

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

PEDRO BERTELLI

**AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL DE BAIXO CUSTO PARA CASAS JÁ
CONSTRUÍDAS**

CAMPO MOURÃO

2024

PEDRO BERTELLI

**AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL DE BAIXO CUSTO PARA CASAS JÁ
CONSTRUÍDAS**

Low-cost home automation for pre-existing houses

Dissertação apresentada como requisito para
obtenção do título de Mestre em Inovações
Tecnológicas da Universidade Tecnológica Federal do
Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Eduardo Giometti Bertogna.

CAMPO MOURÃO

2024



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



PEDRO BERTELLI

AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL DE BAIXO CUSTO PARA CASAS JÁ CONSTRUÍDAS

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Inovações Tecnológicas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Inovações Tecnológicas.

Data de aprovação: 09 de Agosto de 2024

Dr. Eduardo Giometti Bertogna, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Glaucio Pedro De Alcantara, Doutorado - Universidade Estadual de Maringá (Uem)

Dr. Roberto Ribeiro Neli, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 14/08/2024.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão ao meu orientador, Eduardo Giometti Bertogna, por sua orientação inestimável, paciência e apoio contínuo ao longo deste projeto. Seu conhecimento e suas contribuições foram fundamentais para o desenvolvimento e conclusão desta dissertação. Agradeço também à minha família, Elmir, Sandra, Bruna e Cezar, pelo apoio incondicional, incentivo e compreensão durante esta jornada. Sem o suporte e a motivação de vocês, este trabalho não teria sido possível. A todos, meu sincero obrigado.

RESUMO

Com o avanço das tecnologias e a crescente demanda por soluções que promovam maior comodidade, segurança e eficiência energética, a automação residencial vem ganhando destaque no cenário tecnológico. No entanto, um dos principais desafios para a ampla adoção dessas tecnologias ainda é o alto custo e a complexidade de integração dos dispositivos em residências já existentes. Este trabalho busca abordar esses desafios ao propor um sistema de automação residencial que seja não apenas funcional e eficiente, mas também acessível e de fácil implementação. Este trabalho apresenta um estudo sobre a implementação de um sistema de automação residencial utilizando a plataforma FlutterFlow e o banco de dados em nuvem Firebase. O foco é desenvolver uma solução de baixo custo e fácil implementação para a integração de dispositivos IoT em residências existentes. A inovação incremental, conforme definida por Schumpeter e Freeman, serve como base teórica para o projeto. O sistema proposto utiliza o microcontrolador ESP-01 para automatizar dispositivos comuns, como interruptores e tomadas, integrando-os a assistentes virtuais como a Alexa. A metodologia adotada inclui a análise teórica e o desenvolvimento prático de um protótipo funcional. Se comparado com outras ferramentas similares, o custo foi significativamente baixo, e o sistema oferece abertura para melhorias futuras, incluindo a integração de novas ferramentas e a facilitação da conexão de novos dispositivos, ampliando assim as possibilidades de automação residencial acessível e prática.

Palavras-chave: automação residencial; ESP-01; Firebase; Flutterflow; internet das coisas (IoT).

ABSTRACT

With the advancement of technologies and the growing demand for solutions that promote greater convenience, security, and energy efficiency, home automation has been gaining prominence in the technological landscape. However, one of the main challenges for the widespread adoption of these technologies is still the high cost and complexity of integrating devices into pre-existing homes. This work aims to address these challenges by proposing a home automation system that is not only functional and efficient but also affordable and easy to implement. This work presents a study on the implementation of a home automation system using the FlutterFlow platform and the Firebase cloud database. The focus is on developing a low-cost, easy-to-implement solution for the integration of IoT devices in existing homes. Incremental innovation, as defined by Schumpeter and Freeman, serves as the theoretical basis for the project. The proposed system uses the ESP-01 microcontroller to automate common devices such as switches and sockets, integrating them with virtual assistants like Alexa. The methodology adopted includes theoretical analysis and practical development of a functional prototype. Compared to other similar tools, the cost was significantly lower, and the system offers room for future improvements, including the integration of new tools and the facilitation of connecting new devices, thus expanding the possibilities for accessible and practical home automation.

Keywords: home automation; ESP-01; Firebase; FlutterFlow; internet of things (IoT).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Áreas da Indústria 4.0.....	17
Figura 2 - Tela de desenvolvimento do FlutterFlow.....	20
Figura 3 - Apresentação de dados no Realtime Database.....	21
Figura 4 - Apresentação de dados no Cloud Firestore.....	22
Figura 5 - Pinagem do ESP-01.....	23
Figura 6 - Diagrama de acionamento do protótipo.....	24
Figura 7 - Módulo relé SRD-5VDC-SL-C.....	25
Figura 8 - Funcionamento do firmware na ESP-01.....	26
Figura 9 - Tela de login (a) modo claro (b) modo escuro.....	29
Figura 10 - Tela de cadastro (a) modo claro (b) modo escuro.....	30
Figura 11 - Tela inicial (a) modo claro (b) modo escuro.....	30
Figura 12 - Tela de criar nova ferramenta (a) modo claro (b) modo escuro.....	31
Figura 13 - Tela de editar ferramenta (a) modo claro (b) modo escuro.....	32
Figura 14 - Componente <i>Timer</i> (a) modo claro (b) modo escuro.....	32
Figura 15 - Menu Firestore dentro do FlutterFlow.....	33
Figura 16 - Projeto físico da prancheta elétrica.....	34
Figura 17 - Esquema elétrico da prancheta.....	34
Figura 18 - Tela do <i>App</i> em funcionamento pelo celular.....	35
Figura 19 - Tela do <i>App</i> em funcionamento pelo navegador do computador....	36
 Fotografia 1 - Protótipo da prancheta elétrica	 36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Custo total para confecção da prancheta elétrica	37
Tabela 2 - Comparativo de preço de lâmpadas inteligentes vendidas no mercado com o projeto desenvolvido	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API	<i>Application Programming Interface</i>
APP	Aplicativo
CPS	<i>Cyber Physical Systems</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
ID	<i>Identity</i>
GPIO	<i>General Purpose Input/Output</i>
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivo Geral.....	14
1.2	Objetivos Específicos	14
1.3	Justificativa.....	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	Inovação incremental.....	16
2.2	Industria 4.0	17
2.3	<i>Internet of Things (IoT)</i>	18
2.3.1	FlutterFlow	19
2.3.2	Firebase	21
2.3.3	ESP-01	22
2.4	Casas inteligentes	23
3	METODOLOGIA	24
3.1	<i>Hardware e Firmware</i>	24
3.1.1	FauxmoESP	27
3.1.2	Firebase-ESP-Client.....	28
3.2	FlutterFlow	28
3.3	Prancheta de simulação	33
4	RESULTADOS.....	35
4.1	Funcionalidade e integração	35
4.2	Custo-benefício	37
4.3	Desempenho	38
4.4	Segurança e confiabilidade	38
4.5	Dificuldades e possíveis melhorias	39
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
	REFERÊNCIAS.....	42

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, a inovação tecnológica tornou-se um aspecto central em diversas áreas do conhecimento e do mercado. A capacidade de inovar não se restringe apenas a grandes invenções disruptivas, mas também incluem melhorias incrementais que podem oferecer soluções eficientes e práticas para problemas cotidianos. Segundo Schumpeter (1988) e Freeman (1987), a inovação pode ser categorizada em incremental, radical, mudanças no sistema tecnológico e mudanças no paradigma tecno-econômico. Este estudo foca na inovação incremental, demonstrando como pequenas melhorias podem transformar significativamente o uso de tecnologias existentes.

Com a ascensão da Indústria 4.0 e o avanço da Internet das Coisas (IoT), novas possibilidades para a automação e integração de dispositivos surgiram, revolucionando setores como manufatura, serviços e, especialmente, o ambiente doméstico. A IoT, que permite a interconexão de dispositivos físicos através da internet, abre caminho para a criação de casas inteligentes, onde a automação pode otimizar o consumo de energia, melhorar a segurança e aumentar o conforto dos usuários.

Este projeto explora a implementação de um sistema de automação residencial utilizando a plataforma FlutterFlow para o desenvolvimento de aplicativos móveis e o banco de dados em nuvem Firebase. A combinação dessas ferramentas visa criar uma solução de baixo custo e de fácil implementação para residências existentes, sem a necessidade de grandes modificações estruturais. Utilizando o módulo *Wi-Fi* ESP-01, baseado no microcontrolador ESP8266, serão automatizados dispositivos comuns como interruptores e tomadas, integrando-os a assistentes virtuais como a Alexa.

A metodologia adotada inclui a análise teórica das inovações e a aplicação prática através do desenvolvimento de um protótipo funcional. O objetivo é demonstrar a viabilidade técnica e a eficácia de sistemas IoT na automação residencial, contribuindo para a expansão do uso de tecnologias acessíveis e práticas no cotidiano das pessoas.

Para estruturar este trabalho, a revisão bibliográfica abrange conceitos fundamentais de inovação, Indústria 4.0, e IoT, contextualizando o leitor sobre a importância e as aplicações dessas tecnologias. A metodologia descreve o processo

de desenvolvimento do protótipo, desde a integração dos dispositivos com o Firebase até a criação da interface do usuário no FlutterFlow. Por fim, os resultados obtidos com a implementação do sistema são apresentados, evidenciando as vantagens e desafios enfrentados durante o desenvolvimento.

