par}>>. Citado na página 33.

MOBLY. *Ring - Campanha Inteligente (conexão Wi-Fi)*. 2020. Acessado: 05 set. 2020. Disponível em: <<https://www.mobly.com.br/ring-campanha-inteligente-conexao-wifi-748541.html?gclid=let\begingroup\escapechar\m@ne\let\MT@subst@\T1/lmr/m/it/12\def{\@@par}>>>. Citado na página 36.

MONK, S. *Projetos com Arduino e Android: Use seu Smartphone ou Tablet para Controlar o Arduino - Série Tekne*. Bookman Editora, 2014. Acessado: 05 set. 2020.

- ISBN 9788582601228. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=7Yg6AgAAQBAJ>>. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 21.
- MONK, S. *Programação com Arduino II: Passos avançados com sketches*. Bookman Editora, 2015. (Tekne). Acesso em: 05 set. 2020. ISBN 9788582602973. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=yC6UBQAAQBAJ>>. Citado na página 21.
- NETO, L. D. *Protótipo de automação residencial utilizando uma assistente de voz*. Blumenau, 2018. Acessado: 05 set. 2020. Disponível em: <http://dsc.inf.furb.br/arquivos/tccs/monografias/2018_1_leandro-dallarosa-neto_monografia.pdf>. Citado na página 19.
- OLIVEIRA, E. *Conhecendo a Central WiFi Sonoff RF Bridge 433MHz*. 2020. Acessado: 05 set. 2020. Disponível em: <<https://blogmasterwalkershop.com.br/automacao/conhecendo-a-central-wifi-sonoff-rf-bridge-433mhz/>>. Citado na página 30.
- PHONESCOOP. *Amazon's Alexa App Upgraded with Fresh Design as Alexa Tacks On New Skills*. 2020. Acessado: 05 set. 2020. Disponível em: <<https://www.phonescoop.com/articles/article.php?a=21242>>. Citado na página 55.
- PINTO, F. D. M. *Desenvolvimento de um Protótipo de um Sistema Domótico. 2010. 79f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) – Instituto Superior Técnico*. [S.l.]: Portugal, 2010. Citado na página 15.
- PRUDENTE, F. *Automação Predial e Residencial: Uma Introdução*. [S.l.]: LTC Editora; Edição: 1ª, 2011. ISBN 8521606176. Citado na página 15.
- REBESCHINI, S. M. *Sistema de segurança por câmeras e sensores controlados por dispositivo remoto*. [S.l.]: São Paulo, 2012. Citado na página 28.
- SENSOR internet. 2020. Acesso em: 05 set. 2020. Disponível em: <<http://www.ebanataw.com.br/arduino/expinternet.htm>>. Citado na página 39.
- SERRANO, T. M. *Introdução ao Blynk App*. 2018. Acessado: 05 set. 2020. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/introducao-ao-blynk-app/>>. Citado na página 22.
- SOLUTIONS, R. I.-F. M. *Ameba ARDUINO: Getting Started With RTL8195*. 2020. Acessado: 30 set. 2020. Disponível em: <<https://www.amebaiot.com/en/ameba-arduino-getting-started/>>. Citado na página 20.
- SONOFF. *Sonoff D1 Interruptor Inteligente*. 2019. Acessado: 05 set. 2020. Disponível em: <<https://sonoffbrasil.com.br/pt-BR/post/sonoff-d1-interruptor-inteligente>>. Citado na página 26.
- SONOFF. *Sonoff GK-200MP2-B*. 2019. Acessado: 05 set. 2020. Disponível em: <<https://sonoffbrasil.com.br/pt-BR/post/sonoff-gk-200mp2-b>>. Citado na página 31.
- SONOFF. *Sonoff TX Series*. 2019. Acessado: 05 set. 2020. Disponível em: <<https://sonoffbrasil.com.br/pt-BR/post/sonoff-tx-series>>. Citado na página 26.
- SONOFF. *Sonoff Brasil*. 2020. Acessado: 05 set. 2020. Disponível em: <<https://sonoffbrasil.com.br/>>. Citado 5 vezes nas páginas 24, 26, 27, 45 e 47.

SONOFF. *Sonoff Si7021*. 2020. Acessado: 05 set. 2020. Disponível em: <<https://sonoff.tech/product/accessories/si7021>>. Citado na página 24.

THINGSPEAK. *ThingSpeak for IoT Projects*. 2020. Acessado: 30 set. 2020. Disponível em: <<https://thingspeak.com/>>. Citado na página 20.

VIGLIAROLO, B. *Amazon Alexa: The smart person's guide*. 2017. Acessado: 05 set. 2020. Disponível em: <<https://www.techrepublic.com/article/amazon-alexa-the-smart-persons-guide>>. Citado na página 20.

WORTMEYER, C.; FREITAS, F.; CARDOSO, L. *Automação Residencial: Busca de Tecnologias visando o Conforto, a Economia, a Praticidade e a Segurança do Usuário*. 2005. Acessado: 05 set. 2020. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos05/256_SEGET%20-%20Automacao%20Residencial.pdf>. Citado 3 vezes nas páginas 25, 31 e 33.

ZEMISMART. *Window Opener witch Switch Alexa Google Home TUYA APP enable Timer WiFi Remote Control Window Opener Automatic*. 2020. Acessado: 05 set. 2020. Disponível em: <<https://cutt.ly/xfE482R>>. Citado na página 37.

ZEMISMART. *Zemismart Wall Mount Ceiling Mount Electric Curtain WiFi Tuya APP Alexa Google Assistant Voice Control Adjustable Track*. 2020. Acessado: 05 set. 2020. Disponível em: <<https://cutt.ly/ffE47pJ>>. Citado na página 36.