


## SISTEMA INTELIGENTE PARA DETECÇÃO DE INCÊNDIO COM MONITORAMENTO REMOTO E BAIXO CUSTO

### Resumo:

A stylized illustration of a rocket launching upwards, leaving a large, billowing white cloud trail. The rocket is purple and white, with a pointed nose and two boosters.

Este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema inteligente de detecção de incêndio, utilizando sensores de temperatura e fumaça, com alertas sonoros, visuais e envio de notificações para usuários cadastrados. A pesquisa foi motivada pela necessidade de soluções mais eficazes para a prevenção de incêndios em ambientes diversos. Com base em tecnologias de automação e Internet das Coisas (IoT), o sistema realiza monitoramento contínuo e autônomo, acionando alarmes e LEDs posicionados estrategicamente ao identificar risco iminente. Também permite o envio de mensagens em tempo real, facilitando o monitoramento remoto e a tomada de decisões rápidas. Os testes realizados demonstraram resposta ágil, fácil implementação, bom custo-benefício e alta eficiência na comunicação do risco, contribuindo para a segurança dos ocupantes e a prevenção de danos.


**Palavras-chave:** Detecção; Incêndio; Sensores; Alertas; Segurança.

### 1. Introdução

A segurança contra incêndios permanece como uma das principais preocupações em ambientes residenciais, comerciais e industriais, especialmente diante do potencial destrutivo desses eventos. Em 2024, o Brasil registrou um recorde no número de incêndios estruturais, com 2.453 ocorrências — um aumento de 10,4% em relação a 2023, segundo dados divulgados pela Revista Veja. Esse crescimento alarmante reforça a urgência de se investir em tecnologias que não apenas identifiquem o risco de incêndios com agilidade, mas que também possibilitem uma resposta rápida e eficiente para reduzir perdas humanas e materiais. Nos Estados Unidos, os dados não são menos preocupantes. Em 2023, os corpos de bombeiros responderam a aproximadamente 1,39 milhão de incêndios, que resultaram em 3.670 mortes de civis, 13.350 feridos e US\$ 23 bilhões em danos diretos à propriedade, conforme o relatório anual da NFPA (National Fire Protection Association). Entre esses, os incêndios estruturais foram responsáveis por 84% das mortes e 83% dos danos materiais. Um incêndio residencial foi registrado a cada 95 segundos, uma morte a cada três horas e um ferimento a cada 52 minutos. Os incêndios em




residências unifamiliares ou bifamiliares, embora representem apenas 18% do total, causaram 68% das mortes e 56% dos ferimentos civis em 2023.



Esses números demonstram que, apesar de avanços ao longo das décadas, a prevenção e resposta a incêndios ainda enfrentam lacunas significativas, especialmente em ambientes residenciais. Observa-se também que, embora o número absoluto de incêndios tenha diminuído desde 1980, as taxas de mortalidade e ferimentos por incêndio residencial têm aumentado, o que evidencia que os métodos tradicionais de prevenção e detecção não estão sendo suficientes. Diante desse cenário, este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema de detecção de incêndio inteligente, que utiliza sensores de temperatura e fumaça aliados a alertas sonoros, visuais e envio de mensagens em tempo real. Essa abordagem visa modernizar o monitoramento de ambientes críticos, promovendo não apenas maior eficácia na detecção precoce de incêndios, mas também um canal de comunicação ágil com os ocupantes e responsáveis, aumentando a possibilidade de evacuação segura e acionamento rápido de serviços de emergência. Ao automatizar e integrar diferentes formas de alerta, o sistema proposto se posiciona como uma solução de alto impacto, especialmente em contextos onde há limitação de recursos humanos ou infraestrutura para resposta imediata. Considerando o crescente número de incidentes, como os registrados no Brasil em 2024 e as perdas recorrentes em países com infraestrutura mais robusta, como os Estados Unidos, a implementação de sistemas inteligentes representa um avanço crucial para mitigar tragédias evitáveis. Assim, este projeto busca contribuir de forma concreta para a segurança da população, oferecendo uma alternativa tecnológica viável, de baixo custo e fácil implementação, que pode ser aplicada em diferentes tipos de edificações. A expectativa é que, com a adoção de soluções como a aqui proposta, se reduza significativamente o número de ocorrências e, principalmente, as perdas humanas e materiais associadas a incêndios.

