

**INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
Goiás

Bacharelado em Sistemas de Informação

Augusto da Cunha Mota

Prevenção a Incêndios com Internet das Coisas (IoT)

Luziânia
2026



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Augusto da Cunha Mota

Matrícula: 20191080080137

Título do Trabalho: Prevenção a Incêndios com Internet das Coisas (IoT)

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Luziânia, Goiás, 03 / 09 / 2026.
Local Data



Documento assinado digitalmente
AUGUSTO DA CUNHA MOTA
Data: 03/09/2026 16:53:18-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Bacharelado em Sistemas de Informação

Augusto da Cunha Mota

Prevenção a Incêndios com Internet das Coisas (IoT)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Câmpus Luziânia, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Orientador: Msc. Christiane Borges Santos

Coorientador: Msc. Aldo Lúcio de Freitas Mundim

Luziânia

2026

M917p Mota, Augusto da Cunha

Prevenção a incêndios com internet das coisas (IoT)
/ Augusto da Cunha Mota. - Luziânia: IFG, 2026.
57 f. : il. color.

Orientadora: Prof^a. Ma. Christiane Borges Santos.
Coorientador: Prof. Me. Aldo Lúcio de Freitas Mundim.
TCC (Graduação - Bacharelado em Sistemas de
Informação). Instituto Federal de Goiás - IFG,
Câmpus Luziânia, 2026.

1. Computação. 2. Internet das coisas. 3. Prevenção
de incêndios. I. Título. II. Santos, Christiane
Borges, orient. III. Mundim, Aldo Lúcio de Freitas,
coorient.

CDD 004



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS LUZIÂNIA

Augusto da Cunha Mota

Prevenção a Incêndios Com Internet das Coisas (IoT)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação do Instituto Federal de Goiás - Campus Luziânia, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Aprovada em 13 de julho de 2026.

Orientador: Profa. Me. Christiane Borges Santos

Co-orientador: Prof. Me. Aldo Lucio de Freitas Mundim

Prof. Me: Daniel Rosa Canedo

Prof. Me. Wendell Bento Geraldês

Documento assinado eletronicamente por:

- Daniel Rosa Canedo, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 08/09/2026 11:44:15.
- Wendell Bento Geraldês, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 04/09/2026 09:08:09.
- Aldo Lucio de Freitas Mundim, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 03/09/2026 19:14:15.
- Christiane Borges Santos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 03/09/2026 17:19:44.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 03/09/2026. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 817078

Código de Autenticação: 23b74c875c



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Rua São Bartolomeu, S/N, S/N, Vila Esperança, LUZIÂNIA / GO, CEP 72.811-580
(61) 3142-1247 (ramal: 247)

Dedico este trabalho ao meu pai, Adijovane, à minha irmã, Mariana, e às minhas tias, Fátima e Maria José pelo grande apoio durante esta jornada, que foi o curso de Bacharelado em Sistemas de Informação. Dedico também à memória de pessoas que já não estão mais entre nós, como minha mãe, Joana, minhas avós, Maria e Leopoldina, e à minha tia Dalzirê. Por fim, dedico também este trabalho aos colegas e amigos que fiz no Instituto Federal de Goiás durante o curso.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à Deus por ter me guiado a mais uma conquista em minha vida: o ingresso na faculdade e a oportunidade de ter ido até o final nessa jornada.

Agradeço à minha família pelo apoio diário, em especial ao meu pai, Adijovane. Agradeço também minhas tias, Fátima e Maria José.

Agradeço também aos colegas e amigos pelas energias positivas enviadas para o sucesso deste trabalho.

Por fim, agradeço à professora Christiane Borges Santos e ao professor Aldo Lúcio de Freitas Mundim, por aceitarem a orientação e coorientação, respectivamente, e pelo auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

"Apesar dos nossos defeitos, precisamos enxergar que somos pérolas únicas no teatro da vida e entender que não existem pessoas de sucesso ou pessoas fracassadas. O que existe são pessoas que lutam pelos seus sonhos ou desistem deles."
(Augusto Cury)

RESUMO

Mota, Augusto da Cunha. **Prevenção a Incêndios com Internet das Coisas (IoT)**. Luziânia, 2026. 57p. Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Este trabalho apresenta um protótipo para detecção de princípios de incêndio residencial utilizando Internet das Coisas (IoT). Esse tipo de incêndio representa um grande perigo para as pessoas e ao patrimônio, tornando necessária a adoção de mecanismos de monitoramento capazes de detectar situações de risco em estágio inicial.

A solução proposta é composta por uma placa de desenvolvimento ESP8266, um sensor de gás e fumaça MQ-2, um sensor de temperatura DS18B20 e um buzzer para alerta sonoro. Além disso, o sistema envia notificações por meio do aplicativo de mensagens WhatsApp por meio de conexão Wi-Fi.

A metodologia consistiu no desenvolvimento e na implementação de um protótipo, seguido de testes em ambiente controlado para verificar a capacidade de detecção e resposta aos eventos. Os resultados mostraram que o sistema foi capaz de identificar alterações nos parâmetros monitorados e de emitir alertas, tanto locais, quanto remotos.

Palavras-chave: IoT; Detecção e Prevenção de Incêndio; Sistema de Sensores.

ABSTRACT

This work presents a prototype for detecting the beginnings of residential fires using the Internet of Things (IoT). This type of fire represents a great danger to people and property, making it necessary to adopt monitoring mechanisms capable of detecting risk situations at an early stage.

The proposed solution consists of an ESP8266 development board, an MQ-2 gas and smoke sensor, a DS18B20 temperature sensor, and a buzzer for audible alerts. In addition, the system sends notifications via the WhatsApp messaging application through a Wi-Fi connection.

The methodology consisted of developing and implementing a prototype, followed by tests in a controlled environment to verify its detection and response capabilities. The results showed that the system was able to identify changes in the monitored parameters and issue alerts, both locally and remotely.

Keywords: IoT; Fire Detection and Prevention; Sensor System.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Representação gráfica do Triângulo do Fogo. Fonte: (SIEBERT, 2025) .	19
Figura 2 – 1) Arduino Uno, 2) Arduino Due, 3) Arduino Mega, 4) Arduino Nano. 5) Arduino MKR. Fonte: Arduino Store.	22
Figura 3 – 1) ESP32 DevKitC, 2) ESP32 DevKit. Fonte: Espressif.	23
Figura 4 – Sensor de chama KY-026 - Fonte: Amazon	24
Figura 5 – Sensor MQ-2 (gás/fumaça) - Fonte: Site Instituto Digital.	25
Figura 6 – Buzzer Ativo. Fonte: Autoria Própria.	25
Figura 7 – Buzzer Passivo. Fonte: UsinaInfo.	26
Figura 8 – LED vermelho com o ânodo e o cátodo destacados. Fonte: (ADA-FRUIT, 2012)	26
Figura 9 – Funcionamento de uma rede WiFi. (BRAGA; MARQUES, 2023) . . .	27
Figura 10 – Funcionamento do protocolo MQTT. Tradução dos textos: <i>Client</i> (Cliente), <i>Subscribe</i> (Assinar), <i>Publish</i> (Publicar). (BESCHOKOV, 2025)	28
Figura 11 – Reconstituição do diagrama de blocos do sistema proposto por (GAL-VãO, 2019)	29
Figura 12 – Esquema de montagem do hardware (NASCIMENTO, 2022)	30
Figura 13 – Esquema do protótipo utilizando um diagrama de blocos, que foi desenvolvido utilizando a ferramenta <i>draw io</i> . Fonte: Autoria Própria. . .	36
Figura 14 – Esquema do hardware do protótipo utilizando Arduino Mega feito no Wokwi	36
Figura 15 – Esquema do hardware do protótipo utilizando ESP8266 feito no Wokwi. Fonte: Autoria Própria.	37
Figura 16 – Hardware do protótipo utilizando Arduino Mega.	46
Figura 17 – Hardware do protótipo utilizando ESP8266.	46
Figura 18 – Teste utilizando Arduino Mega e <i>buzzer</i>	47
Figura 19 – Teste utilizando ESP8266 e <i>buzzer</i>	48
Figura 20 – Teste utilizando ESP8266, <i>buzzer</i> e notificações por <i>WhatsApp</i>	49
Figura 21 – Alertas enviados por <i>WhatsApp</i> pela API.	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparativo entre alguns modelos do Arduino	23
Tabela 2 – Comparativo entre alguns modelos do ESP32	24
Tabela 3 – Tabela comparativa entre os projetos pesquisados para o trabalho. . . .	31
Tabela 4 – Preços médios dos itens do protótipo.	37
Tabela 5 – Verificação dos critérios de avaliação definidos na Metodologia.	48
Tabela 6 – Comparação do protótipo entre placas de desenvolvimento utilizadas .	50

LISTA DE CÓDIGOS

1	Definição das portas de conexão e declaração de variáveis para os sensores MQ-2 e DS18B20.	38
2	Inclusão das bibliotecas <i>OneWire</i> e <i>DallasTemperature</i> para comunicação com o sensor de temperatura.	39
3	Configuração inicial do sensor de temperatura DS18B20, do sensor de gás e do buzzer.	39
4	Lógica de leitura dos sensores e cálculo da porcentagem relativa da faixa do ADC.	39
5	Implementação da função <code>diagnosticarGas()</code> para verificação de limites de gás.	40
6	Implementação da função <code>diagnosticarTemperatura()</code> para avaliação de níveis críticos de calor.	41
7	Função <code>emitirAlerta()</code> para o acionamento do buzzer de acordo com os parâmetros de risco	41
8	Impressão das leituras dos sensores no monitor serial e chamada das funções de diagnóstico do sistema.	42
9	Conexão Wi-Fi	43
10	Definição de credenciais de rede e chaves de acesso para a API CallMeBot.	43
11	Configuração da requisição HTTP GET para envio de alertas via WhatsApp.	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADC	<i>Analog to Digital Converter</i> (Conversor analógico digital)
API	<i>Application Programming Interface</i> (Interface de Programação de Aplicações)
EEPROM	<i>Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory</i> (Memória Somente de Leitura Programável e Apagável Eletricamente)
GND	<i>Ground</i> (fio terra)
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i> (Sistema Global para Comunicações Móveis)
IDE	<i>Integrated Development Environment</i> (Ambiente Integrado de Desenvolvimento)
IFG	Instituto Federal de Goiás
IoT	<i>Internet of Things</i> (Internet das Coisas)
kB	<i>Kilobyte</i>
LDR	<i>Light Dependent Resistor</i> (Resistor Dependente de Luz)
MB	Megabyte
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i> (Instituto de Tecnologia de Massachusetts)
NBR	Norma Brasileira
NodeMCU	<i>Node MicroController Unit</i> (Unidade de Microcontrolador em Nó)
PIR	<i>Passive Infrared Sensor</i> (Sensor infravermelho passivo)
ppm	partes por milhão
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i> (Modulação por Largura de Pulso)
RAM	<i>Random Access Memory</i> (Memória de Acesso Aleatório)
ROM	<i>Read-Only Memory</i> (Memória Somente de Leitura)
SMS	<i>Short Message Service</i> (Serviço de Mensagens Curtas)

SSID	<i>Service Set Identifier</i> (Identificador de Conjunto de Serviços)
VCC	<i>Voltage at the Common Collector</i> (Tensão no Coletor Comum)
WiFi	<i>Wireless Fidelity</i> (Fidelidade sem fio)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1	Detecção de incêndio: conceitos e norma	18
2.1.1	Triângulo do Fogo	19
2.1.2	NBR 17240	20
2.2	Internet das Coisas (IoT)	20
2.3	Placas de Desenvolvimento Eletrônico	21
2.3.1	Arduino	21
2.3.2	ESP32	22
2.4	Tecnologias IoT aplicadas à segurança contra incêndios	23
2.4.1	Dispositivos Sensores	24
2.4.2	Dispositivos Atuadores	25
2.5	Tecnologias, protocolos e aplicativos móveis para comunicação IoT	26
2.5.1	WiFi	26
2.5.2	Bluetooth	27
2.5.3	MQTT	28
2.6	Projetos Semelhantes	28
3	METODOLOGIA	32
3.1	Procedimentos	32
3.2	Critérios de avaliação	32
3.3	Mudança de Componente	33
4	PROJETO PROPOSTO	35
4.1	Arquitetura do sistema IoT	35
4.2	Implementação do Protótipo	35
4.2.1	Hardware	35
4.2.2	Software	38
4.2.2.1	Monitoramento dos Sensores	38
4.2.2.2	Diagnóstico do Ambiente	40
4.2.2.3	Sistema de Alerta	41
4.2.2.4	Conexão à Internet	42
4.2.2.5	Sistema de Notificações	43
5	TESTES E RESULTADOS	45

5.1	Apresentação dos testes realizados	45
5.2	Análise do desempenho do sistema	46
5.3	Potenciais melhorias	50
6	CONCLUSÃO	52
6.1	Reafirmação dos Objetivos Atingidos	52
6.2	Contribuições do Trabalho	52
6.3	Limitações do Estudo	52
6.4	Sugestões para trabalhos futuros	53
	REFERÊNCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

Os incêndios estão entre os acidentes que causam mais prejuízos materiais e riscos à vida humana em ambientes comerciais, residenciais e industriais. Diversos fatores podem provocar o surgimento de um incêndio, como falhas em instalações elétricas, vazamento de gás, uso inadequado de equipamentos eletrônicos. A rapidez na identificação de focos de incêndio é um determinante para reduzir danos ao patrimônio e evitar a perda de vidas.

