



**INSTITUTO FEDERAL**  
Amazonas  
Campus Manaus-Distrito Industrial

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO  
AMAZONAS – IFAM.**

**CAMPUS MANAUS DISTRITO INDUSTRIAL  
DEPARTAMENTO DE AUTOMAÇÃO E PRODUÇÃO  
TECNOLOGIA EM MECATRÔNICA INDUSTRIAL**

**EXXON PINHEIRO SOBREIRA**

**SISTEMA DE MONITORAMENTO E CORTE ELÉTRICO PARA PREVENÇÃO DE  
ACIDENTES COM GÁS GLP EM RESIDÊNCIAS**

**MANAUS-AM**

**2025**

**EXXON PINHEIRO SOBREIRA**

**SISTEMA DE MONITORAMENTO E CORTE ELÉTRICO PARA PREVENÇÃO DE  
ACIDENTES COM GÁS GLP EM RESIDÊNCIAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito para obtenção de grau de tecnológico em mecatrônica industrial do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Distrito Industrial – IFAM/CMDI.

Orientador (a): Prof. Esp. Celso Souza Cordeiro

**MANAUS-AM**

**2025**

### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

S677s	<p>Sobreira, Exxon Pinheiro.</p> <p>Sistema de monitoramento e corte elétrico para prevenção de acidentes com gás GLP em residências / Exxon Pinheiro Sobreira. — Manaus, 2025. 29f.: il. color.</p> <p>Monografia (Graduação) — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, <i>Campus</i> Manaus Distrito Industrial, Curso de Tecnologia em Mecatrônica Industrial, 2025. Orientador: Prof. Celso Souza Cordeiro, Esp.</p> <p>1. Automação. 2. Sistemas embarcados. 3. Segurança elétrica. I. Cordeiro, Celso Souza. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Título.</p> <p>CDD 629.892</p>
-------	--

Elaborada por Oziane Romualdo de Souza (CRB11/ nº 734).

**EXXON PINHEIRO SOBREIRA**


**SISTEMA DE MONITORAMENTO E CORTE ELÉTRICO PARA PREVENÇÃO DE  
ACIDENTES COM GÁS GLP EM RESIDÊNCIAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito para obtenção de grau de tecnológico em mecatrônica industrial do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Distrito Industrial – IFAM/CMDI.

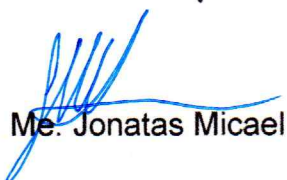
Orientador(a): Prof. Esp. Celso Souza Cordeiro

Aprovado em 09 de julho de 2025

**BANCA EXAMINADORA**

  
Orientador e Presidente: Prof. Esp. Celso Souza Cordeiro

  
Avaliador 1: Prof. Esp. Ewerton Andrey Godinho Ribeiro

  
Avaliador 2: Prof. Me. Jonatas Micael Vieira de Lima

**MANAUS-AM**

**2025**

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho aos meus familiares, cujo apoio constante e dedicação foram essenciais para a realização deste curso.*

## **AGRADECIMENTOS**

Concluir esta etapa representa uma imensa alegria e, acima de tudo, um momento de profunda gratidão. Com humildade, reconheço todas as pessoas e forças que tornaram essa conquista possível.

Em primeiro lugar, rendo minha reverência à presença divina, cuja luz, mesmo nos silêncios, iluminou meu caminho, fortaleceu minha fé e me sustentou nos momentos de dúvida e incerteza.

À minha família, meu porto seguro, agradeço pelo amor incondicional, pelas palavras de encorajamento nos dias difíceis e por nunca deixarem que eu perdesse a esperança. Vocês foram, e sempre serão, meu alicerce.

Aos amigos que estiveram ao meu lado nessa jornada, sou imensamente grato pelas conversas sinceras, pelas risadas compartilhadas, pelo apoio constante e pela leveza que trouxeram aos momentos mais desafiadores.

Aos mestres e professores que tive a honra de conhecer, deixo meu mais sincero agradecimento. Obrigado por transmitirem não apenas o conhecimento técnico, mas também valores, ética, humanidade e inspiração. Vocês deixaram marcas que levarei para toda a vida.

À equipe de coordenação do curso, minha admiração e gratidão pelo compromisso com a excelência do ensino e pela dedicação em proporcionar um ambiente acolhedor e propício ao aprendizado.

Cada obstáculo superado, cada noite de estudo, cada dúvida esclarecida e cada pequeno avanço contribuíram para tornar essa conquista ainda mais significativa. A todos que, de alguma forma, fizeram parte dessa caminhada, deixo meu sincero agradecimento. Esta vitória também é de vocês.

## RESUMO

Este projeto apresenta o desenvolvimento de um sistema inteligente de monitoramento e corte elétrico para prevenção de acidentes com gás GLP em residências. A proposta busca aumentar a segurança em instalações elétricas, evitando riscos de explosões causadas pela ativação de circuitos elétricos em ambientes com vazamento de gás. O dispositivo é baseado em sensores de detecção de gás GLP, que ao identificarem a presença do gás, acionam automaticamente um sistema de desligamento da rede elétrica da residência. Além disso, para garantir acessibilidade e máxima segurança, o sistema emite alertas sonoros e luminosos, garantindo que pessoas com deficiência auditiva sejam notificadas. Visando ampliar a proteção, o dispositivo também se conecta à rede Wi-Fi e envia uma mensagem via WhatsApp ao proprietário do imóvel, alertando sobre o vazamento, permitindo que medidas de segurança sejam tomadas remotamente. Com este projeto, o objetivo é reduzir riscos de incêndios e explosões em residências, oferecendo uma solução eficiente, acessível e automatizada para a proteção elétrica em ambientes domésticos.

**Palavras-chave:** Automação. Segurança elétrica. Sistemas embarcados.

## **ABSTRACT**

This project presents the development of an intelligent monitoring and electrical shutoff system for the prevention of accidents involving LPG gas in residential settings. The proposal aims to enhance safety in electrical installations by preventing the risk of explosions caused by the activation of electrical circuits in environments with gas leaks. The device is based on LPG gas detection sensors which, upon identifying the presence of gas, automatically trigger a system to shut off the home's electrical network. In addition, to ensure accessibility and maximum safety, the system emits both sound and light alerts, ensuring that individuals with hearing impairments are properly notified. To further extend protection, the device also connects to a Wi-Fi network and sends a message via WhatsApp to the property owner, alerting them to the gas leak and enabling safety measures to be taken remotely. With this project, the goal is to reduce the risk of fires and explosions in homes by offering an efficient, accessible, and automated solution for electrical protection in residential environments.