1.1 Objetivo Geral

Desenvolver e implementar um sistema de automação residencial de baixo custo e fácil integração utilizando a plataforma FlutterFlow e o banco de dados em nuvem Firebase.

1.2 Objetivos Específicos

- Analisar a viabilidade da inovação incremental no contexto da automação residencial;
- Desenvolver um protótipo funcional utilizando o módulo *Wi-Fi* ESP-01 para automação de dispositivos comuns, como interruptores e tomadas;
- Desenvolver um aplicativo utilizando a plataforma FlutterFlow para integração com o usuário, permitindo o controle de seus dispositivos cadastrados;
- Integrar o sistema de automação com assistentes virtuais, como a Alexa, para permitir o controle remoto dos dispositivos;
- Avaliar o desempenho e o custo do sistema proposto, garantindo que a solução seja economicamente viável para implementação em residências existentes.
- Identificar e propor melhorias futuras, incluindo a integração de novas ferramentas e a facilitação da conexão de novos dispositivos, para ampliar as funcionalidades e a usabilidade do sistema.

1.3 Justificativa

A automação residencial tem se tornado cada vez mais popular, impulsionada pelos avanços tecnológicos na Internet das Coisas (IoT) e pela crescente demanda por soluções que promovam conforto, segurança e eficiência energética em residências. No entanto, a adoção de tecnologias de automação ainda enfrenta barreiras significativas, como o alto custo de implementação e a complexidade de integração dos dispositivos. Este trabalho justifica-se pela necessidade de

desenvolver soluções acessíveis e práticas para a automação residencial, utilizando ferramentas modernas e de baixo custo. A escolha da plataforma FlutterFlow, combinada com o banco de dados em nuvem Firebase, oferece uma abordagem inovadora e eficiente para criar aplicativos móveis que possam controlar dispositivos IoT. A utilização do módulo *Wi-Fi* ESP-01 permite a automação de dispositivos comuns, como interruptores e tomadas, sem a necessidade de grandes modificações estruturais nas residências. Portanto, a relevância deste trabalho está em sua capacidade de oferecer uma solução prática, de baixo custo e fácil implementação, que pode ser adotada por um grande número de residências, contribuindo para a popularização da automação residencial e abrindo caminho para inovações futuras na área.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ao falar sobre “inovação”, pode se imaginar uma infinidade de assuntos. Atualmente, todas as áreas querem inovar, todas as marcas querem ser inovadoras e sair na frente dos concorrentes. Porém, ao se tratar de inovação, logo já se imagina algo futurístico ou disruptivo, ignorando o fato de que inovação basicamente é uma solução de problemas e muitas vezes está ligada diretamente a um problema simples, mas que pode ser fundamental a solução.

2.1 Inovação incremental

Shumpeter (1988 *apud* DOS SANTOS, 2011) apresenta a diferença entre invenção e inovação, em que invenção é uma ideia, esboço ou modelo para um produto, porém, a inovação só é completa quando há um pensamento comercial envolvendo uma invenção, assim gerando riqueza.

Freeman (1987 *apud* DOS SANTOS, 2011) dividiu a inovação em quatro categorias: incremental, radical, mudanças do sistema tecnológico e mudança no paradigma tecno-econômico. A inovação incremental pode ocorrer como resultado de invenções e melhorias sugeridas por engenheiros ou outros profissionais envolvidos, tal como uma solução criativa de um colaborador ou uma nova forma de atender o cliente. Inovações radicais são eventos descontínuos e são o resultado de uma atividade de pesquisa. A mudança do sistema tecnológico afeta um ou vários setores da economia, assim como causam a entrada de uma empresa em novos setores. Um paradigma tecno-econômico infere suas características diretamente nas condições de produção e distribuição de quase todo o ramo da economia.

De acordo com Lastres e Cassiolato (2003, *apud* FITTIPALDI, 2017), “A inovação incremental reporta-se a qualquer forma de melhoria em um produto, processo ou organização da produção que gere mais eficiência, aumente a produtividade e qualidade, reduza custos e amplie as aplicações de um produto ou processo”.

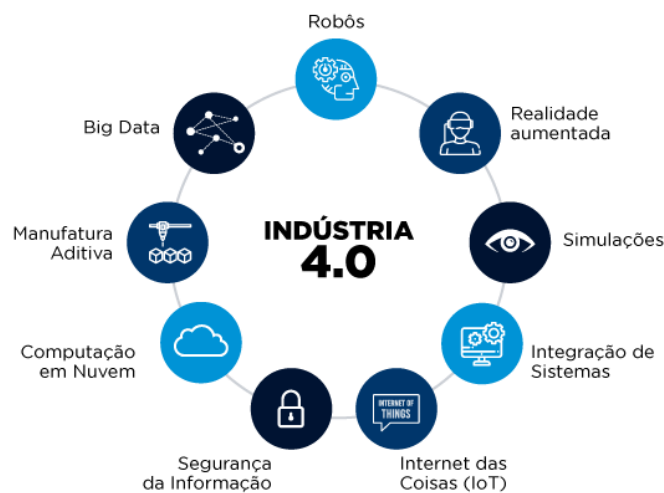
Com as definições em mente, pode-se afirmar que o projeto desenvolvido e apresentado nesta dissertação, possui uma inovação incremental, que é apresentar uma nova funcionalidade a uma ideia já existente. Neste caso, o baixo custo e a possibilidade de aplicar a tecnologia de automação a residências já fabricadas sem a

necessidade de quebrar paredes e passar novos circuitos elétricos, mostra a inovação incremental a ferramentas já existentes, como objetos inteligentes ligados a sistemas IoT.

2.2 Indústria 4.0

Considerada por alguns acadêmicos e empresários como a 4ª revolução industrial (BITKOM et al., 2016 *apud* SANTOS, 2018), a Indústria 4.0 reúne várias tecnologias ligadas à internet com o objetivo de facilitar os processos e automatizar os sistemas de produção, às quais podem ser vistas na Figura 1.

Figura 1 - Áreas da Indústria 4.0.



Fonte: Tecnicon (2022)

De acordo com Coelho (2016), para muito além da busca/aquisição de produtos, a Indústria 4.0 surgiu a partir da necessidade dos clientes em procurar experiências, sendo que muitos fatores são considerados no momento da compra, como por exemplo: a embalagem, o atendimento, o serviço de pós venda, entre outros. Da produção em massa da revolução anterior, passa-se a procurar uma customização em massa, na qual cada indivíduo busca comprar algo que somente o mesmo possui.

A experiência de produtos customizados é ampliada com o aparecimento de plataformas virtuais globais ligadas diretamente ao mundo físico, onde as empresas passam a oferecer um serviço ao invés de um produto. Muitos casos são vistos no cotidiano das pessoas, tal como a compra de livros (Amazon vendendo assinatura do

Kindle), a compra de músicas (com o Spotify vendendo assinatura para ouvir músicas), aluguel (AIRBNB com habitações) e muito outros exemplos (Coelho, 2016).

Com essa abordagem, é possível obter eficiência de custo e qualidade de serviço muito maior, a partir da utilização de sensoriamento, inteligência artificial e sistemas ciberfísicos, conhecido como CPS, do inglês *Cyber Physical Systems* (THE BOSTON CONSULTING GROUP, 2015 *apud* SANTOS, 2018). Esses sistemas são ligados entre si a partir da internet, interagindo e trocando dados para prever falhas e adaptar-se às mudanças. Essa tecnologia é conhecida como *Internet of Things* (IoT), ou Internet das Coisas.

2.3 *Internet of Things (IoT)*

IoT (*Internet of Things*), ou internet das coisas, é uma forma de apresentar a internet como ferramenta de manipulação de ferramentas físicas, como objetos do dia a dia e deixando de ser exclusiva para computadores (MATTERN; FLOERKEMEIER, 2010; FACCIONI FILHO, 2016b *apud* FACCIONI, 2016).

A internet está ligada diretamente à telemetria, Faccioni Filho (2016 *apud* Faccioni, 2016) a define como:

Aplicações com coleta de dados em ambientes diversos, possibilidade de atuação direta sobre objetos de todos os tipos, relacionamento em rede e interação de objetos entre si, interação entre objetos e pessoas, seja de forma provocada ou transparente.

A IoT está ligada diretamente a outro fenômeno conhecido como “*big data*” (grandes dados), devido a complexidade do processo e da quantidade de dados emitidos e recebidos em tempo real, com exigências de latência mínima, processamento rápido e disponibilidade ininterrupta (FACCIONI, 2016).

Atualmente, há diversos equipamentos eletrônicos conectados à rede tais como TVs, *laptops*, *smartphones*, câmeras de vídeo, automóveis, eletrodomésticos e a lista só aumenta a cada dia. Usando os recursos desses objetos, será possível identifica-los, controla-los, viabilizar troca de informações uns com os outros e acessar informações da internet (SANTOS, 2016). Com isso, uma gama de novas possibilidades se abre, tal como casas e cidades inteligentes, ampliação de segurança, detecção de doenças, entre outros.