Paralelo ao aumento dos riscos associados à urbanização, observa-se o aumento do uso de tecnologias voltadas à automação e monitoramento de ambientes. Destaca-se neste contexto, o uso da Internet das Coisas (Internet of Things - IoT), que é uma tecnologia que consiste em conectar objetos do cotidiano à Internet, permitindo o envio de dados, o recebimento de notificações e configurações de forma remota e em tempo real ([SANTOS et al., 2016](#)). A IoT tem sido aplicada em diversos setores, como agricultura, saúde, segurança residencial e automóveis, oferecendo soluções capazes de aumentar a eficiência e a segurança dos processos monitorados. ([FERREIRA; MANZAN; DURAES, 2022](#))

O desenvolvimento da Internet das Coisas está relacionado à evolução das redes de computadores. Um dos marcos iniciais para esse processo foi a criação da Arpanet, rede considerada precursora da Internet moderna, que foi criada em 1969 pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos para permitir a comunicação e compartilhamento de informações entre instituições de pesquisa e agências governamentais ([LENOVO, 2026](#)). Com o passar do tempo, a Internet se tornou comercial, as redes WiFi foram criadas e os dispositivos móveis foram se desenvolvendo, ampliando o acesso a conectividade, tornando possível a integração de objetos do cotidiano ao mundo digital.

Entre as aplicações da Internet das Coisas, destacam-se os sistemas de monitoramento ambiental voltados à prevenção de acidentes. Utilizando sensores capazes de detectar alterações de temperatura, fumaça ou gases presentes no ambiente, esses sistemas podem identificar situações potencialmente perigosas e emitir alertas locais ou remotos aos usuários. Dessa forma, a tecnologia contribui para a adoção de medidas preventivas antes que o incêndio alcance maiores proporções.

Neste contexto, o presente trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo de detecção de princípios de incêndio baseado em Internet das Coisas. A solução proposta utiliza uma placa ESP8266 NodeMCU, um sensor de temperatura DS18B20, um sensor de gás e fumaça MQ-2 e um buzzer para emissão de alertas sonoros. Além disso, o sistema realiza o envio de notificações remotas por meio do aplicativo WhatsApp utilizando uma conexão Wi-Fi.

Este trabalho está organizado em seis capítulos. O Capítulo 2 apresenta a funda-

mentação teórica necessária para o desenvolvimento da pesquisa. O Capítulo 3 descreve os procedimentos metodológicos adotados. O Capítulo 4 apresenta o projeto proposto e sua implementação. O Capítulo 5 expõe os testes realizados e os resultados obtidos. Por fim, o Capítulo 6 apresenta as conclusões do estudo e sugestões para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Detecção de incêndio: conceitos e norma

Durante a história, incêndios tem provocado perdas humanas e materiais, impulsionando o desenvolvimento de técnicas e normas de proteção. Alguns exemplos de tragédias desse tipo são a do Edifício Joelma, ocorrida em São Paulo - SP em 1974, com 17 mortos e 53 feridos e a da favela da Vila Socó, ocorrida em Cubatão-SP em 1984, que segundo números oficiais deixou 93 mortos, mas que segundo levantamentos independentes esse número pode chegar a 508 ([INCÊNDIO, 2026](#)).

Esses episódios históricos motivaram avanços tecnológicos nos detectores, sistemas de alarme e regulamentação técnica.

Estatísticas mostram que incêndios residenciais compõem parcela significativa dos sinistros no Brasil ([BRASIL, 2025](#)). Relatórios de órgãos de proteção civil e segurança contra incêndio indicam centenas de milhares de ocorrências por ano, com maior incidência em áreas urbanas e nas épocas de clima seco. Embora os números variem por região e fonte, os dados reforçam que incêndios domésticos são um problema recorrente e de relevância pública.

As principais causas de incêndios residenciais incluem ([ESPÍRITO SANTO. Corpo de Bombeiros Militar, 2022](#)):

- acidentes elétricos (curtos-circuitos, sobrecarga em instalações antigas);
- falhas em sistemas de aquecimento e aquecedores portáteis;
- utilização inadequada de fogões e panelas (cozinhas);
- queimadas e descarte impróprio de materiais inflamáveis;
- negligência com velas e cigarros;
- curto-circuitos em eletrodomésticos e baterias.

A detecção precoce é fundamental para reduzir mortes, queimaduras e danos materiais. Detectores capazes de identificar fumaça, variações de temperatura, radiação de chamas ou os gases liberados pelo fogo permitem acionamento rápido de alarmes, evacuação e intervenção de brigadas ou serviços de emergência. Em residências, a simples instalação de detectores de fumaça aumenta substancialmente as chances de escape seguro e diminui o tempo de resposta ao incêndio.

Para edificações de grande porte existe normativa específica que trata dos requisitos para equipamentos e centrais de detecção de incêndio: a NBR 17240. Essa norma estabelece critérios de desempenho, tipos de detectores, requisitos de instalação, integração com centrais e procedimentos de ensaio e manutenção. Ainda que este trabalho enfoque incêndios residenciais, a NBR 17240 é apresentada aqui para ampliar a compreensão sobre parâmetros técnicos, níveis de desempenho exigidos e boas práticas adotadas em projetos de detecção. (DETECTION, 2025)

Embora a ênfase deste estudo seja em incêndios residenciais, incluir estatísticas, causas e a norma amplia a contextualização técnica e operacional. Na sequência, o item 2.1.1 detalhará os mecanismos de formação do fogo e a definição técnica de incêndio.

2.1.1 Triângulo do Fogo

O fogo é a reação química que libera luz e calor devido à combustão de um determinado material. Essa reação é provocada por uma mistura de gases a uma elevada temperatura, emitindo uma radiação, visível ou não. (PARANÁ. Defesa Civil, 2024)

O fogo é resultado da interação de três elementos: combustível, comburente e calor, conforme é ilustrado pela Figura 1. Essa estrutura é chamada de Triângulo do Fogo, que é uma forma didática para se entender os requisitos da combustão (ESPÍRITO SANTO. Corpo de Bombeiros Militar, 2022).



Figura 1 – Representação gráfica do Triângulo do Fogo. Fonte: (SIEBERT, 2025)

O elemento **combustível** é o material capaz de alimentar a combustão. Apresenta-se em três estados: líquido, sólido e gasoso, e possuem as principais características:

- Combustível líquido: queima na superfície por ser mais leve que a água. Não deixa resíduos. Exemplos: gasolina, etanol, álcool.
- Combustível sólido: A maioria se transforma em vapor para reagir com o oxigênio e queimar. Exemplos: papel, madeira, cereais, tecido.

- Combustível gasoso: Em contato com o oxigênio do ar, forma-se uma mistura inflamável que, na presença de calor, forma o fogo. Exemplos: gás natural, gás de cozinha.

O elemento **comburente** ativa e mantém a combustão. O principal exemplo é o oxigênio.

Já o **calor**, é o elemento que inicia o fogo e permite que ele se propague.

Fonte: ([PARANÁ. Defesa Civil, 2024](#))

2.1.2 NBR 17240

A NBR 17240 é uma norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que estabelece regras para projeto, instalação e operação, manutenção e inspeção de sistemas de detecção de incêndio. Seu principal objetivo é garantir a segurança das pessoas, facilite evacuações, em caso de incêndio, e minimizar danos. ([DETECTION, 2025](#))

Os principais requisitos exigidos pela NBR 17240 são: detecção de incêndio (escolha dos detectores adequados), central de alarme (central que monitora os detectores instalados), alarmes sonoros e visuais, fontes de alimentação redundantes (fontes alternativas, como uma bateria, caso ocorra queda de energia elétrica).

Essa norma é aplicada para sistemas de detecção de incêndio instalados em edificações de grande porte, como edifícios, hospitais, áreas comerciais, entre outros.

2.2 Internet das Coisas (IoT)

O termo Internet das Coisas foi citado publicamente pela primeira vez em 1999 por Kevin Ashton, pesquisador do MIT (Massachusetts Institute of Technology - em português, Instituto de Tecnologia de Massachusetts). A expressão foi o título da apresentação feita por ele na Procter & Gamble (P&G), que abordava a identificação de produtos em uma cadeia de suprimentos por meio de etiquetas RFID (Radio Frequency Identification), que é uma tecnologia que permite a identificação de itens através de uma etiqueta que emite sinais de rádio([ASHTON et al., 2009](#)). ([MANCINI, 2017](#))

Segundo [Tovs \(2022\)](#), a IoT teve os seguintes marcos principais em sua evolução, que vão desde a primeira mensagem telegráfica até o estabelecimento da IoT.

- 1844: Primeira mensagem telegráfica, que foi enviada de Washington para Baltimore pelo inventor Samuel Morse.
- 1969: Criação da ARPANET (Rede da Agência de Pesquisas em Projetos Avançados), primeira rede com o pacote de protocolos TCP/IP.

- 1989: Criação da World Wide Web (www) por Tim Beners-Lee.
- 1990: Invenção da Internet Toaster, uma torradeira que se conectava à Internet, por John Romkey.
- 1998: Início do projeto InTouch pelo MIT para o desenvolvimento de novas formas de comunicação interpessoal.
- 1999: Introdução do termo "Internet das Coisas", por meio de um projeto de identificação de produtos com RFID na Procter & Gamble.
- 2005: A ONU (Organização das Nações Unidas) publica um relatório baseado em IoT. Intitulado ITU Internet Reports 2005: The Internet of Things (Relatório da Internet 2005: A Internet das Coisas), abordava o impacto da tecnologia tecnologia de sensores.
- 2008: É realizada a primeira conferência sobre IoT, - em Zurique, na Suíça - entre os dias 26 e 28 de março. Reuniu mais de 250 autores de 23 países para a discussão de tecnologias emergentes.

2.3 Placas de Desenvolvimento Eletrônico

Placa de desenvolvimento eletrônico é uma plataforma composta por microcontroladores ou microprocessadores capazes de executar programas, processar dados e controlar dispositivos externos. Esses dispositivos normalmente possuem unidade central de processamento (CPU), memória RAM (memória de acesso aleatório) e memória EEPROM (memória de leitura e escrita não volátil), além de portas de entrada e saída digitais e analógicas.

Além disso, esses dispositivos possuem uma memória de armazenamento, que é conhecida como memória flash, onde os dados do programa executado serão gravados e ficarão armazenados após o desligamento do dispositivo, pois esse tipo de memória é não volátil. (OKI; MANTOVANI, 2013)

Outro componente presente na placa de desenvolvimento, é o conversor analógico/digital (A/D), que transforma os sinais analógicos gerados por dispositivos periféricos inseridos nos pinos de entrada - como os sensores - em dados digitais, que são processados pelo microcontrolador (DIGITAL, 2026). Alguns modelos de placa de desenvolvimento eletrônico encontrados no mercado são o *Arduino* e o ESP32.

2.3.1 Arduino

O *Arduino* é uma plataforma de desenvolvimento, inicialmente de código aberto, que pode ser facilmente programada, apagada e reprogramada. Foi lançada em 2005 com

o objetivo de oferecer uma maneira fácil e econômica de criar dispositivos capazes de interagir com o ambiente por meio de sensores, que são dispositivos que detectam e medem estímulos do ambiente, e atuadores, que são dispositivos que transformam os valores dos sensores em movimento. (MUSCI et al., 2023)

Em outubro de 2025, a empresa *Arduino* foi adquirida pela *Qualcomm*, uma das maiores fabricantes de chips semicondutores do mundo (CARNEIRO, 2025).

Segundo a (QUALCOMM, 2025), o *Arduino* manterá sua marca, ferramentas e missão independentes; porém, existe certa desconfiança dentro da comunidade da plataforma quanto à continuidade do caráter de código aberto do *Arduino*.

O primeiro modelo lançado foi o *Arduino RS232*, que possui uma porta serial DB-9 e uma fonte de alimentação DC barrel jack. (PARKS, 2023) Já nesse modelo, o *Arduino* oferecia um hardware simples, que foi um dos motivos que contribuiu para o seu sucesso, junto com o baixo custo das placas.

Com o passar do tempo, como mostra a Figura 2, foram desenvolvidas diversas variantes do *Arduino*, como os modelos Uno, Due, Mega, Nano e Leonardo. Estas versões diferem quanto aos modelos de microcontroladores, capacidade de memória, quantidade de portas E/S e outras características.

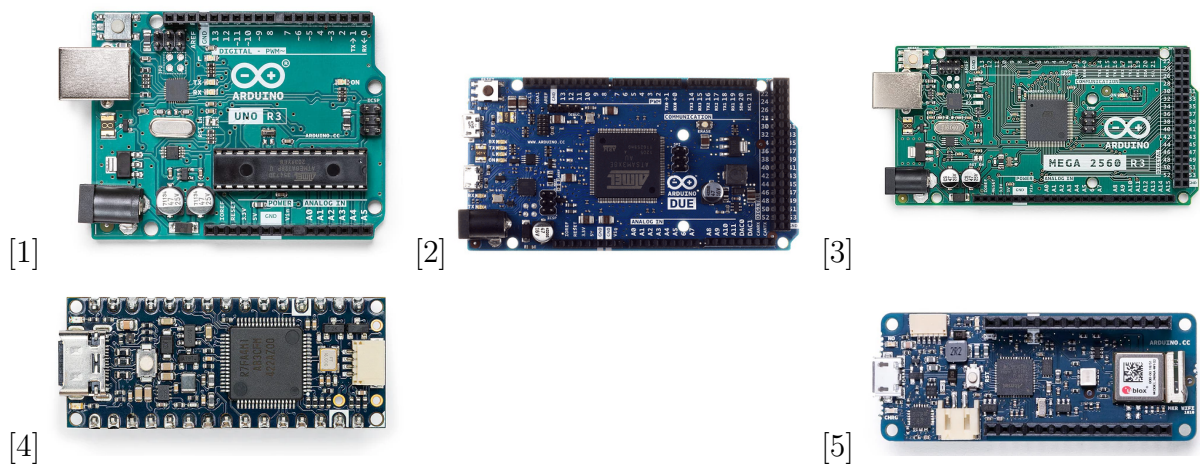


Figura 2 – 1) Arduino Uno, 2) Arduino Due, 3) Arduino Mega, 4) Arduino Nano. 5) Arduino MKR. Fonte: Arduino Store.