**Keywords:** Automation. Electrical safety. Embedded systems.

## LISTA DE GRÁFICOS

Figura 1 - Ocorrências registradas pelo vazamento de gás .....	14
--	----

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Esp 32.....	16
Figura 2 - Módulo rele.....	17
Figura 3 - Sensor de gás .....	17
Figura 4 - Fonte de Alimentação de 5V.....	18
Figura 5 - Interruptor diferencial residual.....	19
Figura 6 - Distribuição dos componentes dos dispositivos.....	24
Figura 7 - Dispositivo responsável por interromper a energia no quadro elétrico.....	25
Figura 8 - Módulo receptor instalado dentro do quadro elétrico .....	26
Figura 9 - Testes de funcionamento do módulo transmissor.....	27

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>CBMCE</b>	–	Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Ceará.....	14
<b>GLP</b>	–	Gás Liquefeito de petróleo.....	14
<b>SDA</b>	–	Linha de dados.....	15
<b>SCL</b>	–	Linha de clock.....	15
<b>DC</b>	–	Corrente continua.....	16
<b>DR</b>	–	Interruptor diferencial residual .....	19

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>1. OBJETIVO.....</b>	<b>13</b>
<b>1.1 Objetivo geral.....</b>	<b>13</b>
<b>1.2 Objetivo específico .....</b>	<b>13</b>
<b>2. PROBLEMÁTICA .....</b>	<b>13</b>
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>14</b>
<b>3.1 Levantamento dos riscos decorrentes do vazamentod e gás GLP.....</b>	<b>14</b>
<b>3.2 Elementos do projeto .....</b>	<b>15</b>
<b>3.2.1 ESP 32 .....</b>	<b>15</b>
<b>3.2.2 Módulo relé.....</b>	<b>16</b>
<b>3.2.3 Sensor de gás .....</b>	<b>17</b>
<b>3.2.4 Fonte de alimentação .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2.5 Interruptor Diferencial Residual.....</b>	<b>19</b>
<b>4. ORGANIZAÇÃO DO PROJETO.....</b>	<b>19</b>
<b>4.1 Metodologia .....</b>	<b>19</b>
<b>4.2 Fonte Dimensionamento dos componentes e da corrente do DR .....</b>	<b>21</b>
<b>4.3 Orçamento dos componentes .....</b>	<b>23</b>
<b>4.4 Montagem do protótipo.....</b>	<b>24</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>26</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>29</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>30</b>
<b>ANEXO A- Código usado no transmissor e no receptor .....</b>	<b>31</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O gás liquefeito de petróleo (GLP) é amplamente utilizado em residências devido à sua eficiência e praticidade como fonte de energia para cozinhas, aquecedores e outros equipamentos domésticos. Sua popularidade cresceu ao longo do tempo, tornando-se um elemento essencial para o conforto e o funcionamento de muitas moradias. No entanto, apesar de suas vantagens, o GLP apresenta riscos significativos quando não manuseado corretamente, especialmente em casos de vazamento, podendo levar a incêndios e explosões (GODINHO, 2021).

O principal perigo associado ao gás GLP está em sua alta inflamabilidade e na dificuldade de dispersão em ambientes fechados, uma vez que é mais pesado que o ar. Pequenos vazamentos podem se acumular em locais baixos e confinados, tornando-se uma ameaça invisível. Em situações onde ocorra centelhamento, como o simples acionamento de um interruptor de luz, o risco de uma explosão se torna iminente. Diante desses perigos, medidas preventivas são essenciais para garantir a segurança residencial (BRASIL; MINHONI, 2021).

Nos últimos anos, os avanços em automação residencial têm permitido o desenvolvimento de soluções inovadoras para aumentar a segurança nas casas, utilizando sensores, conectividade e inteligência artificial para monitorar riscos e agir preventivamente (RODRIGUES; NASCIMENTO NETO, 2021).

Entre essas tecnologias, destacam-se os sistemas de detecção de vazamentos de gás, que podem atuar de maneira autônoma para evitar acidentes. Este projeto propõe o desenvolvimento de um sistema inteligente de monitoramento e corte elétrico, voltado para a prevenção de acidentes com gás GLP em residências.

Além de atuar de forma automatizada, o sistema visa garantir acessibilidade e confiabilidade na resposta aos riscos. A integração com redes de comunicação permite alertar remotamente os moradores, ampliando as possibilidades de ação imediata. A proposta também contribui para a conscientização sobre segurança elétrica e o uso responsável de tecnologias no ambiente doméstico. O projeto, portanto, busca unir eficiência, inovação e proteção em uma solução aplicável e de baixo custo.

O nosso protótipo integrará sensores capazes de detectar a presença do gás no ambiente e, ao identificarem um vazamento, acionará automaticamente o desligamento da rede elétrica da residência, evitando possíveis fontes de ignição.

## 1. OBJETIVOS

### 1.1 Objetivo geral

Desenvolver um sistema de segurança para detectar vazamentos de gás GLP, desligar a energia elétrica e notificar o proprietário via WhatsApp.

### 1.2 Objetivos específicos

- a) Desenvolver um protótipo de um sistema de segurança para detecção de vazamentos de gás GLP, que seja capaz de se conectar a rede Wi-fi;
- b) Construir o protótipo, integrando sensores de gás, sistemas de corte de energia e alertas sonoros e luminosos;
- c) Realizar testes, analisando resultados e ajustando o sistema para melhorar a eficácia na detecção e notificação via WhatsApp;
- d) Documentar o processo de desenvolvimento do protótipo, abordando as etapas do projeto, os desafios encontrados e as soluções aplicadas;

## 2. PROBLEMÁTICA

O uso de gás GLP em residências, embora seja essencial para muitas atividades cotidianas, representa um risco significativo devido à sua alta inflamabilidade. Vazamentos de gás podem ocorrer de maneira silenciosa e imperceptível, criando um ambiente propício para explosões e incêndios, especialmente quando a eletricidade é acionada, como no caso de interruptores de luz ou outros dispositivos.

Além disso, a ausência de sistemas de detecção eficientes e a falta de conscientização sobre os perigos do gás GLP nas residências dificultam a prevenção de acidentes. Em muitos casos, os moradores podem não perceber o vazamento até que seja tarde demais, aumentando as chances de um incidente fatal.