Nesse contexto, este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema de detecção de incêndio inteligente, que combina sensores de temperatura e fumaça com mecanismos de alerta sonoro, visual e envio de mensagens em tempo real para usuários cadastrados. O sistema utiliza sensores termo resistivos de alta precisão e detectores de fumaça fotoelétricos, que operam de forma contínua, garantindo uma identificação precoce e confiável de possíveis focos de incêndio. Em caso de detecção, são acionados simultaneamente alarmes sonoros de alta intensidade e sinais visuais por meio de luzes LED estrategicamente distribuídas no ambiente, proporcionando um alerta imediato mesmo em situações de baixa visibilidade. Além dos alertas locais, o sistema envia automaticamente notificações para dispositivos móveis dos usuários cadastrados,





utilizando redes de comunicação como Wi-Fi ou GSM, permitindo que ações de contenção sejam tomadas mesmo à distância. Essa automação integrada reduz significativamente o tempo de resposta e pode ser decisiva na prevenção de tragédias. A proposta visa não apenas melhorar a resposta a emergências, mas também tornar o monitoramento mais acessível e eficiente por meio da automação e da conectividade. Seu design modular facilita a adaptação a diferentes tipos de edificações — como residências, escolas, hospitais, escritórios e comércios — com baixo custo de implementação e manutenção. Ao unir tecnologia, praticidade e eficiência, o sistema se apresenta como uma solução inovadora e viável para ampliar a segurança contra incêndios em diversos contextos.

A segurança contra incêndios é uma preocupação constante em diversos tipos de ambientes, especialmente diante do potencial destrutivo que esses eventos representam. A prevenção eficaz depende de sistemas capazes de identificar rapidamente situações de risco e alertar os ocupantes de forma clara e imediata. Nesse contexto, este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema de detecção de incêndio inteligente, que combina sensores de temperatura e fumaça com mecanismos de alerta sonoro, visual e envio de mensagens em tempo real para usuários cadastrados. A proposta visa não apenas melhorar a resposta a emergências, mas também tornar o monitoramento mais acessível e eficiente por meio da automação. Além de garantir uma resposta rápida diante de possíveis focos de incêndio, o sistema se destaca por sua facilidade de implementação e pelo custo-benefício, tornando-se uma solução viável para diferentes tipos de ambientes. Os resultados obtidos com os testes reforçam a importância de tecnologias integradas na prevenção de incêndios, contribuindo para a proteção de vidas e patrimônios.

Os resultados obtidos com os testes reforçam de maneira significativa a importância do uso de tecnologias integradas na prevenção de incêndios. Durante a fase de testes, o sistema demonstrou alta capacidade de resposta diante de variações de temperatura e presença de fumaça, acionando imediatamente os mecanismos de alerta sonoro, visual e o envio de notificações remotas. Esse tempo de resposta ágil é crucial para minimizar riscos, reduzir danos materiais e, principalmente, salvar vidas. Além disso, os testes revelaram que a instalação e operação do sistema são práticas e economicamente viáveis, mesmo em ambientes com infraestrutura limitada. Essa característica amplia o potencial de aplicação do projeto em escolas, residências, pequenos comércios e edifícios públicos, onde muitas vezes a prevenção de incêndios é negligenciada. A validação prática também mostrou que a combinação entre sensores, alarmes e comunicação em tempo real favorece uma reação rápida por parte dos ocupantes ou responsáveis técnicos, permitindo que providências sejam tomadas antes que o foco de incêndio se alastre. Assim, o estudo



reforça a necessidade de modernização dos sistemas tradicionais de prevenção e sugere que soluções baseadas em automação e conectividade podem ser um caminho promissor para enfrentar esse desafio com maior eficácia.