De acordo com Albertin e Albertin (2017), a IoT vai muito além do que máquinas e residências, ou seja, os negócios terão de se transformar, e algumas

empresas podem usar de ferramentas que a IoT oferece para crescimento próprio e também criação de novas empresas a partir dessa tecnologia. No agronegócio, por exemplo, a agricultura de precisão revoluciona o mercado, uma vez que, utilizando-se do sensoriamento, é possível mapear regiões para o plantio ou colheita, sendo ainda possível (para além disto), que a partir da utilização de drones, seja realizada a pulverização sem amassamento, o que garante uma aplicação uniforme em todas as áreas planejadas (SARNO, 2017 *apud* ALBERTIN; ALBERTIN, 2017).

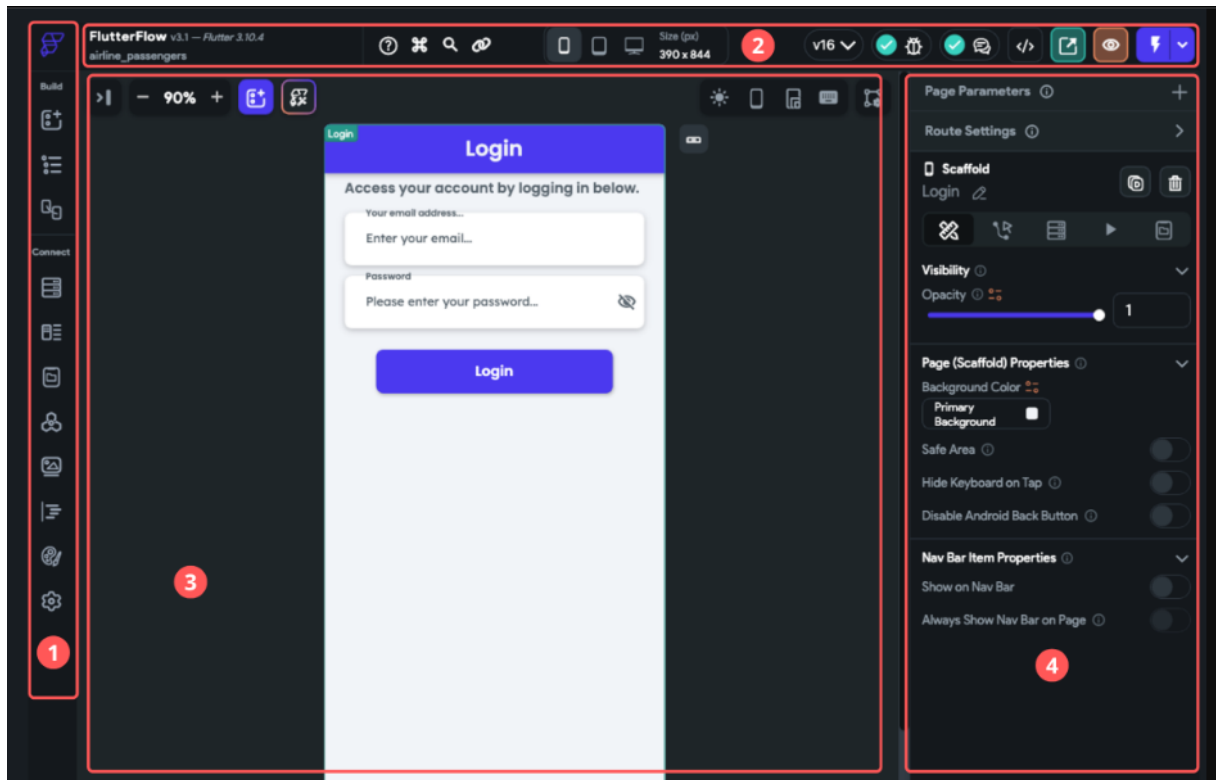
O presente projeto consiste na utilização de ferramentas IoT para desenvolvimento de um sistema capaz de automatizar dispositivos comuns de uma residência, tais como interruptores, tomadas e sistemas de segurança. Para isso, são necessárias algumas ferramentas no processo de criação e serão apresentadas a seguir.

2.3.1 FlutterFlow

De acordo com o fabricante, o FlutterFlow é um ambiente de desenvolvimento visual para a construção de aplicativos, sendo considerada uma ferramenta *low code*, isto é, sem a necessidade da extensiva utilização de códigos, a qual se baseia na linguagem Flutter. O desenvolvimento é feito diretamente no site da ferramenta, bastando-se criar uma conta para se ter acesso às ferramentas. Gratuitamente é possível realizar vários projetos, porém, também é possível obter um acesso adicional à outras ferramentas, ao adquirir-se o plano *premium*.

De acordo com o site oficial, a empresa FlutterFlow foi fundada em 2021 por dois ex-engenheiros do Google que queriam facilitar a criação de aplicativos móveis para *designer*, desenvolvedores e empreendedores, sendo tal ferramenta pensada, desde o início, para atuar na forma em que se encontra atualmente, ou seja: “arrastar e soltar objetos”, como pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 - Tela de desenvolvimento do FlutterFlow.



Fonte: FlutterFlow (2024)

A tela do FlutterFlow é dividida em 4 partes principais: 1- Menu de navegação; 2- Barra de ferramentas; 3- Área da tela; 4- Painel de propriedades.

1. Menu de Navegação: fornece acesso à lista de *widgets* (ferramentas) do projeto, tal como recursos do Firestore, chamadas de API (*Application Programming Interface* – Interface de Programação de Aplicação), configuração do tema, funções personalizadas, entre outros;

2. Barra de Ferramentas: incluem botões para configuração do projeto, controle de versão do aplicativo, depuração, *download* do código e execução do aplicativo;

3. Área da tela: é a visualização da tela do aplicativo em um dispositivo móvel, nela é possível arrastar as ferramentas necessárias e visualizar como está sendo o processo de criação;

4. Painel de propriedades: exhibe todas as propriedades para personalizar o *widget* selecionado, como por exemplo alterar cores e fontes de um texto selecionado.

2.3.2 Firebase

De acordo com o fabricante, o Firebase é a plataforma de desenvolvimento para dispositivos móveis do Google; com ele é possível desenvolver um app de forma rápida e eficiente, permitindo a incorporação direta com várias ferramentas de criação.

O Firebase fornece duas soluções de banco de dados em nuvem com sincronização em tempo real: Cloud Firestore e Realtime Database.

- **Cloud Firestore:** é o mais novo banco de dados do Firebase para o desenvolvimento de apps para dispositivos móveis; é baseado nos resultados do realtime database com um modelo de dados mais intuitivo, além de ter consultas mais rápidas e um escalonamento melhor;
- **Realtime Database:** é o banco de dados original do Firebase, sendo uma solução eficiente e de baixa latência.

A maior diferença entre as duas soluções é a forma de apresentação dos dados, pois a manipulação desses dados é alterada de acordo com a forma que é apresentado.

O Realtime Database armazena dados como uma grande árvore JSON, tal como na Figura 3.

Figura 3 - Apresentação de dados no Realtime Database.



Fonte: Autoria própria (2024)

Já o Cloud Firestore, apresenta-se em uma estrutura de coleção de documentos, em que dados simples são armazenados de forma semelhante à árvore JSON, porém, dados complexos são mais fáceis de se organizarem e de serem encontrados, pois são escalonados. A diferença pode ser vista na Figura 4.

Figura 4 - Apresentação de dados no Cloud Firestore.

+ Iniciar coleção	+ Adicionar documento	+ Iniciar coleção
EspData >	lampada >	+ Adicionar campo
		key: "false"
		local: "Sala"
		nome: "Cooler"
		tempo: 20
		teste: true
		timer: "true"
		timerValue: "10"
		tipo: "lampada"

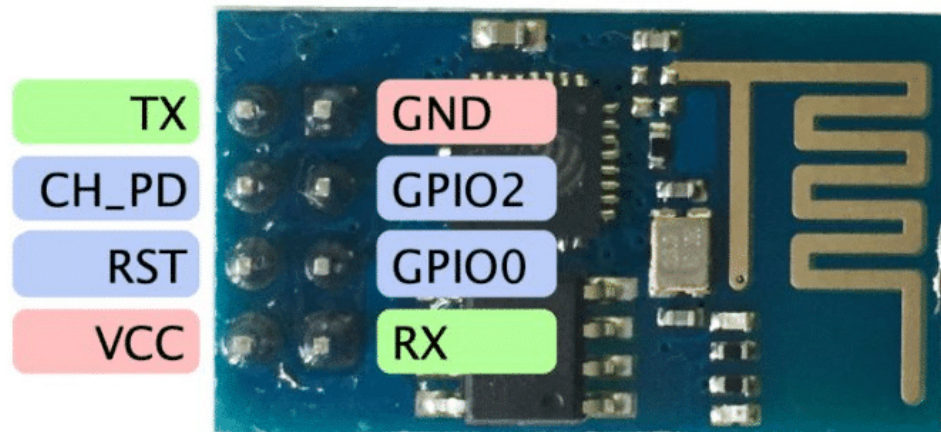
Fonte: Autoria própria (2024)

Utilizando o Realtime Database, é possível ter um acesso fácil a dados simples, além de ter várias bibliotecas para ESP01 que se utilizam deste modelo por ser mais antigo e ter mais exemplos de utilização, porém o Cloud Firestore possui uma facilidade de escalonamento, além de ser diretamente integrado ao FlutterFlow, portanto, após vários testes, neste sistema foi escolhido o Cloud Firestore como solução para banco de dados.