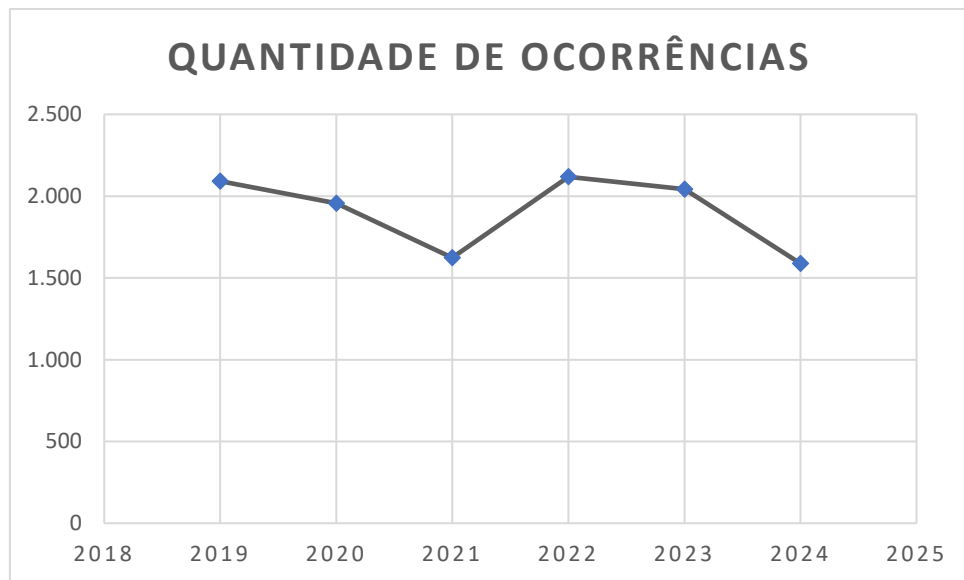
Diante disso, torna-se necessário o desenvolvimento de soluções tecnológicas que integrem a detecção de gás GLP, corte da energia elétrica e alertas eficazes, para garantir a segurança das residências e minimizar os riscos relacionados a esse combustível.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 Levantamento dos riscos decorrente do vazamento de gás GLP

O vazamento de gás GLP (Gás Liquefeito de Petróleo), mais conhecido como gás de cozinha, representa um risco significativo para a segurança, como evidenciado pelos dados do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Ceará (2024). Segundo o CBMCE em 2024, foram registradas 1.588 ocorrências envolvendo gases, com um aumento de 0,57% em relação ao ano anterior, que teve 2.043 atendimentos. Embora tenha ocorrido uma redução em comparação a 2022, os números de 2023 ainda superaram os de 2021 e 2020 conforme ilustra o gráfico 1, evidenciando que os riscos com o manuseio inadequado de gases continuam sendo uma preocupação constante.

Gráfico 1: Ocorrências registradas pelo vazamento de gás



Fonte: (CBMCE, 2024).

O GLP é composto por uma mistura de propano e butano, que, sob alta pressão, se encontra em estado líquido. Quando há um vazamento, o gás se vaporiza rapidamente, criando uma mistura altamente inflamável.

O vazamento de gás GLP representa um grande risco, especialmente em ambientes com instalações elétricas em funcionamento. Como evidenciado pelos dados do Corpo de Bombeiros Militar de Alagoas (CBMAL), que atendeu 70 ocorrências de vazamento de gás em 2024, o perigo é real. O GLP, quando se

acumula em um espaço fechado, pode entrar em contato com fontes de ignição, como faíscas de aparelhos elétricos, interruptores ou até mesmo uma simples lâmpada. Esse contato pode causar explosões de grandes proporções, colocando em risco a vida das pessoas e o patrimônio (CBMAL, 2024).

Além disso, o GLP tem a capacidade de deslocar o oxigênio no ambiente, o que pode levar à asfixia ou intoxicação, ampliando ainda mais os riscos em locais com instalações elétricas ativas. A combinação desses fatores torna ainda mais importante a conscientização sobre a segurança no manuseio do gás, garantindo que ambientes com eletricidade em funcionamento estejam livres de qualquer possibilidade de vazamento de gás, prevenindo assim tragédias e danos graves.

## **3.2 Elementos do projeto**

Para a confecção do protótipo do sistema de monitoramento e corte elétrico para prevenção de acidentes com gás GLP, foi necessário compreender o funcionamento e a integração de diversos componentes eletrônicos. O conhecimento sobre o comportamento de dispositivos como o sensor de gás MQ-5, o microcontrolador ESP32, módulos de relé, LEDs e buzzer foi essencial para garantir a eficácia do sistema. Cada componente desempenha uma função específica na detecção do gás, na comunicação entre os módulos e na execução das respostas automatizadas, como o corte da energia e a emissão de alertas.

### **3.2.1 ESP 32**

O ESP32 é um microcontrolador potente e versátil, amplamente utilizado em automação e Internet das Coisas (IoT). Equipado com um processador dual-core de 32 bits que opera até 240 MHz, ele oferece alto desempenho para aplicações que exigem resposta rápida e processamento simultâneo.

Sua principal vantagem é a conectividade Wi-Fi e Bluetooth integrada, permitindo comunicação sem fio eficiente sem a necessidade de módulos externos. Além disso, suporta diversos protocolos de comunicação, como I2C, SPI, UART e PWM, facilitando a integração com sensores, displays e outros componentes eletrônicos.

Com múltiplos pinos de entrada e saída (GPIOs) e conversores ADC de 12 bits, o ESP32 possibilita medições analógicas precisas, além de oferecer modos de baixo consumo de energia, tornando-o ideal para aplicações alimentadas por bateria.

Figura 1: Esp 32



Fonte: AUTORES,2025.

O microcontrolador também conta com recursos avançados de segurança, incluindo criptografia e autenticação, garantindo maior proteção para projetos conectados à internet. Compatível com Arduino IDE, MicroPython e ESP-IDF, ele facilita a programação e é amplamente utilizado em automação residencial, monitoramento remoto e dispositivos inteligentes (SANTANA; SCREMIN; ALMEIDA, 2021).

### 3.2.2 Módulo relé

O módulo relé é um dispositivo eletrônico utilizado para controlar cargas de alta potência a partir de sinais de baixa tensão. Ele funciona como um interruptor eletromecânico que pode ser acionado por um microcontrolador, como o ESP32, permitindo ligar e desligar equipamentos elétricos de forma segura e automatizada.

Esse módulo é composto por um relé eletromecânico, que possui contatos internos capazes de suportar tensões e correntes elevadas, uma circuitaria de acionamento que isola e protege o microcontrolador, e um diodo de proteção para evitar danos causados por picos de corrente ao desligar a carga.

O controle do módulo relé é feito através de um sinal digital de baixa tensão (3,3V ou 5V), acionando uma bobina interna que fecha ou abre o circuito principal. Dessa forma, ele é ideal para ligar lâmpadas, motores, aquecedores e outros

dispositivos elétricos, garantindo isolamento elétrico entre o microcontrolador e a carga, aumentando a segurança do sistema (MARTINS, 2024).