## 2. Objetivo

O principal objetivo deste projeto é o desenvolvimento e implementação de um sistema de detecção de incêndio inteligente, que integra tecnologias inovadoras e acessíveis para aprimorar a segurança em ambientes residenciais, comerciais e públicos. A proposta visa a criação de uma solução holística que não apenas identifique com precisão os riscos de incêndio por meio de sensores de temperatura e fumaça, mas também maximize a resposta a esses eventos por meio de alertas sonoros, visuais e notificações em tempo real enviadas para dispositivos móveis. Ao integrar múltiplos canais de alerta, o sistema tem como objetivo reduzir os danos materiais e, principalmente, salvar vidas. Outro objetivo é garantir que o sistema seja inclusivo, atendendo a todas as pessoas, incluindo aquelas com deficiência auditiva ou visual. Com isso, buscamos oferecer alertas visuais (como luzes LED) para pessoas com deficiência auditiva e alertas sonoros para pessoas com deficiência visual, promovendo um ambiente mais seguro e acessível para todos os ocupantes, independentemente das suas limitações sensoriais. Dessa forma, queremos garantir que o sistema seja amplamente utilizável e adaptável a diferentes tipos de necessidades e ambientes.

Ademais, buscamos integrar uma funcionalidade inovadora de monitoramento remoto, através de câmeras, permitindo que os responsáveis pela segurança ou os serviços de emergência possam acompanhar, em tempo real, a evolução do incêndio. Isso facilita uma avaliação mais rápida e precisa da situação, o que é essencial para uma resposta eficaz, especialmente em ambientes de grande complexidade ou risco.

Outro objetivo é garantir que o sistema seja economicamente viável e acessível, com fácil instalação e manutenção, tornando-o uma solução prática para uma ampla gama de usuários. A ideia é reduzir os custos operacionais a longo prazo, minimizar os danos materiais e reduzir a necessidade de presença constante de pessoal de segurança, oferecendo uma gestão mais eficiente dos recursos humanos. Além disso, pretendemos demonstrar o impacto positivo do sistema em diversas áreas, como a redução de danos ambientais e a prevenção de desastres naturais, contribuindo, assim, para a preservação de habitats e biodiversidade.

Através da implementação de um sistema de baixo custo, eficaz e de fácil adaptação, pretendemos ampliar a segurança das pessoas e a proteção dos patrimônios,





ao mesmo tempo em que promovemos a inclusão social e a sustentabilidade ambiental. Em termos econômicos, o sistema também se destaca por oferecer um excelente custo-benefício, com a perspectiva de redução nos custos com seguros e danos materiais, além de atrair o interesse de investidores e clientes potenciais de diversos setores, incluindo residenciais, comerciais, públicos e industriais.

Portanto, os objetivos deste projeto são não só aprimorar as tecnologias existentes, mas também oferecer uma solução inovadora, inclusiva, eficiente e acessível para aumentar a segurança e a prevenção de incêndios em diferentes contextos, com impactos sociais, ambientais e econômicos significativos.

### 3. Justificativa

A crescente ocorrência de incêndios em diversas partes do mundo, como evidenciado pelos números alarmantes no Brasil e nos Estados Unidos, torna a segurança contra incêndios uma prioridade urgente. Em 2024, o Brasil registrou um aumento de 10,4% nos incêndios estruturais em relação ao ano anterior, com 2.453 ocorrências, o que reflete a necessidade de investimentos em tecnologias eficazes para identificar e combater esse risco. Nos Estados Unidos, os incêndios resultaram em milhares de mortes e bilhões de dólares em danos, evidenciando que, apesar dos avanços nas técnicas de prevenção, a resposta a incêndios ainda é insuficiente, especialmente em ambientes residenciais e de grande porte.