A Tabela 1 apresenta um comparativo entre alguns modelos do *Arduino*, que foi elaborado com base em dados da página oficial *Arduino Docs*.

2.3.2 ESP32

O ESP32 é um microcontrolador desenvolvido pela Espressif Systems, uma empresa chinesa de semicondutores, lançado em 2016. Esse dispositivo é uma evolução do

Tabela 1 – Comparativo entre alguns modelos do Arduino

Modelo	Microcontrolador	Clock	RAM	Memória flash	Portas E/S	WiFi	Preço Médio
Uno R3	ATmega328	16 MHz	2 kB	32 kB	14	Não	R\$ 38
Uno R4 Wi-Fi	ARM Cortex-M4	48 MHz	32 kB	256 kB	14	Sim	R\$ 200
Due R3	ARM Cortex-M3	84 MHz	96 kB	512 kB	54	Não	R\$ 425
Mega 2560 R3	Atmega2560	16 MHz	8 kB	256 kB	54	Não	R\$ 130
Nano ESP32	u-blox NORA-W106-10B	240 MHz	512 kB	16 MB	14	Sim	R\$ 205 ¹
MKR WiFi 1010	SAMD21 Cortex-M0	48 MHz	32 kB	256 kB	8	Sim	R\$ 400 ¹

Fonte: Autoria Própria com dados de *Arduino Docs* e sites de *marketplace*.

ESP8266, apresentando como principais melhorias a maior quantidade de pinos E/S e a integração das tecnologias *WiFi* e *Bluetooth*.(ELETRÔNICA, 2025b)

Ele é constituído por um poderoso microprocessador, seus modelos podem ser dual-core ou single-core, ou seja, o processador pode ter dois ou apenas um núcleo, que podem operar com frequências de clock de até 240 MHz.(IBRAHIM, 2017)

Entre as principais vantagens do ESP32 em relação ao Arduino, destacam-se a maior capacidade de memória flash, com um mínimo de 4 MB e a presença das tecnologia *WiFi* e *Bluetooth* em todas as suas versões, diferente do Arduino, que possui suporte à primeira apenas no modelo R4 WiFi.



Figura 3 – 1) ESP32 DevKitC, 2) ESP32 DevKit. Fonte: Espressif.

A Tabela 2 mostra um comparativo entre alguns modelos do ESP32, que foi elaborado com base em dados da página oficial da fabricante Espressif.

2.4 Tecnologias IoT aplicadas à segurança contra incêndios

A segurança contra incêndios utilizando Internet das Coisas envolve dois tipos de dispositivos: sensores e atuadores. Esses dispositivos são instalados em uma placa de desenvolvimento. Os sensores são dispositivos de entrada, pois entregam informações à placa, enquanto os atuadores são dispositivos de saída, pois retornam informações visuais

Tabela 2 – Comparativo entre alguns modelos do ESP32

Modelo	Microcontrolador	Clock	RAM	Mémoria flash	Portas E/S	Wi-Fi	Preço Médio
DevKit C V4	Xtensa 32 Bit	80 a 240 MHz	520 kB	4 MB	38	Sim	R\$ 38
DevKit V1	Xtensa 32 Bit	80 a 240 MHz	520 kB	4 MB	30	Sim	R\$ 50
PICO Kit	Xtensa 32 Bit	80 a 240 MHz	520 kB	4 MB	40	Sim	R\$ 70
Wi-Fi LoRa 32	Xtensa 32 Bit	80 a 240 MHz	520 kB	4 MB	36	Sim	R\$ 170

Fonte: Autoria Própria com dados de Espressif e sites de *marketplace*.

ou sonoras ao usuário com base nas informações enviadas pelos sensores. Na seção x, serão explicados cada um desses tipos de dispositivos, além de exemplos.

2.4.1 Dispositivos Sensores

Sensores são dispositivos que coletam informações do ambiente onde um objeto IoT está inserido. Com eles são coletadas variáveis físicas ou químicas - como umidade, temperatura, gás, sons, movimentos, chamas, entre outras - que são transformadas em sinais analógicos.([MATTEDE, 2026](#))

Esses sinais geram valores que variam entre 0 e 1023, onde o valor mínimo representa o nível *LOW* e o valor máximo representa o nível *HIGH*, e são convertidos para dados digitais por meio de um conversor analógico-digital (ADC).

O sensor detector de chama KY-026, ilustrado na Figura 4, detecta a presença de fogo, por meio da radiação infravermelha emitida pela chama. Ao captar a radiação, o sensor emite um sinal elétrico, que é enviado ao microcontrolador.([ELETRÔNICA, 2025a](#))

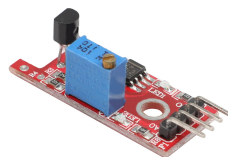


Figura 4 – Sensor de chama KY-026 - Fonte: Amazon

O KY-026 possui capacidade de detecção de comprimento de onda infravermelho entre 760 nm e 1100 nm e trabalha com temperaturas entre -25°C e 85°C.

O sensor é composto por quatro pinos: um analógico (fornece a intensidade da chama), um digital (indica se a chama está ausente ou presente, com valor 0 ou 1), VCC (alimentação elétrica) e GND (aterramento).([ELETRÔNICA, 2025a](#))

O sensor MQ-2, mostrado na Figura 5, realiza a detecção da concentração de gases e fumaça na atmosfera. Alguns gases detectados pelo sensor são o GLP, propano, butano,

monóxido de carbono, entre outros. Esse sensor mede a concentração em um intervalo de 200 a 10.000 ppm e suporta temperaturas entre -10°C e 50°C . O tempo de resposta é menor ou igual a 10 segundos, enquanto o tempo de recuperação é menor ou igual 30 segundos.

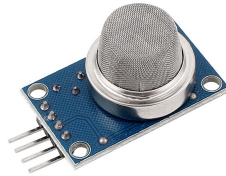


Figura 5 – Sensor MQ-2 (gás/fumaça) - Fonte: Site Instituto Digital.

O tempo de resposta corresponde ao tempo que o sensor demora para registrar a possível alteração na concentração de gás, enquanto o tempo de recuperação indica o tempo que o sensor demora para voltar ao valor inicial após a dissipação do gás. (ELETROGATE, 2026). O MQ-2 possui a mesma pinagem que o sensor de chama.

2.4.2 Dispositivos Atuadores

Já os atuadores, transformam os dados digitais em informações legíveis ao mundo real. Um dos exemplos mais comuns é o LED, que pode ser aceso ou apagado conforme a instrução programada. Outros exemplos de atuadores incluem buzzers (buzinas), telas LCD, drivers de motores, etc.

O *buzzer* é um dispositivo que converte sinais elétricos em ondas sonoras, funcionando como uma espécie de campainha para o microcontrolador. Existem dois tipos principais: ativo e passivo.

O *buzzer* ativo, apresentado na Figura 6, começa a funcionar assim que é energizado, emitindo som de forma contínua ao ser ligado pelo microcontrolador. Ele não é apropriado para criar melodias, sendo mais utilizado para alarmes, avisos e sinalização. (PORTUGAL, 2017)



Figura 6 – Buzzer Ativo. Fonte: Autoria Própria.

Já o *buzzer* passivo, mostrado na Figura 7, não funciona apenas ao ser energizado, ele necessita também que a sonorização seja ativada pelo microcontrolador, pois

são criadas melodias, que são controladas pelo usuário.



Figura 7 – Buzzer Passivo. Fonte: UsinaInfo.

O LED (Light Emitting Diode), mostrado na Figura 8, é um componente elétrico semicondutor que emite luz e possui na sua composição um cristal semicondutor de silício ou de germânio (LOUSADA, 2024). Esse item possui dois terminais para conexão, o ânodo, o polo positivo, e o cátodo, o polo negativo. A identificação é feita facilmente por meio do tamanho de cada terminal, a "perna" maior é o ânodo e a menor é o cátodo.



Figura 8 – LED vermelho com o ânodo e o cátodo destacados. Fonte: (ADAFRUIT, 2012)

2.5 Tecnologias, protocolos e aplicativos móveis para comunicação IoT

2.5.1 WiFi

É uma tecnologia criada para a conexão de redes locais sem fio (WLAN) em dispositivos como celulares, notebooks e TVs. O *WiFi* é implementado pelo protocolo IEEE 802.11 e suas primeiras especificações foram publicadas em 1997, com taxas iniciais de dados entre 1-2 Mbps. No entanto, reclamações sobre lentidão começaram a aparecer e em 1999, foi lançado o IEEE 802.11b, com velocidades de até 11 Mbps. (TANENBAUM; FEAMSTER; WETHERALL, 2021):

De acordo com a Figura 9, redes IEEE 802.11 possuem dois componentes (TANENBAUM; FEAMSTER; WETHERALL, 2021):

- Clientes: dispositivos finais, como notebooks e smartphones;
- Infraestrutura: chamada de pontos de acesso (APs - Access Points), que normalmente são roteadores *WiFi* e atuam como intermediários entre os clientes e a rede cabeada, enviando dados da conexão por meio de ondas de rádio.

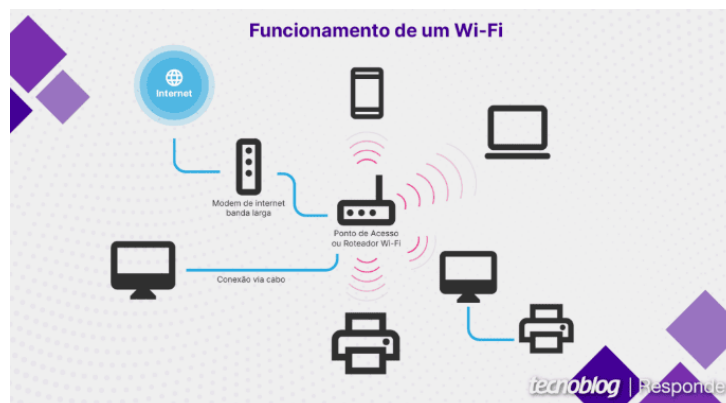


Figura 9 – Funcionamento de uma rede WiFi. (BRAGA; MARQUES, 2023)

Esses pontos de acesso podem operar em várias faixas de frequência, como 2,4 GHz, 5 GHz ou 6 GHz (INTEL, 2025). Além dos subpadrões citados, existem outros, como 802.11g, 802.11n, 802.11ac, 802.11ax, 802.11be, que se diferenciam pela velocidade, pelo alcance e pela eficiência. (BRAGA; MARQUES, 2024)

2.5.2 Bluetooth

O padrão IEEE 802.15, chamado de *Bluetooth*, é uma tecnologia de comunicação que permite que um ou mais dispositivos se encontrem e se conectem, em um processo chamado pareamento, e transfiram dados com segurança.

Essa tecnologia surgiu de uma parceria entre a empresa sueca L. M. Ericsson e outras quatro empresas - IBM, Nokia, Intel e Toshiba -, que formaram um consórcio com o objetivo de desenvolver uma tecnologia de comunicação sem fio entre dispositivos de computação e comunicação. Após vários estudos, o Bluetooth 1.0 foi lançado em julho de 1999. O nome da tecnologia é uma homenagem ao rei viking Harald Blaatand (Bluetooth) II. (TANENBAUM; FEAMSTER; WETHERALL, 2021)

O *Bluetooth* opera na faixa de frequência entre 2,4 GHz e 2,483 GHz e a distância de alcance entre dois dispositivos varia entre 5 m e 2 km. Alguns fatores podem causar interferências, como espectro de rede, sensibilidade do receptor, energia consumida na transmissão, poder de recepção da antena e perda de sinal durante a comunicação. (FERREIRA; MANZAN; DURAES, 2022)

Existem duas versões do *Bluetooth*: o *Bluetooth* clássico e o *Bluetooth Low Energy* (Bluetooth Baixa Energia). O BLE é utilizado em dispositivos que usam uma baixa quantidade de energia, como fones de ouvido sem fio, smartwatches e dispositivos de Internet das Coisas.

2.5.3 MQTT

O MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) é um protocolo para troca de dados em redes com largura de banda limitada, como os dispositivos IoT. Ele foi criado em 1999 por Andy Stanford-Clark, que trabalhava na IBM, e Arlen Nippen, da Eurotech.