Figura 2: Módulo rele



Fonte: AUTORES,2025.

### 3.2.3 Sensor de gás

O sensor de gás é um dispositivo utilizado para detectar a presença de gases específicos no ambiente, como o gás GLP (gás liquefeito de petróleo), monóxido de carbono (CO), metano (CH<sub>4</sub>), entre outros. Ele funciona através de um elemento sensível que reage à concentração do gás, gerando uma variação na sua resistência elétrica ou gerando um sinal analógico ou digital que pode ser lido por um microcontrolador, como o ESP32.

Figura 3: Sensor de gás



Fonte: AUTORES,2025.

Esses sensores geralmente utilizam uma tecnologia de detecção eletroquímica ou semicondutora. Nos sensores de tipo semicondutor, por exemplo, a resistência do sensor muda quando o gás entra em contato com a superfície sensível, o que permite

a medição da concentração do gás no ambiente. Para o gás GLP, é comum o uso de sensores baseados em óxido metálico (MOS), que reagem com o gás presente no ar, alterando a resistência (SANTANA; SCREMIN; ALMEIDA, 2021).

O sensor de gás é utilizado em sistemas de segurança, como alarmes de vazamento de gás, permitindo que, ao detectar a presença de uma concentração perigosa de gás, o sistema acione alertas sonoros ou visuais, como um buzzer ou LED, e até mesmo um relé para desligar a alimentação elétrica, evitando riscos de explosões ou incêndios. Além disso, alguns sensores de gás também podem ser conectados à internet ou a sistemas móveis para enviar alertas remotos.

### 3.2.4 Fonte de alimentação

A fonte de alimentação converte a energia elétrica da rede (110V ou 220V) para uma tensão contínua (DC) que os circuitos eletrônicos precisam. Ela pode ser do tipo linear ou chaveada, sendo as fontes chaveadas mais eficientes, pois dissipam menos energia como calor.

As fontes fornecem tensões específicas, como 5V ou 12V, dependendo das necessidades do sistema. Além disso, muitas fontes oferecem proteção contra sobrecargas para garantir um fornecimento estável e seguro de energia aos dispositivos.

Figura 4: Fonte de Alimentação de 5V



Fonte: AUTORES,2025.

### 3.2.5 Interruptor Diferencial Residual

O dispositivo diferencial, também conhecido como DR, é um dispositivo de proteção elétrica projetado para detectar e interromper rapidamente a corrente elétrica em caso de fugas de corrente tais como falhas de isolamento ou vazamento de corrente para a terra.

Figura 5: Interruptor diferencial residual.



Fonte: AUTORES,2025.

Ele monitora a diferença entre a corrente que entra e sai de um circuito. Caso haja uma diferença significativa, indicando um possível vazamento de corrente para a terra (como em casos de choque elétrico ou fuga de corrente), o DR desarma o circuito imediatamente, evitando riscos de acidentes, incêndios e danos aos equipamentos (LOPES; BRASIL, 2024).

## 4. ORGANIZAÇÃO DO PROJETO

### 4.1 Metodologia

A metodologia deste projeto será estruturada em várias etapas, visando garantir o desenvolvimento eficiente e seguro do sistema inteligente de monitoramento e corte elétrico para prevenção de acidentes com gás GLP. A seguir, estão as etapas detalhadas:

A primeira etapa do projeto é o dimensionamento do projeto. Nessa fase, será realizado o levantamento das necessidades do sistema, incluindo a definição dos

componentes necessários, como o ESP32, módulos de relé, sensores de gás, alertas sonoros e visuais, e a fonte de alimentação. Também será feito o cálculo da potência exigida pelos componentes e a escolha de fontes de alimentação adequadas para o funcionamento de todos os dispositivos. O dimensionamento correto é essencial para garantir que o sistema funcione de maneira eficiente e segura.

Na segunda etapa, o levantamento do valor dos componentes será realizado, verificando os preços de mercado de todos os componentes necessários para o projeto. O objetivo é obter uma estimativa de custo, garantindo que o orçamento seja compatível com as necessidades do projeto e que os componentes atendam aos requisitos de qualidade e segurança.

Após a definição e compra dos componentes, inicia-se a montagem do protótipo. Essa etapa envolve a conexão dos sensores de gás, módulos de relé, o ESP32 e outros componentes, de acordo com o projeto esquemático elaborado. A montagem do protótipo também inclui a soldagem de componentes e a realização das ligações elétricas, garantindo que todas as conexões sejam feitas de maneira segura e sem riscos de curto-circuitos ou falhas no sistema. A primeira versão do protótipo será criada nesta fase.

Com o protótipo montado, a próxima fase é a de testes. Nessa etapa, serão realizados testes iniciais para verificar se todos os componentes estão funcionando corretamente. O sistema será testado em condições controladas, verificando a detecção do vazamento de gás, a ativação do relé para corte da alimentação elétrica e o funcionamento dos alertas sonoros e visuais. Caso sejam identificadas falhas ou problemas, será necessário realizar ajustes no hardware e no software.

A etapa seguinte, chamada de correções, é dedicada a ajustes e melhorias. Durante os testes, poderão surgir questões relacionadas ao funcionamento do sistema, como falhas na detecção de gás, problemas na comunicação entre o ESP32 e os dispositivos conectados, ou falhas nos alertas. Essas questões serão corrigidas por meio de ajustes no código do microcontrolador e, se necessário, na parte física do protótipo, como melhorias nas conexões ou substituição de componentes. A iteratividade desta fase pode exigir vários ciclos de testes e correções para garantir que o sistema funcione conforme o esperado.

Por fim, a registro dos dados será feito ao longo de todo o processo, documentando todos os resultados dos testes, alterações realizadas e parâmetros importantes do sistema. Esses dados serão essenciais para avaliar a eficácia do

sistema, validar a segurança do projeto e servir como base para melhorias futuras. Além disso, a documentação será importante para a apresentação do projeto e para futuros desenvolvimentos ou atualizações.

#### 4.2 Dimensionamento dos componentes e da corrente de desarme do DR

Para garantir a operação contínua do sistema de monitoramento e detecção de vazamento de gás GLP mesmo na ausência de energia elétrica da rede, foi realizado o dimensionamento da bateria com autonomia mínima de 24 horas. Os principais componentes que permanecem em funcionamento durante esse período são: o microcontrolador ESP32, responsável pelo processamento e envio de alertas via Wi-Fi; o sensor de gás MQ-5, responsável pela detecção do GLP; além de três LEDs indicadores (azul, verde e vermelho) e um buzzer piezoelétrico para sinalização sonora.