2.3.3 ESP-01

De acordo com Santos (2018), “o ESP-01 é um módulo wireless, de baixo custo, desenvolvido para conectar, de forma fácil e eficaz, um microcontrolador a uma rede WiFi”. De acordo com Alves (2016), O ESP-01 é o módulo Wi-Fi de menor custo da família ESP-8266, sendo que, em contrapartida, é o módulo com a menor quantidade de recursos disponíveis. Em termos de GPIO (*General Purpose Input/Output*, do inglês “entrada/saída de uso geral”), só possui 4 pinos que podem ser utilizados, além disso, os pinos 1 e 3 são compartilhados com os pinos TX e RX, respectivamente, portanto, a utilização como GPIO impossibilita o uso de comunicação serial ao mesmo tempo. Na Figura 5 é possível ver a pinagem do ESP-01.

Figura 5 - Pinagem do ESP-01.



Fonte: ALVES (2016).

Devido ao ESP-01 ter o menor custo da família ESP-8266, é preciso estar atento as suas limitações. Já que a família é vasta, cada projeto necessitará de um modelo específico. Como neste projeto o microcontrolador tratará de poucos processos, o ESP-01 supre as necessidades e mantém o custo baixo.

2.4 Casas inteligentes

As casas inteligentes possuem todos os sistemas residenciais integrados a um controle, conectados à internet e que poupem tempo e energia dos usuários. A automação está cada dia mais difundida e a cada dia surgem novos dispositivos para facilitar e deixar mais confortável a vida das pessoas. (CAMARGO, 2015).

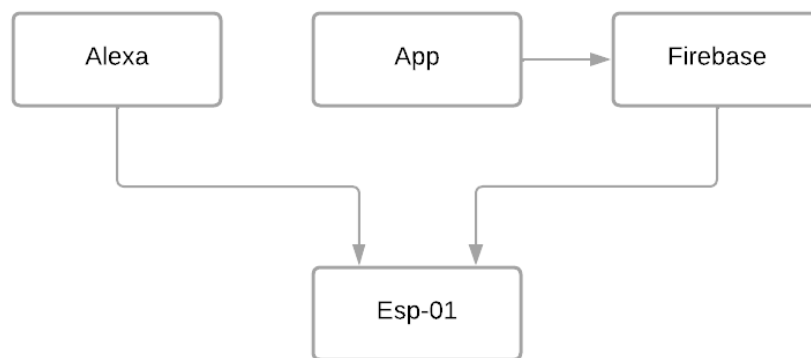
De acordo com Da Silva e Da Mata (2021), as casas inteligentes têm como principal função controlar todo o ambiente, seja no ajuste de luminosidade, temperatura ou umidade. Também é possível acender ou apagar a luz, ligar e desligar equipamentos de acordo com a presença ou não de pessoas no ambiente. Essas funcionalidades podem ser feitas de forma automática ou até mesmo de forma manual, com o usuário estando dentro de casa ou de forma remota.

3 METODOLOGIA

Após todo o processo de análise teórica da inovação, é iniciado o processo de desenvolvimento do protótipo. A funcionalidade do processo é: o usuário solicitar para que o sistema ligue ou desligue algum equipamento a partir da Alexa com o comando “Alexa, ligar Lâmpada Sala”, por exemplo, ou então diretamente no App, clicando no botão ligar/desligar.

As ferramentas base são o módulo *Wi-Fi* ESP-01, utilizando as bibliotecas “FauxmoESP” e “Firebase_ESP_Client”; o banco de dados do Firebase, utilizado para interligar o microcontrolador com a interface gráfica; FlutterFlow, ferramenta usada para a criação do App. O processo de funcionamento pode ser visto na Figura 6.

Figura 6 - Diagrama de acionamento do protótipo.



Fonte: Autoria própria (2024)

Todas as funções de ligar e desligar os dispositivos são feitas pelo módulo, porém, os comandos são enviados pelas outras 2 frentes: Alexa e App a partir do Firebase.

3.1 Hardware e Firmware

O módulo *Wi-Fi* ESP-01 é uma placa que possui somente pinos, para ser soldado diretamente a circuitos direcionados. Neste *hardware*, é necessário um módulo auxiliar, que possui um relé que irá comutar de acordo com os comandos enviados via código para os pinos GPIO da placa. O *Shield* utilizado será o Módulo Relê SDR-5VDC-SL-C. Este módulo possui conector de 8 pinos compatível com o módulo, além de duas entradas de energia para 5V e três pinos de dados, sendo eles:

NC (*normally closed* – normalmente fechado), NO (*normally open* – normalmente aberto) e COM (*common* – terminal comum). A partir desses pinos, é possível realizar conexões em paralelo com interruptores usando os três terminais, ou usando somente as portas COM e NC para funcionar como uma chave, por exemplo ligar e desligar uma tomada. O módulo pode ser visto na Figura 7.

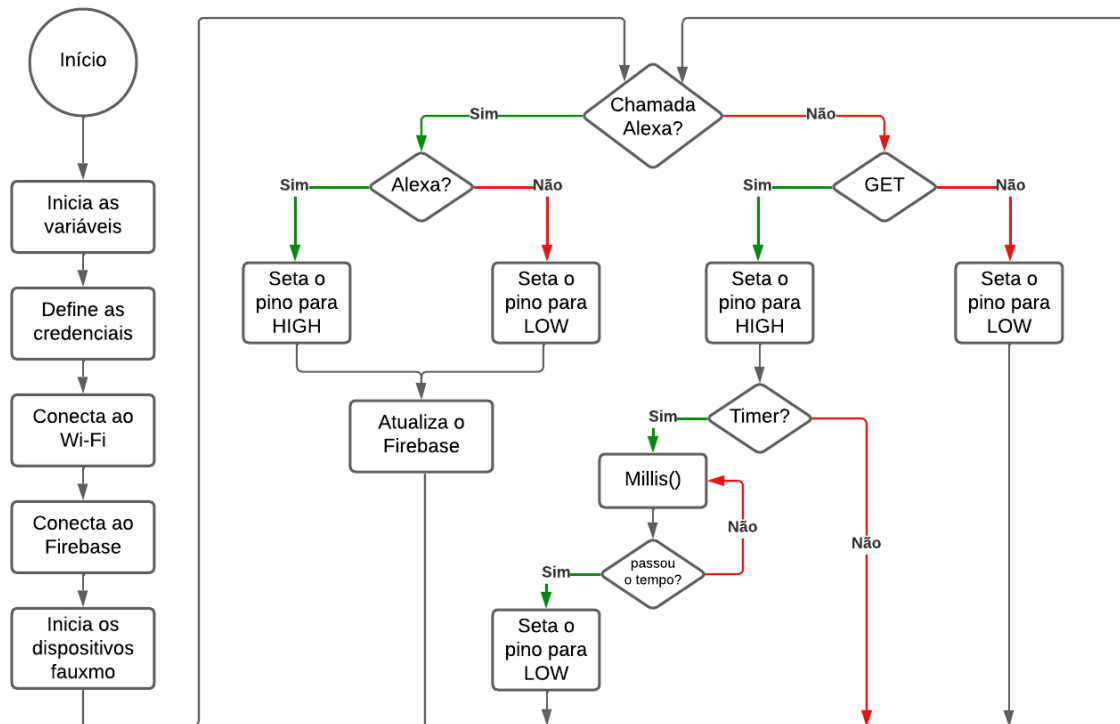
Figura 7 - Módulo relé SRD-5VDC-SL-C.



Fonte: Amazon (2024)

O funcionamento do módulo ESP-01 se baseia nas chamadas realizadas pelas ferramentas de comunicação com o usuário, como Alexa e o App, sendo que, a partir dessas chamadas, são acionadas as portas GPIO do microcontrolador e atualizado o banco de dados Firebase. O funcionamento geral do *firmware* pode ser visto a partir da Figura 8.

Figura 8 - Funcionamento do firmware na ESP-01.



Fonte: autoria própria (2024)

Todos os processos são realizados dentro de um mesmo programa carregado no módulo. Pode-se dividir o processo em quatro etapas: início, chamada da Alexa, comando GET e *timer*.

1. **Início:** é o processo onde são declaradas as bibliotecas e variáveis que serão utilizadas no *software*. Além disso, nesta etapa são definidos os parâmetros de conexão com o Wi-Fi, tal como nome da rede e senha, os parâmetros de conexão com o Firebase, tal como a chave API, o ID do projeto, e-mail de acesso e senha, por fim, é definido o nome do dispositivo que será encontrado pela Alexa na conexão e inicializar o dispositivo.

2. **Chamada da Alexa:** após todo o processo de inicialização do dispositivo, o sistema fica aguardando uma chamada. Se a chamada for para ligar o dispositivo, é direcionado o pino GPIO para *TRUE*, assim ligando a ferramenta solicitada, inversamente, se a chamada for para desligar o dispositivo, direciona-se o pino GPIO para *FALSE*, desligando a ferramenta solicitada. Após o comando para o pino GPIO, utiliza-se a função *SET* do Firebase para atualizar o banco de dados com o valor *TRUE* ou *FALSE* no campo “key”, do inglês “chave”.