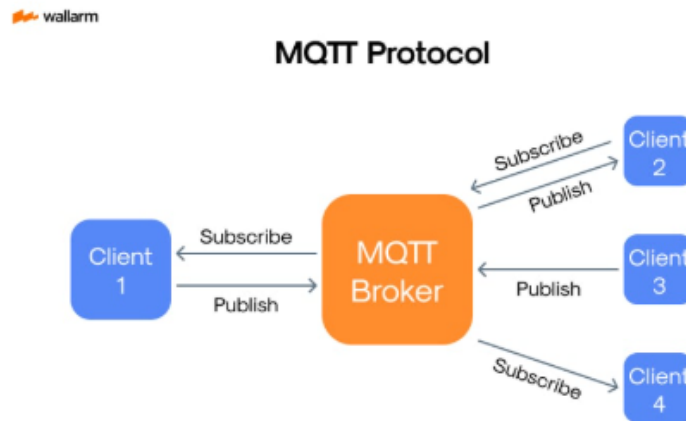


Figura 10 – Funcionamento do protocolo MQTT. Tradução dos textos: *Client* (Cliente), *Subscribe* (Assinar), *Publish* (Publicar). (BESCHOKOV, 2025)

O MQTT utiliza o modelo de publicação/assinatura, conforme mostrado na Figura 10, que consiste na publicação dos dados em "tópicos" por certos dispositivos, e em seguida, os dispositivos que "assinam" os tópicos, recebem a informação para processamento ou atuação. A comunicação entre as duas partes é intermediada por um *broker*, um servidor que recebe a mensagem do cliente publicador e, em seguida, a envia para os clientes que solicitaram esse serviço, que são os assinantes. Um *broker* não é um dispositivo físico, mas um software executado em algum hardware, como um dispositivo embarcado. (CHARLEAUX; TOLEDO, 2025)

2.6 Projetos Semelhantes

Para o desenvolvimento do trabalho, foram pesquisados outros estudos, como monografias e Trabalhos de Conclusão de Curso, que tratam da detecção de incêndios utilizando placas de desenvolvimento.

O **primeiro projeto** feito por Galvão (2019), cujo o diagrama de blocos é mostrado na Figura 11, propõe um sistema de segurança que consiste em uma central de detecção e alarme de incêndio, nele são utilizadas a tecnologia GSM e a plataforma Arduino.

O sistema possui como principais funcionalidades: medir a umidade e a temperatura, detectar fumaça e gás, um botão de pânico, que possui 2 funções: ativar o sistema e

desativá-lo em caso de alarme falso, além de avisar sonoramente, por meio de um buzzer. Caso sejam detectadas anormalidades na concentração de fumaça ou na temperatura do ambiente, a aplicação envia uma mensagem SMS ao usuário, alertado sobre o problema e apresentando as opções de "DESATIVAR", que desativa o alarme, ou "BOMBEIROS", que envia uma mensagem ao Corpo de Bombeiros contendo o endereço da ocorrência.

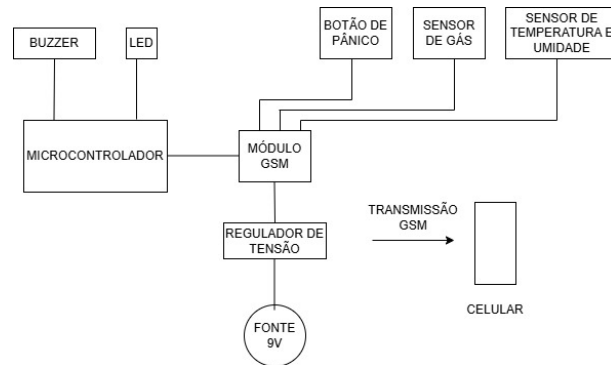


Figura 11 – Reconstituição do diagrama de blocos do sistema proposto por (GALVÃO, 2019)

O ponto positivo do sistema é a arquitetura simples, que exige poucos componentes. Já o ponto negativo, é a dependência exclusiva do GSM, que, em algumas localidades pode possuir sinal instável, comprometendo o envio de mensagens SMS inviabilizar o atendimento do Corpo de Bombeiros.

O **segundo projeto**, de autoria de Nascimento (2022) e apresentado na Figura 12, propõe um sistema de detecção de incêndios que ativa *sprinklers* (pequenos chuveiros que liberam água) ao detectar fogo em um ambiente da edificação. Essa água é proveniente de um reservatório que armazena água da chuva. A revisão desse trabalho aborda somente os componentes de hardware e parte do software.

O sistema utiliza um sensor de gás (MQ-2), um sensor de temperatura (MLX 90614) e um sensor de chama (LM 393) e a placa Arduino Uno R3. A programação é baseada em uma árvore de decisão.

O trabalho tem como pontos positivos a arquitetura simples e a integração com *sprinklers*, porém essa funcionalidade pode elevar o custo do projeto, tornando-o menos acessível. Além disso, faltam mecanismos de alerta, que poderiam ser sonoros, visuais ou enviados como notificação para smartphones ou computadores.

Diante desses projetos, observa-se que ambos apresentam soluções viáveis para a detecção de incêndios, porém com enfoques distintos. O trabalho de (GALVÃO, 2019) prioriza a comunicação remota por meio da tecnologia GSM, possibilitando o envio de alertas ao usuário e ao Corpo de Bombeiros. Já o projeto de (NASCIMENTO, 2022) concentra-se na mitigação do incêndio, utilizando sensores para acionar automaticamente um sistema de *sprinklers*.

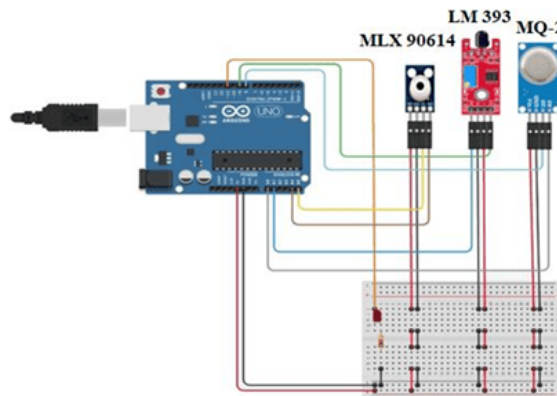


Figura 12 – Esquema de montagem do hardware (NASCIMENTO, 2022)

Embora apresentem contribuições relevantes, ambos os trabalhos possuem limitações. O primeiro depende da disponibilidade do sinal da rede GSM para o envio das notificações, enquanto o segundo não contempla mecanismos de alerta aos usuários nem recursos de monitoramento remoto. Além disso, o acionamento de *sprinklers* pode aumentar significativamente os custos de implantação e manutenção do sistema.

Nesse contexto, o presente trabalho busca desenvolver uma solução que reúna características desejáveis desses projetos, incorporando um sistema de detecção baseado em múltiplos sensores e mecanismos de notificação que ampliem a confiabilidade e a rapidez na comunicação de situações de risco. Dessa forma, pretende-se oferecer uma alternativa de baixo custo, de fácil implementação e capaz de proporcionar maior eficiência na detecção e no alerta de princípios de incêndio.

Tabela 3 – Tabela comparativa entre os projetos pesquisados para o trabalho.

Critério	Projeto 1 (GALVÃO, 2019)	Projeto 2 (NASCI-MENTO, 2022)
Plataforma	Arduino Uno R3	Arduino Uno R3
Sensores	Sensor de temperatura, sensor de umidade, sensor de fumaça e gás	Sensor de gás MQ-2, sensor de temperatura MLX90614 e sensor de chama LM393
Principais Funcionalidades	Monitoramento de temperatura, umidade, fumaça e gás; botão de pânico; alarme sonoro; envio de SMS ao usuário; possibilidade de acionar o Corpo de Bombeiros	Deteção de incêndio e acionamento automático de sprinklers alimentados por reservatório de água da chuva.
Forma de Alerta	Buzzer e mensagens SMS	Acionamento dos sprinklers (não possui alertas sonoros, visuais ou remotos)
Lógica de Controle	Não especificada	Baseada em árvore de decisão
Pontos Positivos	Arquitetura simples, poucos componentes e notificação remota ao usuário	Arquitetura simples e integração com sistema automático de combate ao incêndio
Pontos Negativos	Dependência da rede GSM, sujeita à instabilidade do sinal, comprometendo o envio de SMS	Maior custo devido aos sprinklers e ausência de mecanismos de notificação ao usuário

3 METODOLOGIA

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, pois busca solucionar um problema prático por meio do desenvolvimento de um protótipo para detecção de princípios de incêndio utilizando tecnologias de Internet das Coisas. Quanto à abordagem, a pesquisa é qualitativa, uma vez que a avaliação do sistema foi realizada por meio da observação do comportamento dos sensores, atuadores e mecanismos de notificação durante os testes realizados.(BRASILEIRO, 2013)

3.1 Procedimentos

Para o desenvolvimento do trabalho, inicialmente foi realizado o levantamento dos requisitos da aplicação, definindo os componentes de *hardware*, as variáveis monitoradas e a forma de apresentação dos dados. Em seguida, a estrutura do sistema foi simulada na plataforma Wokwi para auxiliar na validação da arquitetura proposta. Posteriormente, foi desenvolvido o software responsável pelo funcionamento do protótipo, contemplando a leitura dos sensores, o processamento das informações e os mecanismos de alerta. Por fim, foram realizados testes e validações utilizando os componentes disponíveis no Laboratório de Robótica do IFG Campus Luziânia, com o objetivo de verificar o funcionamento e o desempenho da solução desenvolvida.

3.2 Critérios de avaliação

Para verificar o desempenho do protótipo desenvolvido, foram definidos critérios de avaliação relacionados aos principais requisitos da aplicação. Esses critérios permitiram analisar o funcionamento dos sensores, a confiabilidade dos dados coletados, a eficiência dos mecanismos de notificação e a resposta dos dispositivos de alerta. A partir deles, foi possível validar se o sistema executa corretamente as funções propostas e atende aos objetivos estabelecidos para o monitoramento e detecção de situações de risco.

1. Verificar se todos os sensores estão funcionando de forma correta e coletam os dados de forma eficiente, sem falhas.
2. Confirmar se os dados coletados condizem com a realidade do ambiente.
3. Avaliar se os alertas por WhatsApp são emitidos corretamente sempre que for identificada uma situação de risco.

4. Garantir que o atuador (*buzzer*) funcione conforme o esperado, respondendo a todas as solicitações do sistema.

3.3 Mudança de Componente

Foram definidos inicialmente, os seguintes componentes para o desenvolvimento do protótipo:

- Placa de desenvolvimento ESP8266 NodeMCU V3;
- Buzzer Ativo 5V;
- Módulo Sensor de Chama KY-026;
- Sensor de gás/fumaça MQ-2;
- Placa de Ensaio (protoboard).

Após a escolha dos componentes, foi verificada na plataforma *Wokwi* a disponibilidade desses dispositivos, para a realização das simulações descritas nos procedimentos.

Porém, identificou-se como limitação a ausência do sensor de chama KY-026 na biblioteca de componentes da ferramenta. Então foi pesquisada a disponibilidade deste sensor em outras ferramentas de simulação, como o *Tinkercad*, contudo não foi possível encontrá-lo em nenhuma das ferramentas consultadas.

Inicialmente, essa substituição seria aplicada apenas nas simulações, porém ao iniciar com os componentes físicos, descobriu-se que o KY - 026 não estava disponível no Laboratório de Robótica. Dessa forma, a alteração deixou de ser temporária para ser permanente, passando a integrar a lógica do trabalho.

Essa limitação impactou de forma direta a metodologia proposta, já que a detecção de chamadas constituía um dos mecanismos originalmente previstos para a identificação de princípio de incêndio. Então tornou-se necessária a redefinição da estratégia de monitoramento, preservando os objetivos da pesquisa.

Como alternativa, optou-se por substituir a detecção de chama pela medição e monitoramento da temperatura, utilizando o sensor de temperatura DS18B20.

O DS18B20 é um sensor digital que mede temperaturas entre $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$. O dispositivo possui três terminais: GND (negativo), DQ (saída digital), VCC (alimentação). A medição da temperatura é feita por meio de elementos semicondutores internos, converte o valor obtido em um sinal digital utilizando o conversor analógico-digital (ADC) e envia o resultado para o microcontrolador através do protocolo 1-Wire. (DFROBOT, 2026)

Então, ao invés de identificar a presença de chama, o sistema passou a detectar possíveis situações de risco por meio da elevação da temperatura associada às leituras do sensor MQ-2, responsável pelo monitoramento da concentração de fumaça e gases inflamáveis.

Embora a substituição altere a forma de identificação do princípio de incêndio, ela não compromete os objetivos da pesquisa, uma vez que o propósito principal consiste em desenvolver e validar um protótipo de monitoramento utilizando tecnologias de Internet das Coisas (IoT). Dessa forma, a solução adotada manteve a capacidade de detectar condições anormais do ambiente e acionar os mecanismos de alerta previstos, permitindo a continuidade da pesquisa e a avaliação do sistema proposto.

Após essa mudança, a lista de componentes passou a ser da seguinte forma:

- Placa de desenvolvimento ESP 8266 NodeMCU V3;
- Buzzer Ativo 5V;
- Sensor de temperatura DS18B20;
- Sensor de gás/fumaça MQ-2;
- Placa de Ensaio (protoboard).

4 PROJETO PROPOSTO

Este capítulo apresentará o protótipo desenvolvido, que consiste em uma aplicação IoT voltada para a detecção de incêndios em residências.

Foram definidos os seguintes requisitos funcionais da aplicação:

- Medir a temperatura do ambiente.
- Medir a concentração de gás.
- Analisar se os índices lidos pelos sensores indicam perigo.
- Avisar o morador presente na residência por meio de um buzzer.
- Notificar o morador por *WhatsApp*.

Ao longo do capítulo serão apresentadas as etapas para a implementação, que envolvem a arquitetura, o hardware, o código para executá-lo e o processo de coleta e transmissão de dados.