O consumo médio do ESP32 em operação com Wi-Fi ativo varia entre 150 mA e 250 mA, sendo adotado o valor máximo de 250 mA para garantir margem de segurança. O sensor de gás MQ-5 consome aproximadamente 150 mA de forma contínua. Os LEDs consomem cerca de 20 mA cada, totalizando 60 mA, e o buzzer, que opera de forma intermitente, teve seu consumo estimado em 30 mA em média.

Somando os consumos individuais, obteve-se uma corrente total aproximada de 490 mA. Para calcular a capacidade da bateria necessária para manter o sistema operando continuamente por 24 horas, aplicou-se a fórmula da capacidade.

$$C = I \times t$$

$$C = I \times t$$

$$C = 0,49A \times 24h = 11,76Ah$$

- C = capacidade da bateria em ampère-hora (Ah),
- I = corrente total do sistema em ampères (A),
- t = tempo de autonomia desejado em horas (h).

Considerando perdas do conversor de tensão e variações no desempenho da bateria, foi aplicada uma margem de segurança de 30%, resultando em uma capacidade mínima recomendada de aproximadamente 15,3 Ah.

$$C_{\text{final}} = 11,76\text{Ah} \times 1,3 = 15,29\text{Ah}$$

Dessa forma, uma bateria de 12 V e 15 Ah ou superior é capaz de manter o sistema em funcionamento por 24 horas ininterruptas, garantindo a continuidade da proteção contra vazamentos de gás mesmo em casos de falha no fornecimento de energia elétrica.

Para provocar o desligamento do Dispositivo Diferencial Residual (DR) por meio de uma simulação de fuga de corrente, utilizou-se um relé controlado pelo microcontrolador ESP32, cuja função é acionar uma carga resistiva conectada entre o condutor fase e o aterramento. O objetivo é que, ao detectar a presença de gás GLP, o sistema ative o relé e crie uma corrente de fuga artificial que exceda o limiar de disparo do DR, garantindo o desligamento imediato da energia elétrica da residência.

Considerando que o DR utilizado possui sensibilidade de 30 mA, comum em instalações residenciais, e que a tensão entre fase e terra no local do projeto é de 127 V, foi realizado o dimensionamento da resistência necessária utilizando a Lei de Ohm.

A resistência limite para gerar exatamente 30 mA foi calculada como sendo 4.233 ohms. No entanto, para garantir uma margem de segurança que assegure o disparo do DR mesmo diante de variações e perdas no circuito, foi escolhida uma resistência comercial de 3,3 k $\Omega$ .

$$I = \frac{127}{3300} \approx 0,0385\text{A} = 38,5\text{mA}$$

Com essa resistência, a corrente de fuga gerada é de aproximadamente 38,5 mA, valor superior ao necessário para acionar o DR de forma confiável.

$$P = V \times I = 127 \times 0,0385 \approx 4,89\text{W}$$

A potência dissipada na resistência durante esse processo é de cerca de 4,89 W, sendo recomendada a utilização de um resistor com potência nominal de pelo menos 5 W, preferencialmente 10 W, para maior segurança e durabilidade do componente. Dessa forma, o circuito projetado garante o corte automático da energia elétrica em situações de vazamento de gás, utilizando o próprio recurso do DR de

interrupção por fuga de corrente, proporcionando uma solução eficiente, segura e automatizada para prevenção de acidentes.

### 4.3 Orçamento dos componentes

Antes da construção do sistema, foi realizado um orçamento prévio com o objetivo de planejar adequadamente os custos e garantir a aquisição de todos os materiais necessários. A lista contemplou itens essenciais como a placa ESP32, o sensor de gás MQ-5 e um módulo relé, além de componentes auxiliares como fonte de alimentação, conectores P4 e cabos jumper. Também foram incluídos materiais para alimentação e comunicação com a placa, como o cabo USB. Esse levantamento permitiu ter uma estimativa realista do investimento necessário e assegurou que todos os insumos estivessem disponíveis antes do início da montagem, evitando interrupções no processo.

Tabela 1: Orçamento do material para o projeto.

<b>Material a ser usado no projeto</b>					
	<b>Descrição do produto/serviço</b>	<b>Un.</b>	<b>Qtd.</b>	<b>Valor unitário</b>	<b>Valor total</b>
1	Placa ESP32 WROOM-32 WiFi - Driver CH9102X - 30 Pinos	UN	2,00	62,00	124,00
2	Sensor de Gás MQ-5 GLP e Gás Natural	UN	1,00	23,00	23,00
3	Módulo Relé 1 Canal 5V	UN	1,00	10,00	10,00
4	Fonte Chaveada Carregador Plug P4 - 5V 3A	UN	1,00	32,00	32,00
5	Conector Adaptador Plug P4 Macho com Borne	UN	1,00	3,80	3,80
6	Conector Adaptador Plug P4 Fêmea com Borne	UN	1,00	3,80	3,80
7	Cabo de Dados USB V8 Micro USB	UN	1,00	9,50	9,50
8	Kit Cabo Jumper Fêmea-Fêmea 40 Unidades 20cm	UN	1,00	14,50	14,50
<b>Nº de itens</b>					8,00
<b>Soma das</b>					9,00
<b>Qtde</b>					220,60
<b>Total de produtos</b>					220,60
<b>Total do pedido</b>					

Fonte: AUTORES,2025.

#### 4.4 Montagem do protótipo

A construção do sistema foi iniciada com a divisão do projeto em duas partes físicas distintas, cada uma com funções específicas. A primeira parte, responsável pela detecção do vazamento de gás GLP, foi montada utilizando um microcontrolador ESP32, que ofereceu suporte à comunicação via Wi-Fi e ao processamento dos dados captados pelo sensor de gás. Esse módulo foi projetado para ser instalado próximo ao local onde se desejava realizar o monitoramento, como áreas de cozinha ou locais com armazenamento de botijões de gás.

Durante a montagem, foi integrado ao ESP32 um sensor de gás GLP capaz de detectar concentrações perigosas do gás no ar. Para garantir que o sistema continuasse operando mesmo após o desligamento da rede elétrica da residência, foi acoplada uma bateria de 11,7V, responsável por manter o funcionamento contínuo do módulo de detecção. Assim, mesmo após o corte de energia elétrica, o sistema permaneceria monitorando o ambiente, emitindo sinais e enviando alertas.

Figura 6: Distribuição dos componentes dos dispositivos.



Fonte: AUTORES,2025.