3. Comando *GET*: a segunda forma de manipular o pino GPIO é a partir do App, ele transmite o valor *TRUE* ou *FALSE* para o banco de dados e o sistema faz o comando *GET* para ler o campo “key”. Da mesma forma que o comando via Alexa, se o valor for *TRUE*, liga-se o pino GPIO, e se for *FALSE*, desliga-se o pino GPIO.

4. *Timer*: quando se utiliza do App, é possível manter o dispositivo ligado de acordo com o tempo definido utilizando o botão *timer*, que fica ao lado do botão ON/OFF. Quando esse valor é diferente de zero, o sistema guarda o horário instantâneo da alteração com a função *millis()* para *t_inicial* e fica comparando a diferença do tempo a partir da ligação com o tempo definido no App, a ferramenta fica ligada até que a seguinte equação seja verdadeira:

$$t_{atual} - t_{inicial} > t_{definido} \quad (1)$$

Esse tipo de *software* só é possível a realização a partir da utilização de algumas bibliotecas que reúnem uma grande quantidade de funções prontas para utilização, que auxiliam em todo o processo de criação. Neste *software* destacamos duas bibliotecas fundamentais para o desenvolvimento: *fauxmoESP.h* e *Firebase_ESP_Client.h*.

3.1.1 FauxmoESP

É uma biblioteca para dispositivos baseados em ESP8266, ESP32 e Raspberry PI disponibilizada via plataforma *github* pela empresa VintLabs com licença MIT, permitindo seu uso comercial, privado e de distribuição. Essa biblioteca permite controlar um protocolo de dispositivos com tecnologia Alexa, como Amazon Echo ou Dot.

A partir desta biblioteca, é possível criar ferramentas reconhecíveis por dispositivos Alexa, além de receber instruções enviadas por esses dispositivos, bastando estar na mesma conexão Wi-Fi que ele.

Como visto anteriormente, ao iniciar o *software*, são definidos alguns parâmetros de conexão, são a partir desses parâmetros que a biblioteca FauxmoESP conecta ao Wi-Fi, cria seu próprio servidor e habilita a descoberta de dispositivos para conexão com Alexa.

Ao iniciar o dispositivo, fica aguardando uma chamada em formato de interrupção, portanto, a qualquer momento que o sistema receber um comando via

Alexa, irá definir que a variável “chamadaAlexa” está ativa, pronta para manipular alguma ferramenta, seja para ligar ou desligar.

3.1.2 Firebase-ESP-Client

Assim como a biblioteca anterior, a Firebase-ESP-Client é disponibilizada no *github*, porém, pela *mobizt*, além de também possuir a licença MIT, permitindo uso comercial, privado e distribuição. É uma biblioteca cliente que permite a manipulação do Firebase a partir de dispositivos baseados em ESP8266, ESP32 e RP2040 Pico, oferece suporte a Realtime Database, Cloud Firestore, Firebase e Google Cloud Storage, Cloud Messaging e Cloud Functions para Firebase. Com essa biblioteca, é possível a manipulação das mais diversas ferramentas que une ESP-01 e Firebase, portanto, é considerada fundamental para o desenvolvimento deste *software*.

Em todas as etapas mostradas anteriormente é possível identificar utilizações desta biblioteca. No início, utiliza-se dos parâmetros apresentados para iniciar a conexão com o Firebase e Wi-Fi. No processo de chamada da Alexa, utiliza a função *SET* para escrever no banco de dados o resultado da chamada. Na terceira e quarta etapa, a função *GET* desta biblioteca é utilizada para receber os dados oriundos do banco de dados e analisar para ligar e desligar a ferramenta, além de manipular os dados do *timer*.

O funcionamento da função *SET* é realizado a partir da união de várias funções da biblioteca, primeiramente é dado o valor a partir do caminho *content.set* e depois enviado ao banco de dados a partir do caminho *Firebase.Firestore.patchDocument*. Da mesma forma, a função *GET* é buscado a partir do caminho *Firebase.Firestore.getDocument* e apresentado na variável a partir do caminho *payload.setJsonData*.

3.2 FlutterFlow

Todo o processo de desenvolvimento do App foi feito dentro do próprio FlutterFlow e o mesmo foi dividido em cinco telas e um componente, que serão apresentados a seguir.

1. Tela de login: é a primeira tela que se abre ao iniciar o aplicativo. Nela, é possível entrar na tela inicial a partir de um e-mail e senha, ou clicar no *link*

“Cadastrar” que será enviado à tela de cadastro, como pode ser visto na Figura 9 em dois modos: claro ou escuro, que será apresentado de acordo com o modelo pré-definido do sistema do usuário.

Figura 9 - Tela de login (a) modo claro (b) modo escuro.

Smart Home

Insira seu email

Insira uma senha

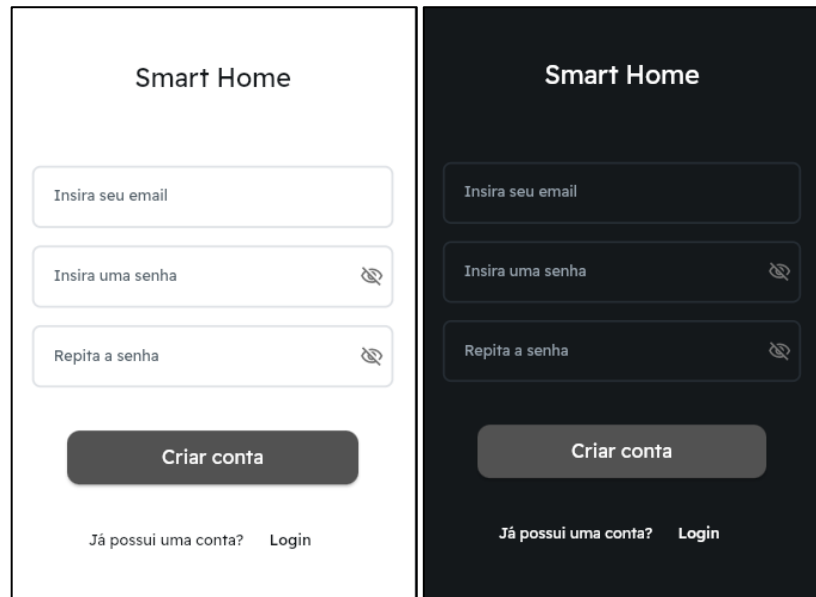
Entrar

Não possui uma conta? Cadastrar

Fonte: autoria própria (2024)

2. Tela de cadastro: como pode ser visto na Figura 10, esta tela é parecida com a tela de *login*, porém, será possível realizar o cadastro do usuário, com um campo para e-mail, um para a senha e um terceiro para a confirmação de senha, evitando o erro na criação. Abaixo é possível clicar no *link* de “Login” para voltar a tela anterior.

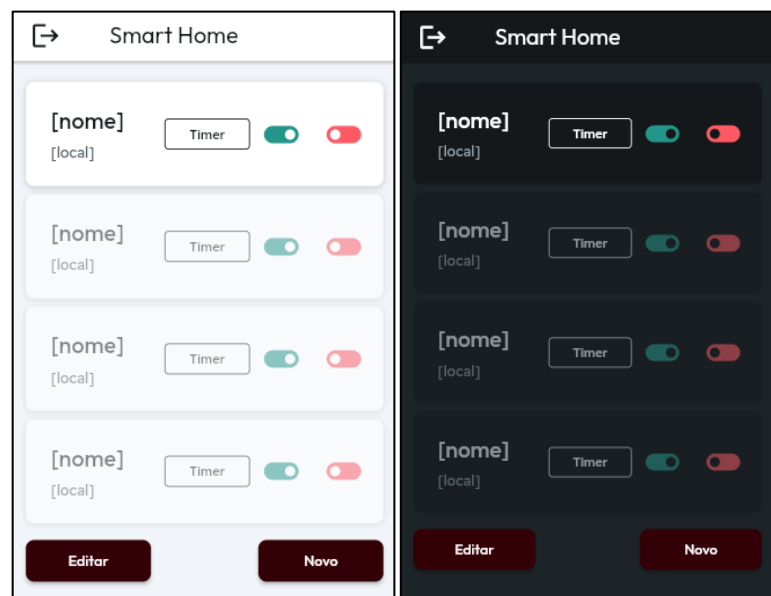
Figura 10 - Tela de cadastro (a) modo claro (b) modo escuro.



Fonte: autoria própria (2024)

3. Tela inicial: Apresentada na Figura 11, é possível manipular as ferramentas ligando ou desligando, além do *timer*. Essa tela permite que o usuário clique nos botões “Novo” para criar uma nova ferramenta e “Editar” para alterar alguma informação de uma ferramenta já criada.