4.1 Arquitetura do sistema IoT

O protótipo possui a seguinte arquitetura:

1. Camada de Percepção e Atuação: A temperatura e a concentração de gás são verificadas periodicamente. O buzzer, que é o atuador, emitirá um alerta sonoro caso os sensores indiquem uma situação de risco.
2. Camada de Rede: envio de dados por meio de uma rede Wi-Fi.
3. Camada de Aplicação: Recebimento por WhatsApp.

4.2 Implementação do Protótipo

4.2.1 Hardware

Após a definição dos componentes, foram montados esquemas para ilustrar o hardware do protótipo. Primeiro foi criado um diagrama de blocos, conforme mostra a Figura 13. Depois foram criados os esquemas do hardware para o Arduino Mega e para o ESP8266, que estão nas Figuras 14 e 15.

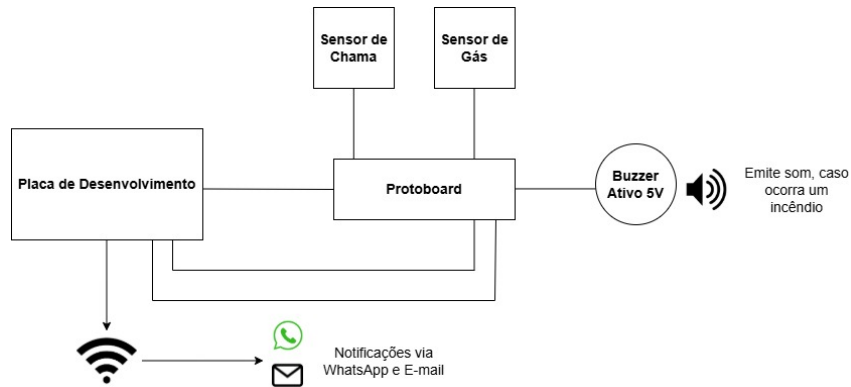


Figura 13 – Esquema do protótipo utilizando um diagrama de blocos, que foi desenvolvido utilizando a ferramenta *draw io*. Fonte: Autoria Própria.

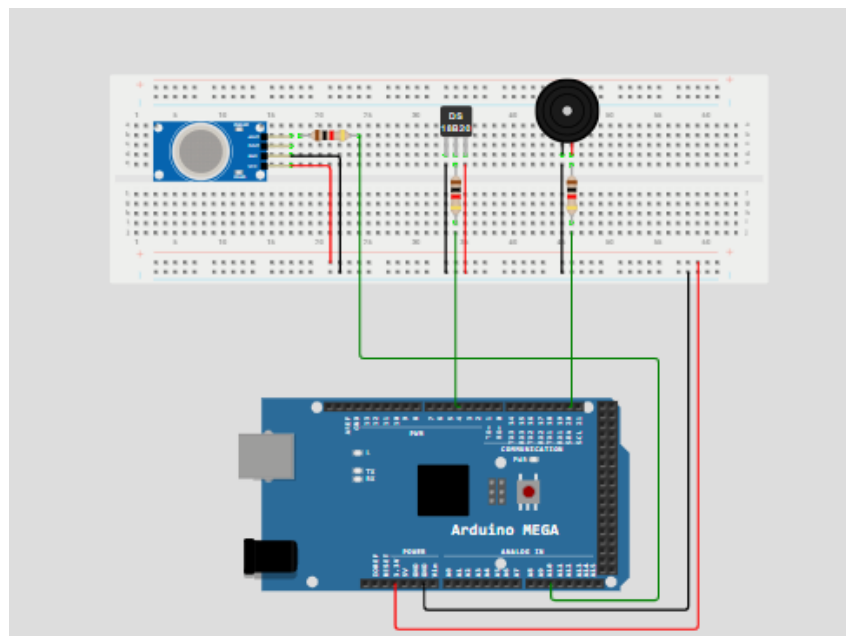


Figura 14 – Esquema do hardware do protótipo utilizando Arduino Mega feito no Wokwi

Após a criação dos esquemas, foi feita uma pesquisa dos preços médios em sites de *marketplace*. Os preços podem ser vistos na Tabela 4.

A escolha levou em conta além dos preços, a capacidade de cumprir os requisitos propostos pela solução.

As placas ESP apresentam conectividade *WiFi* e *Bluetooth* integrados, além de possuírem baixo custo. Em comparação, as placas Arduino possuem apenas um modelo com *WiFi* integrado (Arduino R4 *WiFi*), que tem um custo médio de R\$ 200.

O *buzzer* ativo foi escolhido por emitir, de forma simples e eficiente, o alerta sonoro exigido para a aplicação sem a necessidade de configurar os sons que serão emitidos no back-end.

O sensor DS18B20 possui uma ampla faixa de medição e boa precisão, alcançando

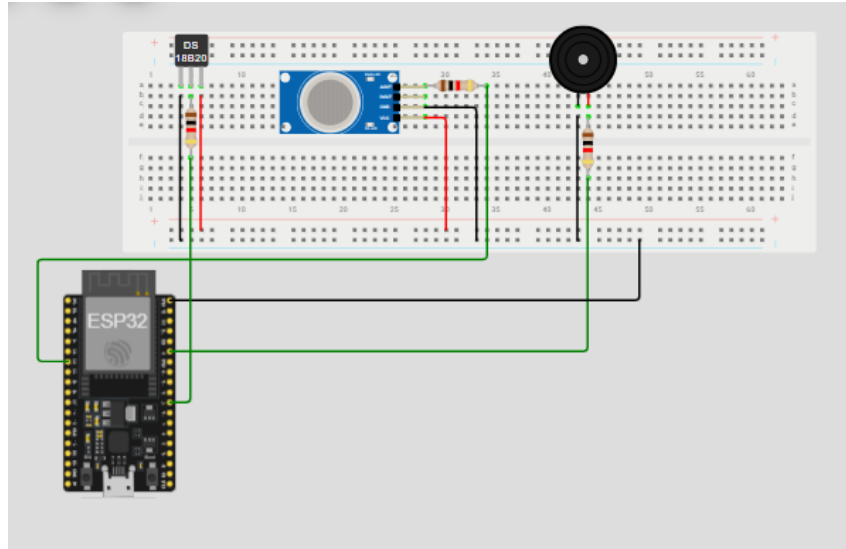


Figura 15 – Esquema do hardware do protótipo utilizando ESP8266 feito no Wokwi.
Fonte: Autoria Própria.

Tabela 4 – Preços médios dos itens do protótipo.

Item	Preço (19/11/2025)	Preço (20/06/2026)
Placa ESP32 Devkit C V4	R\$ 45	- ¹
Placa ESP 8266 NodeMCU V3	- ¹	R\$ 30
Buzzer Ativo 5V	R\$ 4,50	R\$ 7
Módulo sensor de chama KY-026	R\$ 12,80	-
Sensor de temperatura DS18B20	- ¹	R\$ 14
Sensor de gás/fumaça MQ-2	R\$ 18	R\$ 17
Protoboard 830 pontos	R\$ 15,80	R\$ 14,90
Totais	R\$ 96,10	R\$ 82,90

Fonte: Autoria Própria com dados de sites de *marketplace*

Nota ¹ - O traço significa que o preço do item não foi pesquisado.

uma margem de erro de até $\pm 0,5$ °C. Além disso, sua saída digital diminui a possibilidade de interferências elétricas, que podem influenciar os resultados. (DFROBOT, 2026)

O sensor MQ-2 fornece medições proporcionais à concentração de gases, mas o fator que levou à sua escolha foi a capacidade medir o monóxido de carbono, gás que geralmente é o mais emitido em incêndios residenciais (SCIENTIFIC, 2025), e o GLP (Gás Liquefeito de Petróleo), o gás de cozinha, que está presente em praticamente todas as casas.

Por fim, a *protoboard* permite uma montagem rápida e simples dos circuitos, sem a necessidade de soldas. Também chamada de placa de ensaio, ela é utilizada para ligar os componentes à placa sem necessidade de soldagem. (GOIÁS, 2022)

4.2.2 Software

Após a montagem do *hardware*, foi desenvolvido o programa responsável pelo seu funcionamento. A linguagem de programação utilizada é a C++, apropriada para aplicações do Arduino e também compatível para placas ESP.

A programação é dividida em duas etapas:

1. Inicialização dos dispositivos sensores conectados à placa, por meio de variáveis e métodos para leitura dos sinais recebidos. Configurar os alertas que serão emitidos, de acordo com as informações fornecidas pelos sensores;
2. Configuração da biblioteca de comunicação para conexão à rede *WiFi* e da API responsável pelo envio de mensagens por *WhatsApp*.

Estas etapas inicialmente definidas no pré-projeto, foram subdivididas em módulos menores para facilitar o processo. A 1ª etapa em: Monitoramento dos Sensores, Diagnóstico do Ambiente e Sistema de Alerta. Já a 2ª etapa em: Conexão à Internet e Sistema de Notificações.

Cada um desses módulos desempenhou uma função específica e serão descritos nos tópicos a seguir.

4.2.2.1 Monitoramento dos Sensores

Nesse módulo que inicia a 1ª etapa, foram definidas as portas de conexão dos sensores de temperatura e de gás. Em seguida foram declaradas as variáveis, que armazenaram os valores obtidos durante as leituras.

Código 1 – Definição das portas de conexão e declaração de variáveis para os sensores MQ-2 e DS18B20.

```
1  int inGas = A0;  
2  int inTemp = 53;  
3  
4  int valorGas = 0;  
5  int valorTemp = 0;
```

Para a coleta de dados, as variáveis receberam os valores retornados pelos métodos responsáveis pela leitura dos sensores. No caso do sensor DS18B20, foi utilizado o método *getTempByIndex()*, e no sensor de gás MQ-2 foi usado o método *analogRead()*, que recebe como parâmetro a porta de conexão do sensor.

O sensor MQ-2 possui duas formas de saída: analógica e digital. Neste trabalho foi utilizada a saída analógica, pois ela fornece valores numéricos variados, permitindo uma análise detalhada da concentração de gás no ambiente. Esses valores variam de 0 a 4095

e correspondem às leituras do conversor analógico-digital (ADC) do ESP8266.(COISAS, 2018)

O sensor lê esses valores, pois esta plataforma possui resolução de 12 bits. (EXPRESSIF, 2026)Para converter os valores em partes por milhão (ppm), é necessária uma calibração no código, que pode ser aplicada em futuras melhorias.

O sensor DS18B20 utiliza comunicação digital por meio do protocolo 1-Wire e possui saída digital, diferente de outros sensores de temperatura. Para interpretar os dados desse sensor e convertê-los em graus *Celsius* (°C), foi utilizada a biblioteca *DallasTemperature*. Outra biblioteca utilizada foi a *OneWire*, que permite ao microcontrolador se conectar com dispositivos que utilizam o protocolo *1-Wire*. (PJRC, 2026)

Código 2 – Inclusão das bibliotecas *OneWire* e *DallasTemperature* para comunicação com o sensor de temperatura.

```
1  #include <OneWire.h>
   #include <DallasTemperature.h>
```

A inicialização da biblioteca *DallasTemperature* foi feita na função *setup()*, onde estão métodos que inicializam dispositivos instalados ao microcontrolador. Isso foi feito pela função *begin()* do objeto sensores do tipo *DallasTemperature*, isso permite que as leituras de temperatura sejam realizadas ao longo do funcionamento do sistema.

Código 3 – Configuração inicial do sensor de temperatura DS18B20, do sensor de gás e do buzzer.

```
2  OneWire oneWire(inTemp);
   DallasTemperature sensores(&oneWire);

4  void setup() {
   Serial.begin(9600);

6

   pinMode(inGas, INPUT);
   pinMode(buzzerSaida, OUTPUT);

8

   sensores.begin();

10 }
```

No laço *loop()*, as variáveis *valorGas* e *valorTemp* receberam seus respectivos métodos de leitura. Além disso, foi inserido o método *requestTemperatures()*, da biblioteca *DallasTemperature*, que é responsável por solicitar uma nova medição de temperatura.

Código 4 – Lógica de leitura dos sensores e cálculo da porcentagem relativa da faixa do ADC.

```
1  sensores.requestTemperatures();
   valorGas = analogRead(inGas);
```

```
3      valorTemp = sensores.getTempCByIndex(0);  
5      porcentagem = (valorGas/4095.0)*100.0; //No Arduino o valor máximo do  
      ADC é 1023.
```

O valor obtido pelo MQ-2 foi convertido para uma porcentagem relativa da faixa de leitura do Conversor Analógico-Digital (ADC).

Os dados coletados são exibidos no monitor serial para acompanhamento e testes.

4.2.2.2 Diagnóstico do Ambiente

Após a obtenção dos dados, o software realiza a análise dos parâmetros monitorados por meio de funções específicas.

A configuração dos alertas tinha inicialmente a seguinte estrutura:

- Se o sensor de chama indicar *HIGH* e a concentração de gás maior que 200 ppm, uma mensagem informaria que ambos os valores estão fora do normal e que um incêndio ocorre no local onde o sensor está instalado.
- Se apenas o sensor de chama está com um valor incomum (*HIGH*), uma mensagem alertaria que o sensor de gás pode estar defeituoso e que um incêndio ocorre no local onde o sensor está instalado.
- Se apenas o sensor de gás está com um valor incomum (acima de 200 ppm), uma mensagem informaria que um incêndio pode estar ocorrendo em outro cômodo e a pessoa precisa verificar outro dispositivo IoT, que está em outro ambiente. Também pode ser um alarme falso devido a fumaça vinda de outro local.