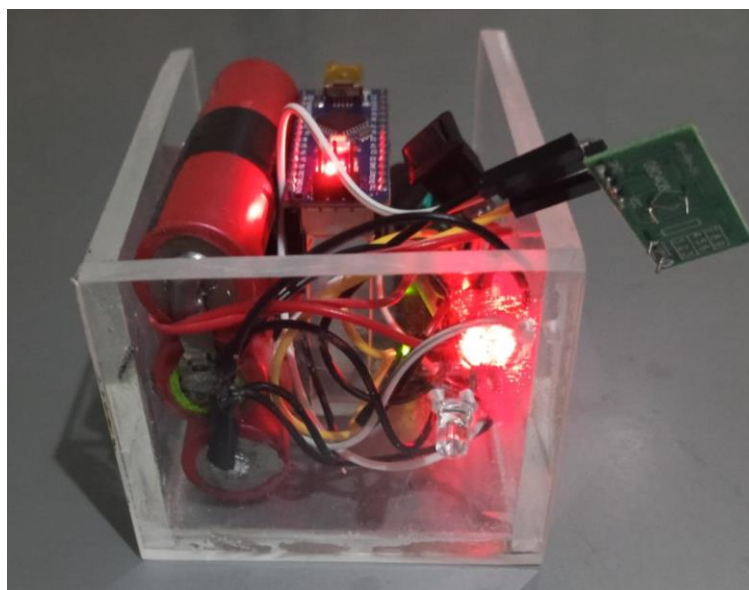
Além do sensor e da bateria, foram instalados indicadores visuais e sonoros. Um LED azul foi adicionado ao sistema para informar sobre a disponibilidade de conexão com a internet. Quando aceso, indicava que o ESP32 estava conectado e apto a enviar mensagens. Um segundo LED, na cor verde, foi utilizado para indicar

que o sistema estava habilitado e em operação normal. Para inclusão de pessoas com deficiência visual, foi integrado um buzzer que emitia alertas sonoros assim que o sensor detectava a presença de gás. Também foram utilizados LEDs vermelhos intermitentes, que atuavam como sinalizadores luminosos de emergência, garantindo visibilidade em qualquer situação.

A segunda parte do sistema foi construída para ser instalada no quadro de distribuição elétrica da residência. Essa unidade teve como principal função realizar o desligamento da rede elétrica em caso de detecção de vazamento. Para isso, utilizou-se um Arduino Nano, que foi programado para acionar um relé responsável por simular uma fuga de corrente. Essa simulação era feita fechando-se o circuito por meio de uma carga que direcionava uma das fases ao aterramento, forçando o desligamento do disjuntor diferencial residual (DR).

No módulo de corte, foi incorporado um LED vermelho que piscava continuamente enquanto o sistema estivesse impedindo o religamento do DR. Isso indicava que o sistema de detecção ainda estava ativo e emitindo sinais de alerta. O relé permanecia acionado enquanto o ESP32 da unidade de detecção estivesse transmitindo sinal de presença de gás via RF

Figura 7: Dispositivo responsável por interromper a energia no quadro elétrico.



Fonte: AUTORES,2025.

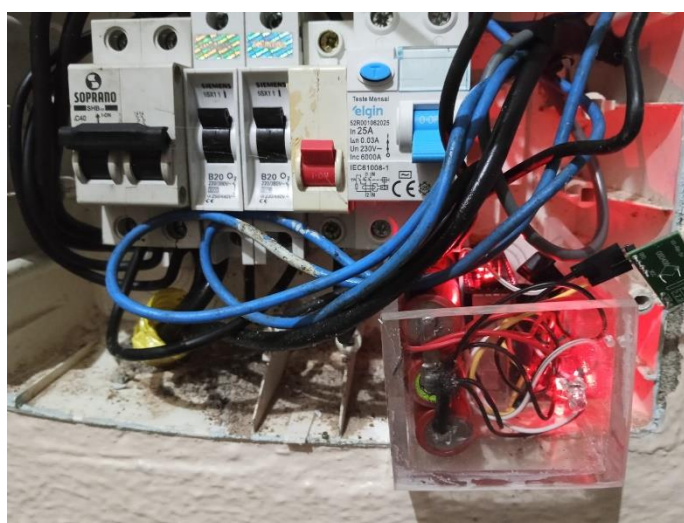
. A comunicação entre os dois módulos foi realizada com sucesso utilizando um par de módulos de rádio frequência, garantindo uma resposta rápida e confiável, mesmo em ambientes com obstáculos físicos.

Adicionalmente, a funcionalidade de envio de mensagens via WhatsApp foi implementada por meio da API do CallMeBot. O ESP32 foi configurado para se conectar à internet e, sempre que o sensor detectava a presença de gás, disparava automaticamente uma mensagem de texto para o número do proprietário do imóvel, informando sobre o vazamento e recomendando medidas imediatas de segurança.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a conclusão da montagem do protótipo do sistema de monitoramento e corte elétrico para prevenção de acidentes com gás GLP, foi iniciada a fase de testes com o objetivo de validar a funcionalidade, a eficiência e a confiabilidade do projeto desenvolvido. Esta etapa foi conduzida com atenção especial aos detalhes, simulando condições reais de funcionamento em ambiente residencial. Primeiramente, o módulo receptor, responsável pelo corte da energia elétrica, foi cuidadosamente instalado no quadro de distribuição da residência, sendo devidamente interligado ao disjuntor diferencial residual (DR).

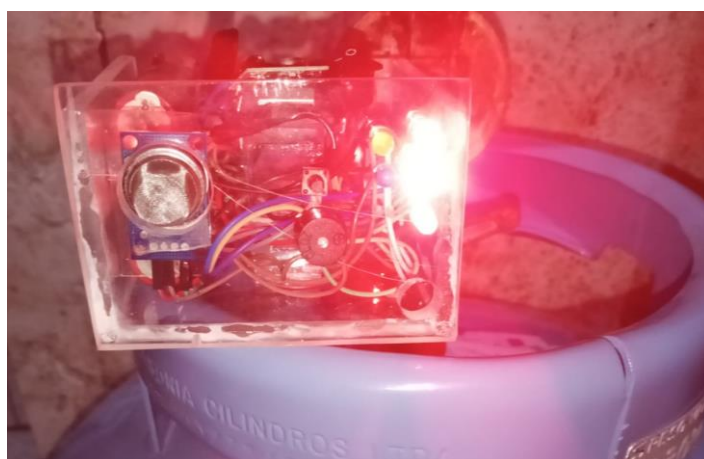
Figura 8: Módulo receptor instalado dentro do quadro elétrico.



Fonte: AUTORES,2025.