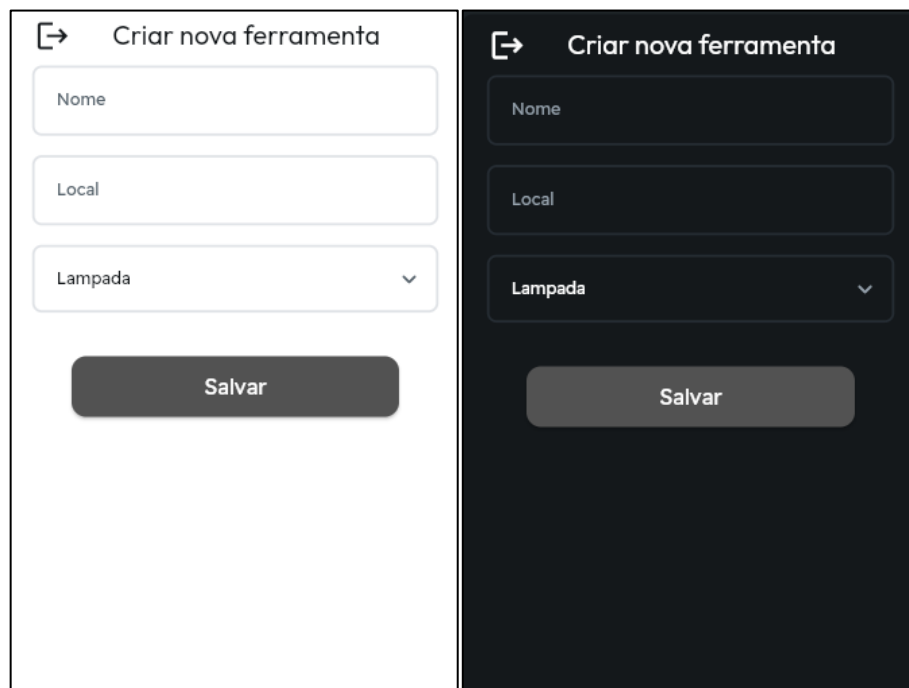
Figura 11 - Tela inicial (a) modo claro (b) modo escuro.



Fonte: autoria própria (2024)

4. Criar nova ferramenta: Nesta tela é possível criar novas ferramentas que serão apresentadas na tela inicial, para isso, só há dois campos para preencher: nome do dispositivo e local onde estará, tal como sala, cozinha ou quartos. Por último, uma caixa de estados, em que é possível selecionar Lâmpada, Tomada ou Fechadura. Pode ser vista na Figura 12.

Figura 12 - Tela de criar nova ferramenta (a) modo claro (b) modo escuro.



The image displays two side-by-side screenshots of a mobile application interface for creating a new tool. The left screenshot (a) is in light mode, and the right screenshot (b) is in dark mode. Both screens have a title bar with a back arrow icon and the text 'Criar nova ferramenta'. Below the title bar, there are three input fields: 'Nome' (Name), 'Local' (Location), and 'Lampada' (Lamp) with a dropdown arrow. At the bottom of each screen is a 'Salvar' (Save) button.

Fonte: autoria própria (2024)

5. Editar ferramenta: assim como a tela anterior, só há três informações para se alterar: nome do dispositivo, local onde está inserido e o tipo de ferramenta utilizada. Nesta tela ainda é possível apagar a ferramenta utilizando o botão “Apagar”. Pode ser vista na Figura 13.

Figura 13 - Tela de editar ferramenta (a) modo claro (b) modo escuro.

Fonte: autoria própria (2024)

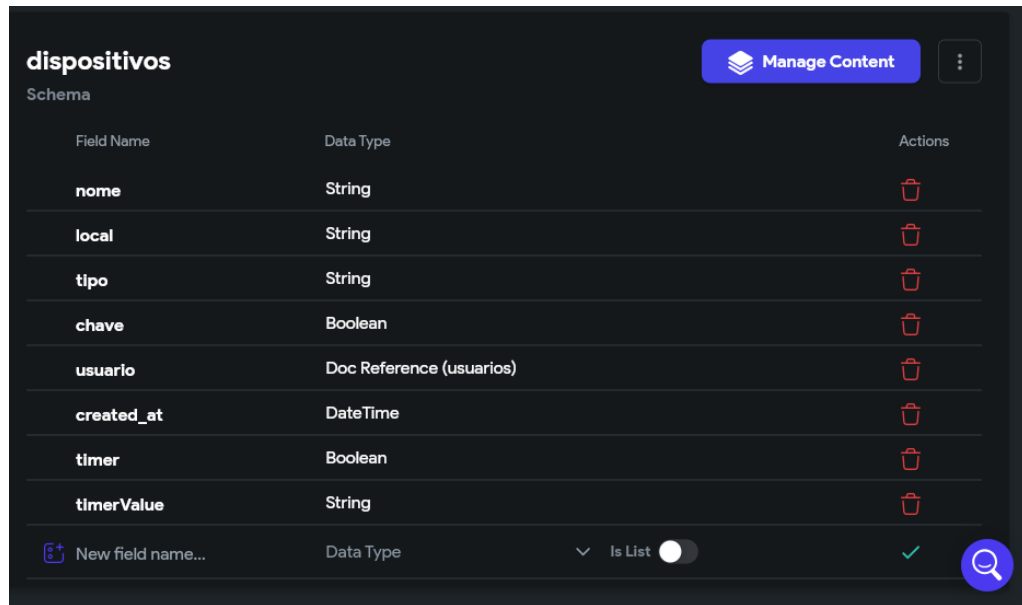
6. Componente *timer*: diferente das telas, o componente é uma pequena caixa de alerta que será aberto por cima da tela que o chama. Nesse sistema, só aparece em caso de clicar no botão “*Timer*”, na tela inicial, terá um campo para preencher o tempo desejado em segundos e confirmar. É visto na Figura 14

Figura 14 - Componente *Timer* (a) modo claro (b) modo escuro.

Fonte: autoria própria (2024)

Todos os dados coletados e editados por essas telas são diretamente alterados no Firebase através de uma conexão direta que os dois sistemas fazem a partir do menu Firestore do FlutterFlow. Nesta tela, é criado um esquema com todas as variáveis utilizadas no Firebase com o mesmo nome, em que é espelhado entre os sistemas, como pode ser visto na Figura 15.

Figura 15 - Menu Firestore dentro do FlutterFlow.



Fonte: autoria própria (2024)

Desta forma, não é necessária nenhuma linha de código ou configuração extensa para a criação de um App completo, desde o *login* até a manipulação do banco de dados em tempo real, basta utilizar a ferramenta de forma adequada e com criatividade.

3.3 Prancheta de simulação

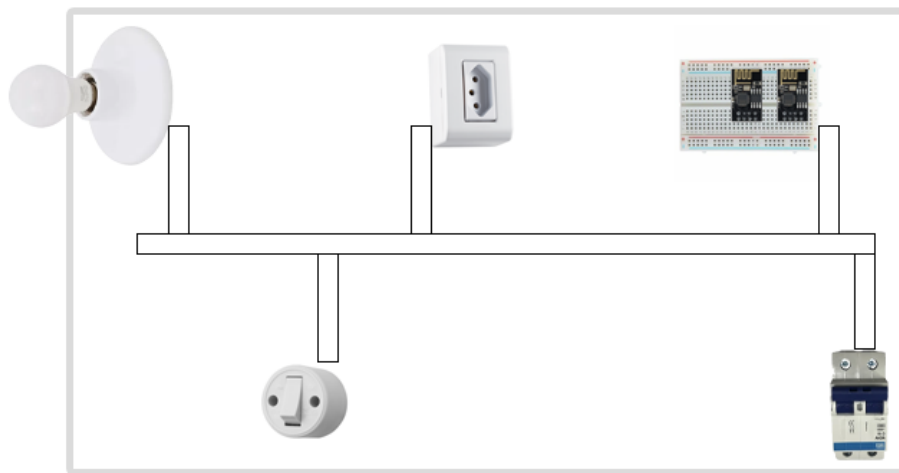
Para as simulações em ambiente físico, foi necessário o desenvolvimento de uma prancheta elétrica que simula uma residência, com local para inserir os módulos ESP-01, alimentação de 127 volts, interruptor, tomada e lâmpada, para que fossem possíveis simular todas as possibilidades de uma residência.

Para o desenvolvimento da prancheta, foram necessários os seguintes materiais:

- 1 placa de MDF cinza 90x45 cm;
- 2 módulos relé Shield SRD-05VDC
- 1 canaleta de PVC 2m;
- 1 disjuntor bifásico 10A;
- 1 interruptor paralelo;
- 1 plafon de plástico;
- 1 lâmpada.

Com o módulo ESP-01 conectado diretamente ao *shield*, é possível montar um sistema *three-way*, também conhecido como interruptor paralelo, visto que o módulo possui 3 terminais (NC, NO e COM) e ele seria utilizado no lugar de um interruptor para o sistema. No outro módulo, é possível acionar uma tomada como liga/desliga utilizando dois terminais (COM e NC). O desenho do sistema ficou da seguinte forma, como mostra a Figura 16.

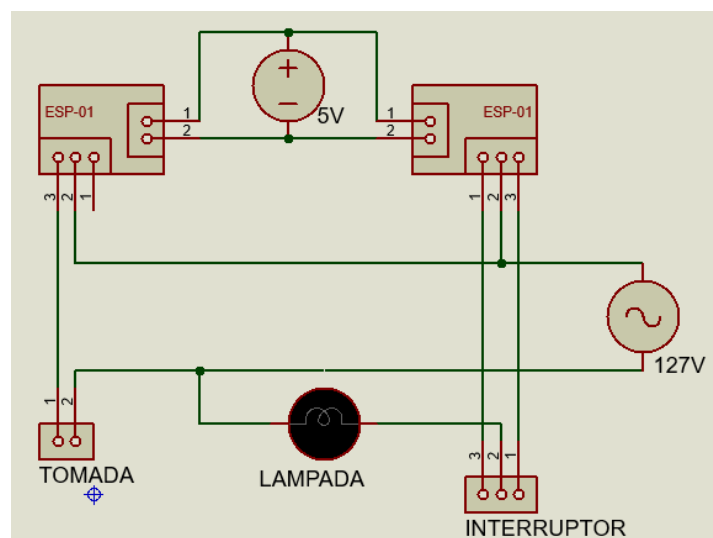
Figura 16 - Projeto físico da prancheta elétrica.