Entretanto, optou-se por separar o diagnóstico do ambiente do sistema de alerta. Dessa forma, as análises passaram a ser realizadas pelas funções `diagnosticarGas()` e `diagnosticarTemperatura()`, responsáveis por avaliar, respectivamente, os níveis de gás e a temperatura do ambiente monitorado.

Também houveram mudanças nos valores de limite para impressão da mensagem de alerta de cada métrica.

A função `diagnosticarGas()` verifica se a concentração detectada pelo MQ-2 ultrapassa a porcentagem limite de 50%.

Código 5 – Implementação da função `diagnosticarGas()` para verificação de limites de gás.

```
1      if (porcentagem > 50.0) {  
          Serial.println("Alerta! Concentração de gás acima do normal!");  
3  
          Serial.println();
```

```
5         }else{  
7             Serial.println("Concentração de gás dentro do normal.");  
9             Serial.println();  
        }
```

Caso o valor seja superior ao limite definido, uma mensagem de alerta é emitida no monitor serial. Senão, é informado que a concentração está dentro da normalidade.

De forma semelhante, a função `diagnosticarTemperatura()` avalia a temperatura ambiente. Caso a temperatura medida seja igual ou superior a 50 °C, a mensagem de alerta será exibida; caso contrário, informa que os valores permanecem dentro dos níveis considerados normais.

Código 6 – Implementação da função `diagnosticarTemperatura()` para avaliação de níveis críticos de calor.

```
1     if(valorTemp >= 50.0){  
3         Serial.println("Temperatura muito alta!");  
5         Serial.println();  
6     }else{  
7         Serial.println("Temperatura dentro do normal.");  
8         Serial.println();  
9     }
```

4.2.2.3 Sistema de Alerta

O código prevê a utilização de um *buzzer* para sinalização sonora de situações de risco. A lógica foi implementada na função `emitirAlerta()`.

O acionamento ocorre quando a concentração de gás ultrapassa 50% ou quando a temperatura é igual ou superior a 50 °C.

Código 7 – Função `emitirAlerta()` para o acionamento do buzzer de acordo com os parâmetros de risco

```
1     if (porcentagem > 50.0 || valorTemp >= 50.0){  
3         digitalWrite(buzzerSaida,HIGH);  
5     }else{  
6         digitalWrite(buzzerSaida,LOW);  
7     }
```

Nessa condição, o *buzzer* é ativado para alertar os usuários presentes no ambiente monitorado.

Todas essas funções são chamadas na função `loop()`. Mas antes disso, são exibidas informações sobre a temperatura e a concentração de gás.

Código 8 – Impressão das leituras dos sensores no monitor serial e chamada das funções de diagnóstico do sistema.

```
Serial.print("Concentração de Gás: ");
2 Serial.println(valorGas);
Serial.print("Porcentagem de concentração: ");
4 Serial.print(porcentagem);
Serial.println(" %");
6
Serial.println();
8
Serial.print("Temperatura do local:");
10 Serial.print(valorTemp);
Serial.println(" ºC");
12
Serial.println("_____");
14
diagnosticarGas();
16 diagnosticarTemperatura();
//emitirAlerta();
18
delay(5000);
20
Serial.println("_____");
```

Essas leituras são feitas a cada 5000 milissegundos (ms), o que equivale à 5 segundos (s).

4.2.2.4 Conexão à Internet

Nesse módulo que inicia a 2ª etapa, foi feita a conexão da placa à rede *WiFi*, para isso foi utilizada a biblioteca *Wi-Fi.h* para Arduino, que fornece uma interface para conectar dispositivos microcontroladores à redes *WiFi*.

Primeiramente, foram definidos o nome (SSID) e a senha da rede *WiFi*, por meio de constantes do tipo `char`. Em seguida, criou-se o método `conectarRede()`, responsável por realizar a conexão, que começa com a autenticação, feita pelo método `begin`, da classe *WiFi*, e recebe o SSID e a senha como parâmetros.

Após isso, uma estrutura de repetição verifica o status da conexão por meio do método `status`. Enquanto a conexão não for efetivada, a mensagem “Conectando...” é exibida a cada 0.5 segundo. Caso a conexão seja bem-sucedida, uma mensagem de confirmação é exibida.

Código 9 – Conexão Wi-Fi

```
1 void conectarRede() {  
    WiFi.begin(rede, senha);  
3  
    while(WiFi.status() != WL_CONNECTED){  
5        delay(500);  
        Serial.println("Conectando...");  
7    }  
9  
    Serial.println("_____");  
    Serial.println("Conectado ao Wi-Fi!!");  
11 }
```

4.2.2.5 Sistema de Notificações

Por fim, foi configurado o envio de mensagens de alerta de incêndio por WhatsApp e uma forma para configurar essa função é utilizar a API *CallMeBot*. Os códigos responsáveis por isso foram colocados na função `enviarNotificacao()`.

Antes de explicar sobre essa API, é preciso explicar do que ela se trata. Uma API (*Application Programming Interface* - Interface de Programação de Aplicações) é o conjunto de padrões, ferramentas e protocolos que permitem a comunicação entre diferentes softwares e componentes. (ALURA, 2023)

Assim, o *CallMeBot* é um canal de comunicação entre dispositivos de automação e contas de aplicativos de mensagem, como o *Telegram*, o *Signal* e o *WhatsApp*.

O envio de mensagens é ativado por meio de uma chave de acesso, a *API Key*, que é obtida ao adicionar no seu *smartphone* um número de celular fornecido pelo site do *CallMeBot*, e enviar a mensagem "*I allow CallMeBot to send me messages*" (Eu permito que o *CallMeBot* envie mensagens) e assim a *API Key* será recebida.

Por fim, uma URL do site do *CallMeBot* é inserida no código. Nela estão o número de telefone celular do usuário, a *API Key* e a mensagem a ser enviada. (ENGENHOCANDO, 2024)

Código 10 – Definição de credenciais de rede e chaves de acesso para a API *CallMeBot*.

```
1 #include <WiFi.h>  
    #include <HTTPClient.h>  
3  
    const char* rede = "nome-da-rede";  
5    const char* senha = "*****";  
7  
    String telefone = "";  
    String chaveApi = "5363213";
```

```
9      String mensagem = "Perigo! O dispositivo encontrou valores acima do  
        limite!";  
11     String url;
```

Mas antes disso, foi criada a biblioteca HTTPClient.h é utilizada para realizar requisições HTTP ao serviço *CallMeBot*, responsável pelo encaminhamento das mensagens para o *WhatsApp*.

Depois da configuração, uma requisição GET é enviada ao servidor.

Código 11 – Configuração da requisição HTTP GET para envio de alertas via WhatsApp.

```
1      HTTPClient http;  
  
3      url = "https://api.callmebot.com/whatsapp.php?phone=" +telefone+  
        "&text=" +mensagem+ "&apikey=" +chaveApi;  
5  
        url.replace(" ", "%20");  
7  
        //Serial.println(url);  
9      http.begin(url);  
  
11     int httpResponseCode = http.GET();  
  
13     if (httpResponseCode > 0) {  
        Serial.print("Código HTTP: ");  
15        Serial.println(httpResponseCode);  
  
        String resposta = http.getString();  
        Serial.println(resposta);  
19    } else {  
        Serial.print("Erro: ");  
21        Serial.println(http.errorToString(httpResponseCode));  
    }  
23  
    http.end();
```

Caso a operação seja concluída com sucesso, o código HTTP retornado pelo servidor e a resposta recebida são exibidos no monitor serial. Em caso de falha, o erro correspondente é informado ao usuário.

5 TESTES E RESULTADOS

Este capítulo apresenta os testes realizados para verificar o funcionamento do protótipo desenvolvido. Os experimentos tiveram como objetivo validar a leitura dos sensores, o acionamento dos mecanismos de alerta e o envio das notificações remotas. Os resultados obtidos permitiram avaliar o desempenho da solução proposta em condições controladas e verificar o atendimento aos requisitos definidos no projeto.

5.1 Apresentação dos testes realizados

Os testes foram realizados no Laboratório de Robótica do IFG - Instituto Federal de Goiás - Campus Luziânia, com os componentes descritos no Capítulo 3.

Para simular uma situação semelhante ao início de um incêndio, foi utilizado um isqueiro como uma fonte de gás e calor. O material foi posicionado a aproximadamente 10 cm dos sensores DS18B20 e MQ-2, permitindo assim que ambos fossem expostos ao mesmo tempo às alterações do ambiente.

Foram realizados três testes distintos:

- Teste utilizando Arduino Mega e *buzzer*;
- Teste utilizando ESP8266 e *buzzer*;
- Teste utilizando ESP8266, *buzzer* e notificações por *WhatsApp*.

A Figura 16 mostra o hardware utilizado no teste com o Arduino Mega. Já a Figura 17 apresenta o hardware utilizado nos testes com o ESP8266.

Cada teste teve duração de um minuto e trinta segundos, com leituras realizadas a cada cinco segundos. Durante a execução, os valores obtidos pelos sensores foram exibidos no monitor serial e registrados para posterior análise.

Os gráficos apresentados nas Figuras 18, 19 mostram a evolução da temperatura e da concentração de fumaça ao longo do tempo para cada configuração avaliada.

Observou-se que a aproximação da chama do isqueiro provocou aumento gradual da temperatura registrada pelo sensor DS18B20. Simultaneamente, o sensor MQ-2 apresentou elevação das leituras devido aos gases liberados pela combustão do combustível do isqueiro.

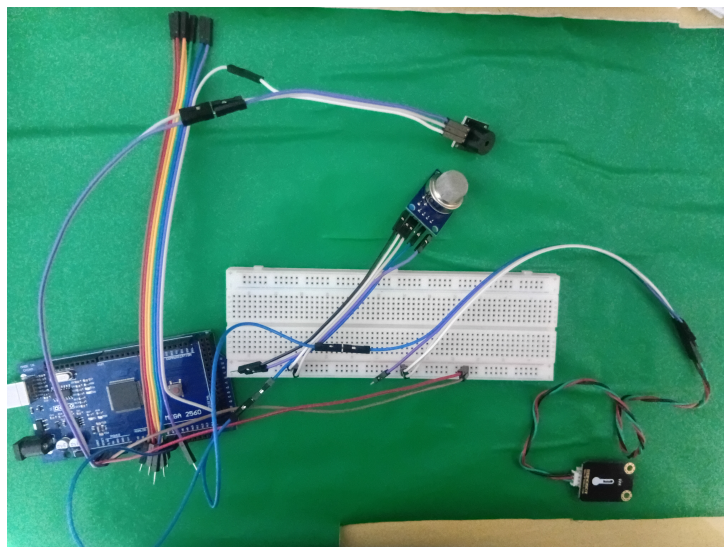


Figura 16 – Hardware do protótipo utilizando Arduino Mega.

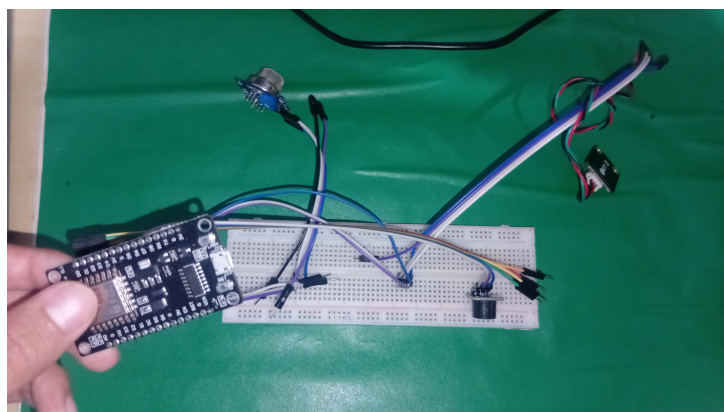


Figura 17 – Hardware do protótipo utilizando ESP8266.

As Figuras 20 e 21 mostram que essas alterações foram detectadas pelos sensores e processadas pelo sistema, permitindo a execução das rotinas de alerta configuradas no protótipo.

5.2 Análise do desempenho do sistema

Os resultados foram analisados com base na observação do comportamento dos sensores e dos mecanismos de alerta implementados no protótipo.

A análise dos resultados demonstrou que os sensores utilizados foram capazes de identificar as alterações ambientais provocadas pela aproximação do isqueiro.

O sensor DS18B20 apresentou aumento progressivo da temperatura ao longo dos testes, indicando corretamente a presença de uma fonte de calor próxima ao sistema. As leituras mostraram comportamento estável e compatível com a proposta de monitoramento

térmico do ambiente.

O sensor MQ-2 também respondeu às condições impostas durante os experimentos. As leituras aumentaram à medida que os gases produzidos pela combustão alcançavam o sensor, demonstrando sua capacidade de detectar alterações na composição do ar.

Comparando os três cenários avaliados, verificou-se que o comportamento dos sensores permaneceu semelhante independentemente da plataforma utilizada. Tanto o Arduino Mega quanto o ESP8266 foram capazes de processar as informações recebidas e executar as rotinas previstas pelo software.