O módulo relé foi acionado e fechou o circuito entre o condutor fase e o aterramento através de uma resistência dimensionada para provocar uma corrente de fuga superior a 30 mA, valor suficiente para desarmar o DR. Em seguida, foi instalado o módulo transmissor, composto pelo microcontrolador ESP32, sensor de gás MQ-5, LEDs indicadores e um buzzer piezoelétrico. Esse módulo foi posicionado estrategicamente próximo ao ponto de uso de gás, como em uma cozinha, simulando a situação real de um ambiente onde poderia ocorrer um vazamento. Para simular o vazamento de gás GLP, utilizou-se um isqueiro comum, acionado sem produzir chama, de forma que o gás butano fosse liberado diretamente sobre a entrada do sensor. Ao detectar a presença do gás, o sensor MQ-5 respondeu prontamente, enviando um sinal ao ESP32.

Figura 9: Testes de funcionamento do módulo transmissor.



Fonte: AUTORES,2025.

O microcontrolador então processou a informação e ativou o transmissor, que, por sua vez, enviou um comando sem fio ao módulo receptor. Este comando resultou na ativação do relé do receptor, fechando o circuito de fuga e provocando o desligamento imediato do DR. Durante os testes, foi possível verificar não apenas a eficiência do desligamento automático da energia, mas também a resposta dos elementos visuais e sonoros, com o LED vermelho piscando e o buzzer emitindo sinal de alerta ao detectar o gás. A comunicação entre os módulos transmissor e receptor foi testada com sucesso, mesmo com obstáculos físicos como paredes e portas, confirmando a confiabilidade do sistema via radiofrequência. Além disso, as

mensagens de alerta sobre o vazamento de gás foram enviadas corretamente para o WhatsApp do proprietário, comprovando a eficácia da transmissão e do processamento das informações.

## CONCLUSÃO

O presente projeto evidenciou a importância do uso da automação como ferramenta de prevenção de acidentes domésticos envolvendo o gás GLP, amplamente utilizado nas residências brasileiras. Por meio do desenvolvimento de um sistema inteligente de monitoramento e corte elétrico, foi possível demonstrar que a integração entre sensores de gás, microcontroladores e dispositivos de corte de energia pode proporcionar maior segurança aos ambientes residenciais, reduzindo significativamente o risco de explosões e incêndios causados por vazamentos.

Os testes realizados comprovaram a eficácia do protótipo, tanto na detecção do gás quanto na resposta rápida do sistema, que desligou a energia elétrica e enviou alertas visuais, sonoros e digitais ao proprietário. Além disso, o uso de comunicação por radiofrequência e a integração com o WhatsApp via Wi-Fi mostraram-se soluções viáveis, confiáveis e de baixo custo, que ampliam o alcance da notificação de emergência.

A proposta também se destacou por considerar a acessibilidade, incluindo elementos sonoros e visuais que atendem a diferentes perfis de usuários, reforçando o compromisso com a segurança inclusiva.

Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se o desenvolvimento de um aplicativo mobile dedicado, que permita ao usuário monitorar em tempo real o status do sistema, receber notificações, consultar históricos de eventos e, quando seguro, religar remotamente a energia elétrica. Essa melhoria pode ampliar a funcionalidade do projeto e torná-lo ainda mais robusto e comercialmente aplicável.

Dessa forma, o projeto não apenas atendeu aos objetivos propostos, como também apresentou uma contribuição relevante para a área de segurança elétrica e automação residencial, demonstrando o potencial da tecnologia em salvar vidas e proteger patrimônios.

## REFERÊNCIAS

BRASIL, W.; MINHONI, D. C. R. **Detector de vazamento de gás de baixo custo**. RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar, v. 2, n. 11, 2021. Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/933/777>. Acesso em: 11 mar. 2025.

CBMCE. **O Corpo de Bombeiros do Ceará registrou 1.588 ocorrências com gases em 2024**. 19 out. 2024. Disponível em: <https://www.bombeiros.ce.gov.br/2024/10/19/o-corpo-de-bombeiros-do-ceara-registrou-1-588-ocorrencias-com-gases-em-2024/>. Acesso em: 19 mar. 2025.

CBMAL. **Corpo de Bombeiros atendeu 70 ocorrências envolvendo vazamento de gás em 2024**. 2024. Disponível em: <https://www.bombeiros.al.gov.br/noticias/view/3694/corpo-de-bombeiros-atendeu-70-ocorrencias-envolvendo-vazamento-de-gas-#:~:text=O%20vazamento%20de%20g%C3%A1s%20representa,uma%20explos%C3%A3o%20de%20grandes%20propor%C3%A7%C3%B5es>. Acesso em: 19 mar. 2025.

GODINHO, J. O. **Mitigação dos riscos decorrentes do uso de recipiente de gás liquefeito de petróleo no interior do apartamento**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/223060>. Acesso em: 12 mar. 2025.

LOPES, E. R.; BRASIL, M. C. de S. **Importância dos dispositivos de proteção do circuito elétrico residencial**. 2024. Disponível em: <https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/63817/1/EZEQUIAS%20RAMOS%20LOPES.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2025.

MARTINS, J. H. S. **Desenvolvimento de um sistema de automação residencial utilizando microcontrolador Arduino Mega Pro e ESP8266**. 2024. Instituto Federal de Goiás, Câmpus Itumbiara. Disponível em: <https://repositorio.ifg.edu.br/handle/prefix/2056>. Acesso em: 19 mar. 2025.

RODRIGUES, Y.; NASCIMENTO NETO, A. P. **Segurança em instalações elétricas**. RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar, 2021. Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/823/632>. Acesso em: 11 mar. 2025.

SANTANA, A. P.; SCREMIN, A. N.; ALMEIDA, W. P. de. AWA – **Sistema de monitoramento residencial de GLP com alerta**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/25878>. Acesso em: 19 mar. 2025.

## ANEXO A – Código usado no transmissor e receptor

### //Código do transmissor

```
#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>
#include <RCSwitch.h>
```

```
// Pinos
#define GAS_SENSOR_PIN 34
#define RELAY_PIN 2
#define BUZZER_PIN 4
#define LED_ALARM_PIN 21
#define BUTTON_PIN 19
#define LED_OK_PIN 18
#define LED_BLUE_PIN 5
```

```
// WiFi
const char* ssid = "LIMA";
const char* password = "06122011";
```

```
// CallMeBot
String phoneNumber = "559294562114";
String apiKey = "9012817";
```