Fonte: autoria própria (2024)

Já o esquema elétrico da prancheta é feito da seguinte forma como mostra a Figura 17.

Figura 17 - Esquema elétrico da prancheta.



Fonte: autoria própria (2024)

4 RESULTADOS

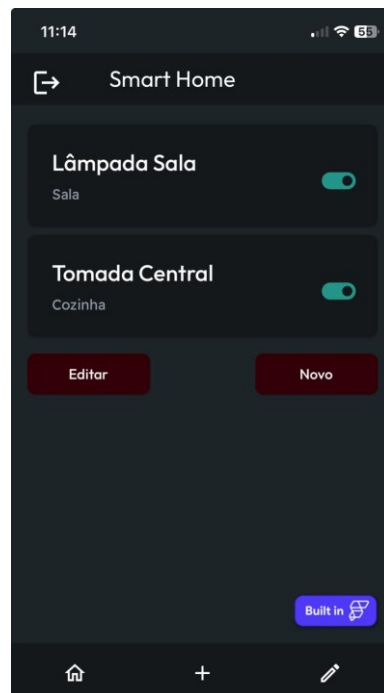
Os resultados obtidos com a implementação do sistema de automação residencial proposto foram promissores. Diversos aspectos foram avaliados, incluindo a funcionalidade, eficiência e custo-benefício da solução desenvolvida. Os principais resultados podem ser resumidos da seguinte forma:

4.1 Funcionalidade e integração

O sistema desenvolvido foi capaz de automatizar dispositivos comuns, como interruptores e tomadas, utilizando o módulo ESP-01. A integração com assistentes virtuais, como a Alexa, funcionou de maneira eficiente, permitindo o controle por comandos de voz. A interface do aplicativo, desenvolvida com FlutterFlow, mostrou-se intuitiva e fácil de usar. Os usuários puderam configurar e controlar os dispositivos sem dificuldades significativas.

Na Figura 18, é possível ver o sistema em funcionamento pelo App via celular, na qual já possui os dois dispositivos configurados, chamados de “Lâmpada Sala” e “Tomada Central”.

Figura 18 - Tela do App em funcionamento pelo celular.



Fonte: autoria própria (2024)

Na Figura 19, é possível ver o mesmo sistema na tela de um computador, apresentando a possibilidade de navegação via *web*, além da adaptabilidade da tela, que apresenta os mesmos dados independente do formato e tamanho, assim podendo ser acessado de qualquer lugar sem perda de dados.

Figura 19 - Tela do App em funcionamento pelo navegador do computador.



Fonte: autoria própria (2024)

A seguir, é apresentada uma fotografia da prancheta elétrica, conforme já ilustrada no projeto anteriormente; nela é possível observar todos os dispositivos já conectados.

Fotografia 1 - Protótipo da prancheta elétrica



Fonte: autoria própria (2024)

4.2 Custo-benefício

Os custos para todo o processo de desenvolvimento são exclusivos do protótipo, visto que os sistemas utilizados, como FlutterFlow e Firebase, foram nas versões gratuitas das plataformas. Com isso, cada protótipo para instalar nas unidades consumidoras terão somente o custo da ESP-01 e do seu módulo, além dos fios necessários para as ligações. Os custos e quantidades são apresentados na Tabela 1, considerando o valor pago diretamente com fabricante ou lojas parceiras.

Tabela 1 - Custo total para confecção da prancheta elétrica

Produto	Quantidade	Valor Unitário	Valor total
ESP-01	2	R\$ 2.45	R\$ 4.90
Módulo relê SRD-5VDC-SL-C	2	R\$ 3.50	R\$ 7.00
Total			R\$ 11.90

Fonte: autoria própria (2024)

Adicionalmente, se necessário, é possível inserir o custo do acesso ao FlutterFlow, de U\$15,00 mensais, para que seja possível publicar nas lojas de aplicativos. Ao observar os valores, pode-se garantir, portanto, que o custo de um único protótipo para uma casa já fabricada é de somente uma unidade de ESP-01, de R\$2,45, e uma unidade do módulo relê, de R\$3,50, totalizando R\$5,95 por dispositivo.

Para efeito de comparação, foram escolhidas algumas lâmpadas inteligentes vendidas no mercado; essas lâmpadas têm possibilidade de conexão com aplicativos e Alexa. Na Tabela 2 é possível observar suas marcas e valores, considerando todas compradas no mesmo site, e a diferença de valores para o projeto desenvolvido.

Tabela 2 - Comparativo de preço de lâmpadas inteligentes vendidas no mercado com o projeto desenvolvido

Produto	Valor unitário	Valor do projeto	Diferença
Lâmpada Wi-Fi Positivo (POSITIVO, 2024)	R\$ 44.90	R\$ 5.95	R\$ 38.95
Lâmpada Inteligente Elgin (ELGIN, 2024)	R\$ 87.35		R\$ 81.40
Lâmpada Inteligente Steck (STECK, 2024)	R\$ 62.45		R\$ 56.50
Lâmpada Smart Intelbras (INTELBRAS, 2024)	R\$ 89.90		R\$ 83.95
Lâmpada Inteligente Avant NEO (AVANT, 2024)	R\$ 42.12		R\$ 36.17
Lâmpada W-Fi Inteligente Tp-Link Tapo (TAPO, 2024)	R\$ 55.90		R\$ 49.95
Lâmpada Inteligente EKAZA (EKAZA, 2024)	R\$ 49.00		R\$ 43.05

Fonte: autoria própria (2024)

Com isso, pode-se observar a grande diferença obtida entre essas lâmpadas inteligentes com o valor do protótipo, que ainda pode ser utilizado para tomadas, fechaduras, portões eletrônicos, para jardinagem, aquários, entre outros. O custo total do sistema, incluindo os componentes de hardware e a implementação do *firmware*, foi significativamente inferior ao de soluções comerciais disponíveis no mercado. Isso valida a premissa de que é possível desenvolver uma automação residencial acessível. A análise comparativa com outros sistemas de automação revelou que a nossa solução oferece um excelente equilíbrio entre funcionalidade e custo, especialmente para residências já construídas.

4.3 Desempenho

Os testes de desempenho demonstraram que o sistema é capaz de responder rapidamente aos comandos, com um tempo de latência mínimo. Isso é essencial para garantir uma experiência de usuário satisfatória, especialmente em um contexto de automação residencial, onde a resposta imediata é frequentemente necessária. A eficiência do ESP-01 na execução de tarefas de automação, como o controle de interruptores e tomadas, foi notável, mostrando-se uma solução robusta e confiável.

Os dados coletados indicam que o sistema mantém um desempenho consistente mesmo em cenários com múltiplos dispositivos conectados, assegurando uma operação fluida e sem interrupções. Essa robustez é crucial para a confiabilidade do sistema em ambientes domésticos, onde a continuidade do serviço é vital para a conveniência e a segurança dos usuários.

4.4 Segurança e confiabilidade

A segurança e a confiabilidade são aspectos cruciais em qualquer sistema de automação residencial, especialmente quando se lida com dispositivos conectados à internet. A utilização do Firebase como banco de dados em nuvem proporcionou uma camada adicional de segurança e confiabilidade. Todos os dados de controle e configuração foram armazenados de forma segura, com mecanismos de criptografia robustos, garantindo a integridade e a privacidade das informações dos usuários.

Durante os testes, não foram detectadas falhas de segurança significativas, o que indica que o sistema é robusto e confiável para uso doméstico. Além disso, o sistema foi projetado para ser resiliente a falhas. Em caso de perda de conexão com

a internet, os dispositivos mantêm suas funcionalidades básicas, garantindo que a automação continue a operar de forma autônoma até que a conexão seja restabelecida.

4.5 Dificuldades e possíveis melhorias

No início do projeto, os testes foram conduzidos utilizando a biblioteca EspAlexa, que permite a conexão do sistema ESP-01 com a Alexa para controle de dispositivos de forma remota. No entanto, durante o desenvolvimento do firmware, foi identificado um problema de compatibilidade entre as bibliotecas EspAlexa e Firebase_ESP_Client. Essas bibliotecas são mutuamente exclusivas, ou seja, uma não pode funcionar corretamente quando a outra está em uso simultaneamente, impossibilitando a integração das duas. Diante dessa incompatibilidade, foi necessário substituir a biblioteca EspAlexa pela FauxmoESP, que já foi mencionada anteriormente no projeto. Essa mudança foi essencial para assegurar a funcionalidade pretendida do sistema, mas resultou em um atraso no cronograma de desenvolvimento, pois exigiu ajustes e testes adicionais para garantir a operação adequada com a nova biblioteca.