Evolução dos valores de teste realizado por 1 min 30 s - Arduino Mega (somente com buzzer para alerta)

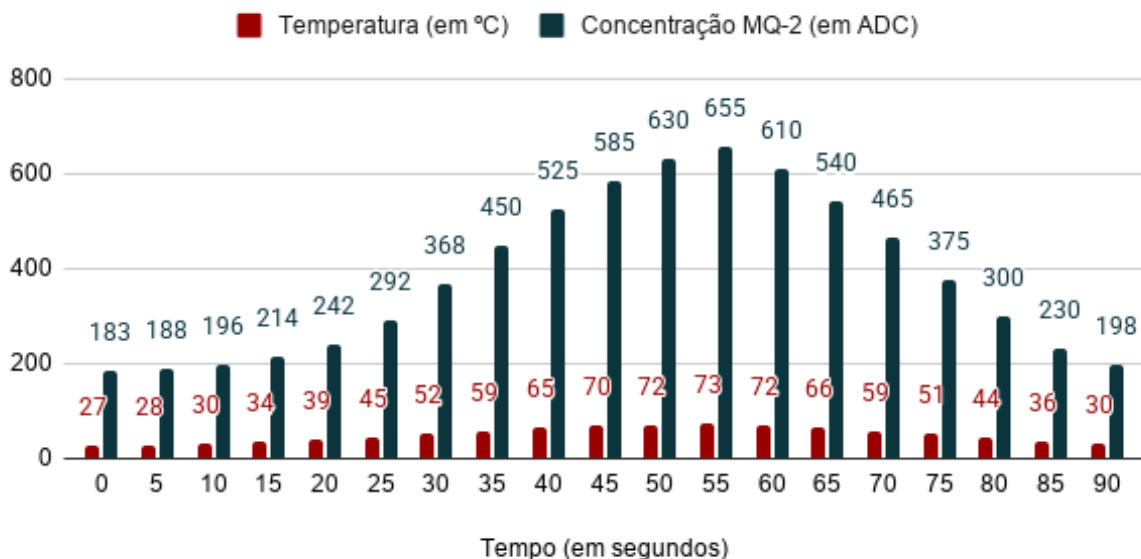


Figura 18 – Teste utilizando Arduino Mega e *buzzer*.

Nos testes realizados com o ESP8266 conectado à internet, observou-se que o envio das notificações por WhatsApp não provocou interferências perceptíveis no monitoramento dos sensores. O sistema continuou realizando as leituras normalmente enquanto executava as funções de comunicação remota.

A Figura 22 apresenta duas mensagens de alerta enviadas por *WhatsApp* quando os valores monitorados ultrapassaram os limites estabelecidos. O envio ocorreu de forma automática, demonstrando a integração entre o ESP8266 e o serviço de mensagens utilizado pelo sistema.

Em relação aos mecanismos de alerta, o buzzer foi acionado sempre que os limites configurados para temperatura ou fumaça foram atingidos, permitindo alertar rapidamente os ocupantes do ambiente. Da mesma forma, as notificações enviadas por What-

Evolução dos valores do teste realizado por 1 min 30 s - ESP8266 (somente com buzzer para alerta)

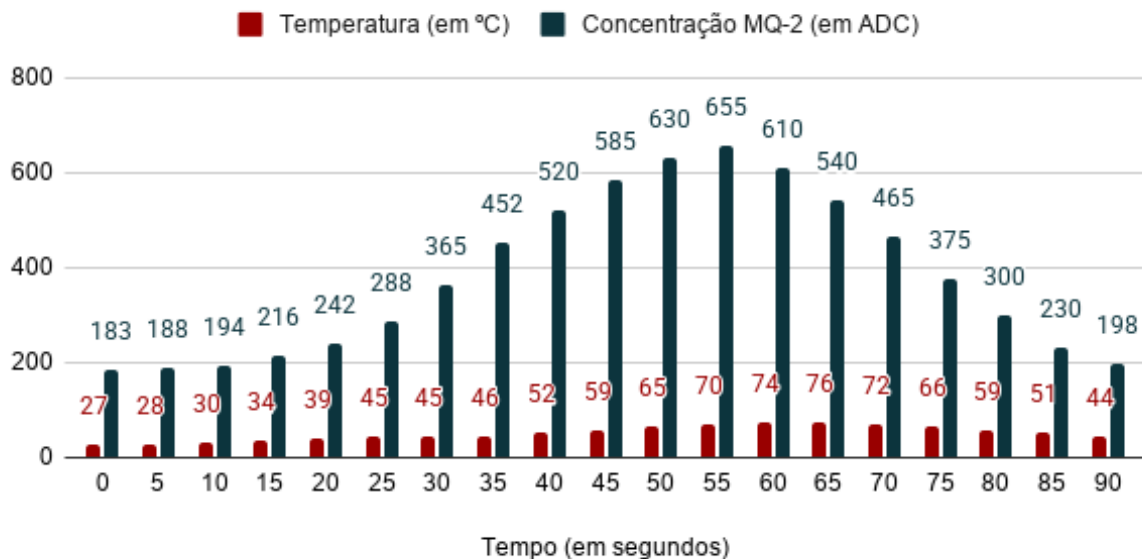


Figura 19 – Teste utilizando ESP8266 e *buzzer*.

sApp foram entregues corretamente durante os testes realizados com acesso à internet.

Os resultados obtidos indicam que a integração entre sensores, atuadores e recursos de comunicação ocorreu de forma satisfatória, permitindo que o protótipo identificasse condições associadas a possíveis princípios de incêndio e emitisse alertas locais e remotos conforme esperado

Verificação dos critérios de avaliação

A Tabela 5 apresenta a verificação dos critérios definidos na metodologia.

Critério de Avaliação	Resultado
Funcionamento dos Sensores	Atendido
Coerência dos dados coletados	Atendido
Emissão de notificações por WhatsApp	Atendido
Funcionamento do buzzer	Atendido

Tabela 5 – Verificação dos critérios de avaliação definidos na Metodologia.

Os testes demonstraram que os sensores responderam adequadamente à presença de calor e gases produzidos pela combustão do isqueiro. Além disso, os mecanismos de alerta funcionaram corretamente durante todos os experimentos realizados.

Os resultados obtidos demonstraram que o protótipo desenvolvido foi capaz de

Evolução dos valores do teste realizado por 1 min 30 s - ESP8266 (com buzzer e alerta de incêndio por WhatsApp)

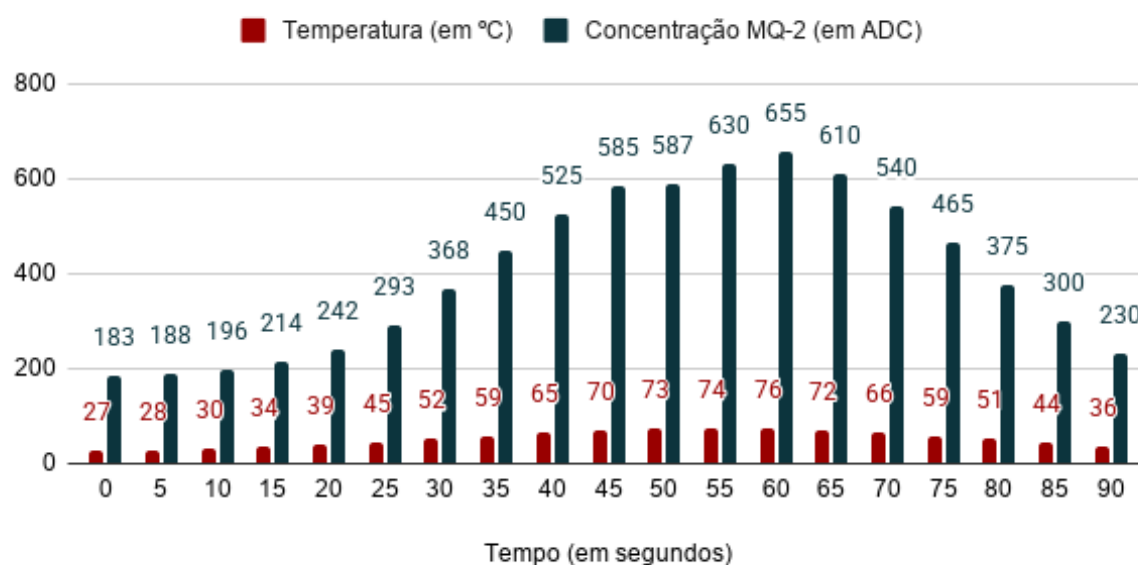


Figura 20 – Teste utilizando ESP8266, *buzzer* e notificações por *WhatsApp*.

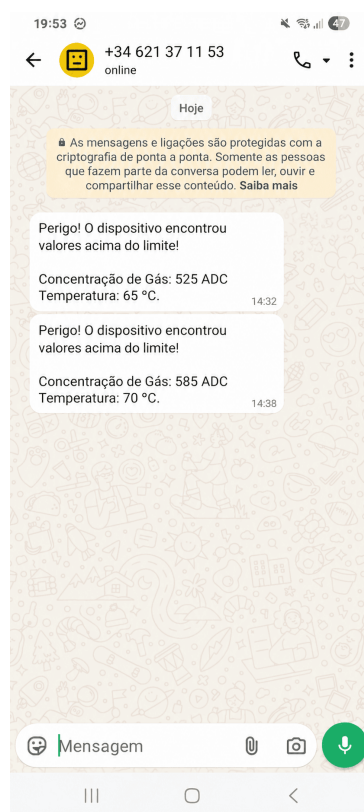


Figura 21 – Alertas enviados por *WhatsApp* pela API.

monitorar alterações ambientais relacionadas à presença de calor e gases de combustão,

emitindo alertas locais e remotos quando necessário.

A utilização conjunta dos sensores DS18B20 e MQ-2 permitiu identificar diferentes características associadas a um possível princípio de incêndio, contribuindo para aumentar a confiabilidade da detecção.

Além disso, a integração com recursos de Internet das Coisas possibilitou o envio de notificações remotas sem comprometer o funcionamento do sistema, evidenciando a viabilidade da utilização de tecnologias IoT de baixo custo em aplicações de monitoramento residencial.

A Tabela 6 apresenta uma comparação entre os protótipos desenvolvidos com Arduino Mega e ESP8266, considerando os principais aspectos observados durante os testes.

Tabela 6 – Comparação do protótipo entre placas de desenvolvimento utilizadas

Critério	Arduino Mega	ESP8266
Leitura do sensor DS18B20	Correta	Correta
Leitura do sensor MQ-2	Correta	Correta
Acionamento do buzzer	Funcionou corretamente	Funcionou corretamente
Comunicação com a Internet	Não disponível	Disponível via <i>WiFi</i>
Tempo de Resposta	Adequado	Adequado
Estabilidade durante os testes	Estável	Estável
Funcionalidades Disponíveis	Monitoramento e alarme sonoro	Monitoramento, alarme sonoro e notificação remota

5.3 Potenciais melhorias

Com base nos resultados, identificaram-se oportunidades de evolução para o protótipo:

- Interface Local: Inclusão de uma tela LCD para exibição em tempo real dos valores de temperatura e gás sem necessidade de um computador.
- Precisão dos Dados: Incorporação de bibliotecas específicas para a calibração do sensor MQ-2, permitindo a conversão dos dados brutos de ADC para partes por milhão (ppm).

- Redundância: Implementação de uma bateria interna para garantir o funcionamento em caso de queda de energia elétrica, conforme sugerido pelas normas de segurança.

6 CONCLUSÃO

A realização deste trabalho permitiu a exploração prática dos conceitos de Internet das Coisas (IoT) aplicados à segurança residencial, resultando no desenvolvimento de um protótipo funcional capaz de mitigar riscos de incêndios por meio de monitoramento contínuo e alertas em tempo real.

6.1 Reafirmação dos Objetivos Atingidos

O objetivo geral de desenvolver um protótipo para detecção de incêndios em residências foi plenamente alcançado. O sistema integrou com sucesso a placa ESP8266 aos sensores de temperatura (DS18B20) e gás/fumaça (MQ-2), garantindo o monitoramento ambiental conforme planejado.

Dentre os objetivos específicos, a pesquisa bibliográfica permitiu fundamentar as tecnologias IoT e os princípios da combustão.

A implementação física e os testes em laboratório validaram a eficácia do sistema, que demonstrou ser capaz de acionar alertas sonoros locais via buzzer e enviar notificações remotas pelo WhatsApp através da API *CallMeBot*.

6.2 Contribuições do Trabalho

A principal contribuição deste estudo é a demonstração de uma solução de baixo custo (aproximadamente R\$ 82,90) para a prevenção de sinistros, tornando a segurança tecnológica mais acessível em comparação com sistemas comerciais tradicionais.

Além disso, a integração com aplicativos de mensagem amplia a utilidade do sistema, permitindo que o morador seja notificado sobre riscos mesmo estando fora do imóvel, uma funcionalidade crucial para a redução de danos materiais e preservação de vidas.

O projeto também serviu como um estudo de caso prático para a aplicação de sistemas embarcados e programação em C++ no contexto do curso de Sistemas de Informação do IFG - Campus Luziânia.

6.3 Limitações do Estudo

A principal limitação encontrada durante o desenvolvimento do trabalho foi a indisponibilidade do sensor de chama KY-026, inicialmente previsto para integrar o protótipo.

Como consequência, foi necessária sua substituição pelo sensor de temperatura DS18B20. Essa alteração reduziu a capacidade de detecção direta da presença de chamas, fazendo com que a identificação de possíveis incêndios dependesse do aumento da temperatura e da concentração de fumaça no ambiente.

Outra limitação refere-se à realização dos testes em ambiente controlado, utilizando uma pequena fonte de fumaça para simular situações de risco. Dessa forma, os resultados obtidos não representam todas as condições que podem ocorrer em incêndios reais.

Além disso, o sensor MQ-2 foi utilizado sem um processo completo de calibração para conversão das leituras em partes por milhão (ppm), o que limita a precisão quantitativa das medições realizadas. Apesar dessas limitações, os testes permitiram validar o funcionamento geral do sistema e demonstrar a viabilidade da solução proposta.