String message = "ATENÇÃO, foi detectado vazamento de gás em sua residência, sua instalação elétrica foi desligada por segurança, por favor abra as janelas e portas para que o gás se disperse, não tente religar equipamentos elétricos até o gás se dispersar...";

```
// Estado
unsigned long startMillis = 0;
bool gasDetected = false;
bool relayOn = false;
bool messageSent = false;
```

```
// RCSwitch
RCSwitch transmitter = RCSwitch();
```

```
// Setup
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  pinMode(GAS_SENSOR_PIN, INPUT);
  pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT);
  pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);
  pinMode(LED_ALARM_PIN, OUTPUT);
  pinMode(BUTTON_PIN, INPUT_PULLUP);
  pinMode(LED_OK_PIN, OUTPUT);
  pinMode(LED_BLUE_PIN, OUTPUT);
```

```
  digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
  digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
```

```

digitalWrite(LED_ALARM_PIN, LOW);
digitalWrite(LED_OK_PIN, HIGH);
digitalWrite(LED_BLUE_PIN, LOW);

connectToWiFi();

transmitter.enableTransmit(2); // Transmissor no pino 2 do ESP32
Serial.println("Transmissor pronto!");
}

// Loop
void loop() {
  int gasValue = analogRead(GAS_SENSOR_PIN);

  // Reset via botão
  if (digitalRead(BUTTON_PIN) == LOW && gasDetected) {
    gasDetected = false;
    relayOn = false;
    messageSent = false;
    digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
    digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
    digitalWrite(LED_ALARM_PIN, LOW);
    digitalWrite(LED_OK_PIN, HIGH);
    transmitter.send(5678, 24); // Desliga LED do receptor
    Serial.println("Sistema resetado pelo botão.");
    delay(1000);
  }

  // Gás detectado
  if (gasValue > 600 && !relayOn) {
    gasDetected = true;
    relayOn = true;
    startMillis = millis();
    digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
    digitalWrite(LED_OK_PIN, LOW);
    Serial.println("Gás detectado!");
    transmitter.send(1234, 24); // Liga LED do receptor

    if (WiFi.status() == WL_CONNECTED && testInternetConnection()
&& !messageSent) {
      sendWhatsAppMessage();
      messageSent = true;
    }
  }

  // Gás contínuo: reinicia timer
  if (gasValue > 600 && relayOn) {
    startMillis = millis();
  }
}

```

```

// Pisca buzzer e LED alarme
if (relayOn && millis() - startMillis < 600000) {
  if ((millis() / 1000) % 2 == 0) {
    digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH);
    digitalWrite(LED_ALARM_PIN, HIGH);
  } else {
    digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
    digitalWrite(LED_ALARM_PIN, LOW);
  }
}

// Desativa após 10 minutos
if (relayOn && millis() - startMillis >= 600000) {
  gasDetected = false;
  relayOn = false;
  messageSent = false;
  digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
  digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
  digitalWrite(LED_ALARM_PIN, LOW);
  digitalWrite(LED_OK_PIN, HIGH);
  transmitter.send(5678, 24); // Desliga LED do receptor
  Serial.println("Tempo de alarme encerrado.");
}

// Checagem de internet
static unsigned long lastInternetCheck = 0;
if (millis() - lastInternetCheck >= 2000) {
  lastInternetCheck = millis();
  if (WiFi.status() == WL_CONNECTED && testInternetConnection()) {
    digitalWrite(LED_BLUE_PIN, HIGH);
  } else {
    digitalWrite(LED_BLUE_PIN, LOW);
  }
}

// WiFi
void connectToWiFi() {
  Serial.print("Conectando ao WiFi...");
  WiFi.begin(ssid, password);
  unsigned long wifiStart = millis();
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED && millis() - wifiStart < 10000) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println(WiFi.status() == WL_CONNECTED ? "\nWiFi conectado." : "\nFalha
na conexão WiFi.");
}

// Teste de internet

```

```

bool testInternetConnection() {
    HTTPClient http;
    http.begin("http://clients3.google.com/generate_204");
    int httpCode = http.GET();
    http.end();
    return (httpCode == 204);
}

// WhatsApp
void sendWhatsAppMessage() {
    if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
        HTTPClient http;
        String url = "https://api.callmebot.com/whatsapp.php?phone=" + phoneNumber +
            "&text=" + urlencode(message) + "&apikey=" + apikey;
        http.begin(url);
        int httpCode = http.GET();
        http.end();
        Serial.println(httpCode > 0 ? "Mensagem WhatsApp enviada!" : "Erro ao enviar
WhatsApp.");
    } else {
        Serial.println("Sem WiFi para enviar WhatsApp.");
    }
}

// Encode URL
String urlencode(String str) {
    String encoded = "";
    for (int i = 0; i < str.length(); i++) {
        char c = str.charAt(i);
        if (isalnum(c)) {
            encoded += c;
        } else {
            char code0 = ((c >> 4) & 0xF) + '0';
            char code1 = (c & 0xF) + '0';
            if (code0 > '9') code0 += 7;
            if (code1 > '9') code1 += 7;
            encoded += '%';
            encoded += code0;
            encoded += code1;
        }
    }
    return encoded;
}

// Código do receptor

#include <RCSwitch.h>

RCSwitch receiver = RCSwitch();
const int pinoLED = 7; // Pino do LED

```

```

const int pinoRele = 8; // Pino do relé

unsigned long startMillis = 0;
bool piscar = false;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  receiver.enableReceive(0); // Receptor no pino D2
  pinMode(pinoLED, OUTPUT);
  pinMode(pinoRele, OUTPUT); // Configura o pino do relé como saída
  digitalWrite(pinoLED, LOW);
  digitalWrite(pinoRele, HIGH); // Relé desligado inicialmente
  Serial.println("Receptor pronto!");
}

void loop() {
  if (receiver.available()) {
    unsigned long codigo = receiver.getReceivedValue();
    Serial.print("Sinal recebido: ");
    Serial.print("Código: ");
    Serial.println(codigo);

    // Condição para iniciar o piscar do LED e ligar o relé
    if (codigo == 1234) {
      piscar = true;
      startMillis = millis();
      digitalWrite(pinoRele, LOW); // Liga o relé
      Serial.println("Iniciando PISCAR por 10 minutos.");
    }
    // Condição para parar o piscar do LED e desligar o relé
    else if (codigo == 5678) {
      piscar = false;
      digitalWrite(pinoLED, LOW);
      digitalWrite(pinoRele, HIGH); // Desliga o relé
      Serial.println("Parando PISCAR (reset).");
    }

    receiver.resetAvailable();
  }

  if (piscar) {
    if (millis() - startMillis <= 600000) { // 10 minutos
      digitalWrite(pinoLED, (millis() / 500) % 2);
    } else {
      piscar = false;
      digitalWrite(pinoLED, LOW);
      digitalWrite(pinoRele, HIGH); // Desliga o relé após 10 minutos
      Serial.println("Tempo encerrado, LED e relé desligados.");
    }
  }
}

```