Adicionalmente, é importante destacar que a utilização do sistema na forma em que foi finalizado requer conhecimentos em programação e no processo de gravação do módulo ESP-01. Cada unidade consumidora precisa ter seus dados de *Wi-Fi* alterados diretamente no código, o que dificulta a comercialização para o público geral. Uma melhoria significativa seria a criação de um encapsulamento que incluía um *QR Code* para identificação do dispositivo e a possibilidade de conexão via Bluetooth. Isso permitiria que o dispositivo fosse configurado e conectado ao *Wi-Fi* diretamente pelo celular, simplificando o processo para usuários finais e tornando o produto mais acessível e fácil de usar.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo abordou a implementação de um sistema de automação residencial de baixo custo e fácil integração, utilizando a plataforma FlutterFlow e o banco de dados em nuvem Firebase. Ao longo do desenvolvimento e implementação do protótipo, foram observadas várias vantagens e desafios, cujas análises são fundamentais para futuras melhorias e aplicações.

Primeiramente, a escolha do módulo *Wi-fi* ESP-01 se mostrou eficaz e econômica. Este componente permitiu a automação de dispositivos comuns, como interruptores e tomadas, com um custo significativamente reduzido em comparação a outras soluções disponíveis no mercado. Além disso, a integração com assistentes virtuais, como a Alexa, proporcionou uma experiência de usuário intuitiva e moderna, demonstrando a viabilidade de incorporar tecnologias avançadas em sistemas de baixo custo. A utilização do FlutterFlow para o desenvolvimento do aplicativo de controle também foi um ponto positivo. Esta plataforma *low-code* facilitou o processo de desenvolvimento, permitindo a criação de uma interface amigável e funcional sem a necessidade de extensa codificação. A integração com o Firebase garantiu a segurança e a escalabilidade do sistema, aspectos essenciais para qualquer aplicação IoT.

No entanto, alguns desafios foram identificados durante o projeto. A principal dificuldade encontrada foi a integração de diferentes dispositivos e protocolos de comunicação. A diversidade de padrões e a falta de interoperabilidade entre alguns dispositivos IoT podem complicar a implementação em residências já construídas. Este é um aspecto que necessita de mais atenção em futuros trabalhos, com o objetivo de desenvolver soluções mais universais e compatíveis. Outro ponto a ser considerado é a segurança dos dados. Com a crescente adoção de dispositivos conectados, garantir a privacidade e a proteção das informações dos usuários é crucial. Implementar mecanismos robustos de segurança e criptografia deve ser uma prioridade em qualquer sistema de automação residencial.

As possibilidades de expansão do projeto são vastas. Futuras melhorias podem incluir a integração de novas ferramentas e sensores, a adaptação do sistema para diferentes assistentes virtuais e a otimização do consumo energético dos dispositivos automatizados. Além disso, a adoção de tecnologias emergentes, como

a inteligência artificial, pode aprimorar a funcionalidade e a eficiência do sistema, oferecendo uma experiência ainda mais personalizada aos usuários.

Em conclusão, este trabalho demonstrou que é possível desenvolver uma solução de automação residencial acessível, eficiente e de fácil implementação. A inovação incremental aplicada aqui mostra que pequenas melhorias em tecnologias existentes podem resultar em significativas vantagens práticas. Com a contínua evolução das tecnologias IoT e a crescente demanda por soluções inteligentes, projetos como este têm o potencial de transformar a forma como interagimos com nossas casas, tornando-as mais seguras, confortáveis e eficientes.

REFERÊNCIAS

- ALBERTIN, Alberto Luiz; ALBERTIN, Rosa Maria de Moura. **A Internet das Coisas irá muito além das Coisas**. 2017. Disponível em < <https://repositorio.fgv.br/server/api/core/bitstreams/aef53964-fff1-42d4-b7b7-d6d7e62f6829/content>>. Acesso em: 29 maio 2024.
- ALVES, Josemar. **Configurando GPIO do ESP8266-01**. Embarcados. 2016. Disponível em: < <https://embarcados.com.br/configurando-gpio-do-esp8266-01/>>. Acesso em: 29 maio 2024.
- INTELBRAS. Lâmpada Smart Inteligente EWS 410 com 16 milhões de cores Wi-Fi compatível com Alexa Intelbras. **Amazon**, 2024. Disponível em: <<https://a.co/d/atgqy9V>>. Acesso em: 05 junho 2024.
- CAMARGO, Edílson; DE FARIA PEREIRA, Mariangela. **Casas Inteligentes**. 2015. Disponível em: < https://www.researchgate.net/profile/Edilson-Camargo/publication/275343303_Casas_Inteligentes/links/55391590cf2239f4e7c4b80/Casas-Inteligentes.pdf>. Acesso em: 27 maio 2024.
- COELHO, Pedro Miguel Nogueira. **Rumo à indústria 4.0**. 2016. Dissertação de Mestrado.
- DA SILVA, Deivid De Almeida Padilha; DA MATA, Galileu Ângelo. **O USO DA TECNOLOGIA EM CASAS INTELIGENTES**. Revista Eletrônica da Faculdade Invest de Ciências e Tecnologia, v. 5, n. 1, p. 18-18, 2021.
- DOS SANTOS, Adriana BA; FAZION, Cíntia B.; DE MEROE, Giuliano PS. **Inovação: um estudo sobre a evolução do conceito de Schumpeter**. Caderno de Administração, v. 5, n. 1, 2011.
- ELGIN. Lâmpada Inteligente 30W Elgin Color RGB Wifi Compatível com Alexa e Google Home. **Amazon**, 2024. Disponível em: <<https://a.co/d/bVi68TU>>. Acesso em: 05 junho 2024.
- ESP8266 ESP-01/01S 5V WiFi Relay Module Things Smart Home Remote Control Switch Phone APP ESP01 Relay (Size : Board). **Amazon**. 2024. Disponível em: <<https://www.amazon.co.uk/ESP8266-ESP-01-Module-Things-Control/dp/B0CFTSDCPM>>. Acesso em: 05 junho 2024.
- EKAZA. Lâmpada Inteligente RGB, 16 milhões de cores, Wi-Fi, Compatível com Amazon Alexa e Google Assistente, 9W+3W - EKGC-T261-E27. **Amazon**, 2024. Disponível em: <<https://a.co/d/7QWIkOQ>>. Acesso em: 05 junho 2024.
- FACCIONI FILHO, Mauro. **Internet das coisas**. Unisul Virtual, 2016. Disponível em: < https://www.researchgate.net/profile/Mauro-Fazion-Filho/publication/319881659_Internet_das_Coisas_Internet_of_Things/links/59c038d5458515e9cfd54ff9/Internet-das-Coisas-Internet-of-Things.pdf>. Acesso em: 27 maio 2024.
- FITTIPALDI, Marco Aurélio Sanches et al. **Inovação Incremental**. Disponível em: < <https://www.researchgate.net/profile/Isabel-Santos->

13/publication/317689064_Inovacao_Incremental_agente_redutor_liquido_de_nox_a_utomotivo_Arla_32/links/5a1c23f3a6fdcc50aded02b3/Inovacao-Incremental-agente-redutor-liquido-de-nox-automotivo-Arla-32.pdf>. Acesso em: 27 maio 2024.

INTELBRAS. Lâmpada Smart Inteligente EWS 410 com 16 milhões de cores Wi-Fi compatível com Alexa Intelbras. **Amazon**, 2024. Disponível em: <<https://a.co/d/atgqy9V>>. Acesso em: 05 junho 2024.

Lâmpada Inteligente LED Smart WI-FI compatível com Alexa, linha NEO, 10W, RGB, Luz branca e amarela (2700K-6500K), Bivolt, Avant. **Amazon**, 2024. Disponível em: <<https://a.co/d/9MwPB9i>>. Acesso em: 05 junho 2024.

POSITIVO. Smart Lâmpada Wi-Fi Positivo Casa Inteligente, Iluminação Branca (Quente e Fria) e RGB (Até 16 Milhões de Cores), 9W, 806 Lúmens, LED, Bivolt, Compatível com Alexa e Google Assistente. **Amazon**, 2024. Disponível em: <<https://a.co/d/6MmqXTp>>. Acesso em: 05 junho 2024.

SANTOS, Beatrice Paiva et al. **Indústria 4.0: desafios e oportunidades**. Revista Produção e Desenvolvimento, v. 4, n. 1, p. 111-124, 2018.

SANTOS, Bruno P. et al. **Internet das coisas: da teoria à prática**. Minicursos SBRC-Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos, v. 31, p. 16, 2016.

SANTOS, Guilherme Robert Silveira. **Crie seu primeiro projeto usando o módulo ESP-01 e Firebase**. Embarcados. 2018. Disponível em: <<https://embarcados.com.br/esp-01-firebase/>>. Acesso em: 29 maio 2024.

STECK. Lâmpada Inteligente 7W, Steck Ambiente Conectado RGBW Wi-Fi, Bivolt. **Amazon**, 2024. Disponível em: <<https://a.co/d/cJ3xwGZ>>. Acesso em: 05 junho 2024.

TAPO. Lâmpada Wi-Fi Inteligente TP-Link Tapo L530E, com 16 milhões de cores, compatível com Alexa, compatível com Google, Colorido RGB, Bivolt, Economia e monitoramento de energia. **Amazon**, 2024. Disponível em: <<https://a.co/d/c1dWovj>>. Acesso em: 05 junho 2024.