6.4 Sugestões para trabalhos futuros

Apesar do protótipo desenvolvido ter atingido os objetivos propostos e demonstrado a viabilidade da utilização de tecnologias de Internet das Coisas (IoT) para detecção de princípios de incêndio, existem algumas possibilidades de aprimoramento que podem ser exploradas em trabalhos futuros.

Uma das principais melhorias consiste na inclusão de sensores adicionais, como de chama e umidade, permitindo uma análise mais abrangente das condições do ambiente e detecção direta do fogo.

Outra possível melhoria é a calibração do sensor MQ-2 para obtenção de medições em partes por milhão (ppm), possibilitando resultados mais precisos e comparáveis com parâmetros técnicos utilizados em sistemas profissionais de monitoramento.

Também pode ser trabalhada a integração com plataformas IoT dedicadas, como o Arduino IoT *Cloud* permitindo o monitoramento remoto em tempo real por meio de *dashboards* e aplicativos móveis especializados.

Além disso, recomenda-se a implementação de mecanismos de redundância energética, como baterias ou sistemas de alimentação ininterrupta, garantindo o funcionamento do sistema mesmo em situações de falta de energia elétrica, condição comum durante incêndios.

Por fim, sugere-se a realização de testes em ambientes reais e por períodos prolongados, avaliando o comportamento do sistema em diferentes condições ambientais e verificando aspectos como estabilidade, taxa de falsos alarmes e desempenho da comunicação remota. Essas melhorias podem contribuir para a evolução do protótipo em direção a uma solução mais completa e adequada para aplicações práticas de prevenção e monitoramento de incêndios.

REFERÊNCIAS

ADAFRUIT. *Arduino Lesson 2. LEDs*. 2012. Disponível em : <<https://learn.adafruit.com/adafruit-arduino-lesson-2-leds/leds>>. Acesso em: 20 nov. 2025. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 26.

ALURA. *Entenda o que é uma API e sua importância*. 2023. Disponível em: <<https://www.alura.com.br/artigos/api>>. Acesso em: 24 nov. 2025. Citado na página 43.

ASHTON, K. et al. That internet of things thing. *RFID journal*, Hauppauge, New York, v. 22, n. 7, p. 97–114, 2009. Citado na página 20.

BESCHOKOV, M. Mqtt concept. *Wallarm*, 2025. Acesso em: 8 dez. 2025. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 28.

BRAGA, L.; MARQUES, A. *O que é Wi-Fi? Saiba como funciona a tecnologia de rede sem fio*. 2023. Tecnoblog. Disponível em: <<https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-wi-fi-como-funciona/>>. Acesso em: 08 dez. 2025. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 27.

_____. *802.11 a/b/g/n/ac, Wi-Fi 6, 6E e 7: quais as diferenças entre os padrões e qual usar?* 2024. Disponível em: <<https://tecnoblog.net/responde/wifi-802-11-a-b-g-n-ac-ax-be-diferencas-entre-padroes-de-rede-sem-fio/>>. Acesso em: 02 jul. 2026. Citado na página 27.

BRASIL, S. *Estatísticas 2025*. 2025. Disponível em: <<https://sprinklerbrasil.org.br/instituto-sprinkler-brasil/estatisticas/estatisticas-2025/>>. Acesso em: 02 jul. 2026. Citado na página 18.

BRASILEIRO, A. M. M. *Manual de Produção de Textos Acadêmicos e Científicos*. [S.l.]: Atlas, 2013. Citado na página 32.

CARNEIRO, I. A. *Qualcomm compra Arduino e anuncia nova placa Uno Q*. 2025. Tecmundo. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/mercado/407613-qualcomm-compra-arduino-e-anuncia-nova-placa-uno-q.htm>>. Acesso em: 16 abr. 2026. Citado na página 22.

CHARLEAUX, L.; TOLEDO, V. *O que é o protocolo MQTT? Saiba como funciona o padrão de comunicação usado em IoT*. 2025. Tecnoblog. Disponível em: <<https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-o-protocolo-mqtt-saiba-como-funciona-o-padrao-de-comunicacao-usado-em-iot/>>. Acesso em: 12 nov. 2025. Citado na página 28.

COISAS, C. I. e. *Serie Sensores - MQ-2 Gás Inflamável - Internet e Coisas 24*. 2018. Youtube. Disponível em: <<https://youtu.be/Z14bXdDSqsU?si=z2kNwdmw29Mm1eJy>>. Acesso em: 25 jun. 2026. Citado na página 39.

- DETECTION, S. F. *NBR 17240: Tudo o que você precisa saber sobre esta norma*. 2025. Disponível em: <<https://stingerfire.com.br/nbr-17240-tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-esta-norma>>. Acesso em: 02 dez. 2025. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 20.
- DFROBOT. *Gravity: DS18B20 Temperature Sensor (Arduino Compatible)*. 2026. Disponível em: <<https://www.dfrobot.com/product-164.html>>. Acesso em: 20 jun. 2026. Citado 2 vezes nas páginas 33 e 37.
- DIGITAL, I. M. *Aula 04 - Estudo de microcontroladores PIC Parte II*. 2026. Disponível em: <<https://materialpublic.imd.ufrn.br/curso/disciplina/2/49/4/12>>. Acesso em: 02 jul. 2026. Citado na página 21.
- ELETROGATE. *Sensor de Gás MQ-2 Inflamável e Fumaça*. 2026. Disponível em: <<https://www.eletrogate.com/sensor-de-gas-mq-2-inflamavel-e-fumaca>>. Acesso em: 27 fev. 2026. Citado na página 25.
- ELETRÔNICA, B. da. *Módulo Sensor de Chamas KY-026*. 2025. Disponível em: <<https://www.baudaeletronica.com.br/produto/modulo-sensor-de-chamas-ky-026.html>>. Acesso em: 04 jul. 2025. Citado na página 24.
- ELETRÔNICA, M. *Conheça mais sobre o ESP32*. 2025. Disponível em: <<https://www.mamuteeletronica.com.br/esp32-o-microcontrolador-poderoso-e-versatil-para-projetos-de-iot-e-eletronica?srltid=AfmBOooP40xIU7Ot4m-Kkdr7d3uDARlOxQrhWzd2jOvJG98cbYadrbf>>. Acesso em: 09 jul. 2025. Citado na página 23.
- ENGENHOCANDO, C. *Como enviar mensagens para o WhatsApp com ESP8266 (ESP32) - Integração completa*. 2024. Youtube. Disponível em: <<https://youtu.be/4zoYXUrpK7w?si=ZN8bpTPj6qBxBRuI>>. Acesso em: 24 nov. 2025. Citado na página 43.
- ESPÍRITO SANTO. Corpo de Bombeiros Militar. *Prevenção e combate a incêndio*. 2022. Disponível em: <<https://cb.es.gov.br/material-didatico-2>>. Acesso em: 07 nov. 2025. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 19.
- EXPRESSIF. *Analog to Digital Converter (ADC)*. 2026. Disponível em: <<https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/api-reference/peripherals/adc/index.html>>. Acesso em 25 jun. 2026. Citado na página 39.
- FERREIRA, F.; MANZAN, R.; DURAES, W. *Arquitetura de Soluções IoT: Desenvolva com Internet das Coisas para o mundo real*. [S.l.]: Casa do Código, 2022. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 27.
- GALVÃO, P. R. V. *Controle de um sistema de combate a incêndio através de comunicação GSM e plataforma Arduino*. Manaus: [s.n.], 2019. 70p. p. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações). Citado 4 vezes nas páginas 9, 28, 29 e 31.
- GOIÁS, I. U. F. de. *Protoboard: o que é e como usar*. 2022. Disponível em: <<https://ipelab.ufg.br/n/156373-protoboard-o-que-e-e-como-usar>>. Acesso em: 23 jul. 2026. Citado na página 37.

- IBRAHIM, D. *The Complete ESP32 Projects Guide*. 1st ed. [S.l.]: Elektor Digital, 2017. Citado na página 23.
- INCÊNDIO, P. *Veja quais foram os 10 maiores incêndios do Brasil*. 2026. Disponível em: <<https://portalincendio.com.br/veja-quais-foram-os-10-maiores-incendios-do-brasil>>. Acesso em: 02 jul. 2026. Citado na página 18.
- INTEL. *2,4 GHz vs. 5 GHz vs. 6 GHz: qual é a diferença?* 2025. Disponível em: <<https://www.intel.com.br/content/www/br/pt/products/docs/wireless/2-4-vs-5ghz.html>>. Acesso em: 02 jul. 2026. Citado na página 27.
- LENOVO. *O que é a Rede de Agências de Projetos de Pesquisa Avançada (ARPANET)?* 2026. Disponível em: <<https://www.lenovo.com/br/pt/glossary/arpnet/>>. Acesso em: 02 jul. 2026. Citado na página 16.
- LOUSADA, R. *Componentes Básicos do Arduino: O que é Resistor, LED, Potenciômetro, Push Button*. 2024. Eletrogate. Disponível em: <<https://blog.eletrogate.com/componentes-basicos-do-arduino-o-que-e-resistor-led-potenciometro-push-button/>>. Acesso em: 18 nov. 2025. Citado na página 26.
- MANCINI, M. Internet das coisas: História, conceitos, aplicações e desafios. *Project Management Institute-PMI*, 2017. Disponível em: <<http://mmproject.com.br/wp-content/uploads/2020/02/artigo-iot-monicamancini-v1.pdf>>. Citado na página 20.
- MATTEDE, H. *O que são sensores e quais as suas aplicações?* 2026. Mundo da Elétrica. Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-sao-sensores-e-quais-as-suas-aplicacoes/#bio>>. Acesso em: 27 mar. 2026. Citado na página 24.
- MUSCI, M.; ANTOLIN, G. D. C.; VISTA, R. C.; ANTOLIN, M. Q. Introdução ao arduino. *Revista Contemporânea*, v. 3, n. 10, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.56083/RCV3N10-146>>. Citado na página 22.
- NASCIMENTO, M. G. do. *Proposta de sistema de detecção de incêndio em estrutura urbana com uso de tecnologia embarcada e recursos renováveis de água e energia*. João Pessoa: [s.n.], 2022. 125p. p. Dissertação (Mestrado). Citado 4 vezes nas páginas 9, 29, 30 e 31.
- OKI, N.; MANTOVANI, S. C. A. Microcontroladores - pic. *Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira*, 2013. Citado na página 21.
- PARANÁ. Defesa Civil. *Combate a princípios de incêndio - Módulo 05*. 2024. Disponível em: <https://www.defesacivil.pr.gov.br/sites/defesa-civil/arquivos_restritos/files/documento/2024-07/modulo_v_-_combate_a_principios_de_incendio.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2025. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 20.
- PARKS, M. *The History of Arduino Part 1: Introducing Arduino*. 2023. Mouser. Disponível em: <<https://br.mouser.com/blog/history-arduino-part-1>>. Acesso em: 08 jul. 2025. Citado na página 22.
- PJRC. *OneWire Library*. 2026. Disponível em: <https://www.pjrc.com/teensy/td_libs_OneWire.html>. Acesso em: 20 jun. 2026. Citado na página 39.

PORTUGAL, A. *Qual a diferença entre Buzzer Ativo vs Buzzer Passivo*. 2017. Disponível em: <<https://www.arduinoportugal.pt/qual-diferenca-buzzer-ativo-vs-buzzer-passivo/>>. Acesso em: 17 nov. 2025. Citado na página 25.

QUALCOMM. *Qualcomm to Acquire Arduino Accelerating Developers Access to its Leading Edge Computing and AI*. 2025. Disponível em: <<https://www.qualcomm.com/news/releases/2025/10/qualcomm-to-acquire-arduino-accelerating-developers--access-to-i>>. Acesso em: 16 abr. 2026. Citado na página 22.

SANTOS, B. P.; SILVA, L. A. M.; CELES, C. S. F. S.; NETO, J. B. B.; PERES, B. S.; VIEIRA, M. A. M.; VIEIRA, L. F. M.; GOUSSEVSKAIA, O. N.; LOUREIRO, A. A. F. Internet das coisas: Da teoria à prática. *Minicursos SBRC-Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos*, v. 31, p. 16, 2016. Disponível em: <<https://homepages.dcc.ufmg.br/~mmvieira/cc/papers/internet-das-coisas.pdf>>. Citado na página 16.

SCIENTIFIC, I. *Monóxido de Carbono X Dióxido de Carbono: Uma Comparação*. 2025. Disponível em: <<https://www.indsci.com/pt/blog/monoxido-de-carbono-vs-dioxido-de-carbono-uma-comparacao>>. Acesso em: 22 nov. 2025. Citado na página 37.

SIEBERT. *Prevenção e eliminação de incêndios - O triângulo do fogo*. 2025. Disponível em: <siebert.com.br/prevencao-e-eliminacao-de-incendios-o-triangulo-do-fogo/>. Acesso em: 21 nov. 2025. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 19.

TANENBAUM, A.; FEAMSTER, N.; WETHERALL, D. *Redes de Computadores*. 6ª edição. ed. Porto Alegre: Pearson, 2021. Citado 2 vezes nas páginas 26 e 27.

TOVS. *Internet das Coisas: o que é, exemplos e impactos*. 2022. Disponível em: <<https://www.totvs.com/blog/inovacoes/aplicacoes-da-internet-das-coisas/>>. Acesso em: 18 jul. 2025. Citado na página 20.