A atual realidade dos sistemas de detecção de incêndio, que em sua maioria utilizam sensores de temperatura e fumaça, enfrenta limitações significativas, especialmente no que tange à acessibilidade para pessoas com deficiência auditiva ou visual. Além disso, os métodos tradicionais de alerta, como alarmes sonoros e visuais, muitas vezes não são suficientes para proporcionar uma resposta eficiente em ambientes amplos ou de difícil monitoramento remoto. A falta de integração entre os sistemas de alerta e a impossibilidade de acompanhar em tempo real a evolução do incêndio dificultam a tomada de decisões rápidas e precisas, o que pode resultar em maiores danos materiais e perda de vidas.

Diante desse contexto, a proposta de um sistema de detecção de incêndio inteligente se justifica pela necessidade de aprimorar a eficácia e a acessibilidade das soluções existentes. A integração de múltiplos canais de alerta, incluindo sensores de temperatura e fumaça, alarmes sonoros e visuais, além de notificações em tempo real para dispositivos móveis, torna a resposta a incêndios mais rápida e eficiente, alcançando os usuários independentemente de sua localização. Esse sistema não só atende às



necessidades de pessoas com diferentes deficiências sensoriais, como também oferece uma solução inclusiva e acessível, promovendo a segurança de todos os ocupantes.

Além disso, a adição de câmeras para monitoramento remoto do local do incêndio é um diferencial importante, já que permite uma avaliação mais precisa da situação, crucial para uma resposta eficaz. O monitoramento em tempo real facilita a comunicação com os serviços de emergência e os responsáveis pela segurança, possibilitando a tomada de decisões rápidas e coordenadas, o que é fundamental para a mitigação de danos e a proteção de vidas.

A justificativa para este projeto também se sustenta no impacto social, ambiental e econômico que ele pode gerar. Ao ampliar a segurança das pessoas, especialmente em ambientes com grande concentração de indivíduos, como escolas, hospitais, e espaços públicos, o sistema contribui para a proteção de vidas, ao mesmo tempo em que garante a inclusão de pessoas com deficiência. Ambientalmente, a utilização de tecnologias sustentáveis e de baixo consumo de energia contribui para a prevenção de danos causados por incêndios, como a destruição de habitats naturais e a poluição. Economicamente, a proposta oferece uma solução de baixo custo, de fácil implementação e manutenção, que pode reduzir os custos com seguros e danos materiais, além de promover uma gestão mais eficiente dos recursos humanos.

-Dessa forma, o desenvolvimento e a implementação de um sistema de detecção de incêndio inteligente e acessível justifica-se pela necessidade de modernizar a prevenção e resposta a incêndios, oferecendo uma solução tecnológica eficiente, inclusiva e com um excelente custo-benefício, capaz de atender a uma variedade de contextos e necessidades, ao mesmo tempo em que contribui para a segurança e bem-estar das pessoas e a preservação do meio ambiente.

#### 4. Desenvolvimento

O desenvolvimento do sistema de detecção de incêndio inteligente proposto foi estruturado com o objetivo de atender de forma eficaz às necessidades de segurança e acessibilidade. O sistema é composto por três componentes principais que operam de maneira integrada: sensores de temperatura e fumaça, mecanismos de alerta e monitoramento remoto.

A base do sistema são os sensores de temperatura e fumaça, que trabalham juntos para garantir uma detecção precoce e precisa de incêndios. O sensor de temperatura detecta variações significativas na temperatura do ambiente, enquanto o sensor de fumaça, com tecnologia fotoelétrica, identifica partículas de fumaça no ar. A combinação



desses dois sensores aumenta a capacidade de identificar incêndios em suas fases iniciais, permitindo uma resposta rápida e eficaz.

Quando os sensores detectam condições anormais, o sistema aciona automaticamente múltiplos mecanismos de alerta. O primeiro é o alarme sonoro, emitido com alta intensidade para garantir que todos os ocupantes do ambiente sejam alertados, mesmo em espaços amplos ou de difícil acesso. Além disso, o sistema também utiliza luzes LED de alto brilho como alerta visual, que são essenciais para pessoas com deficiência auditiva, garantindo que todos, independentemente das suas limitações sensoriais, sejam informados sobre o risco iminente. Outro aspecto inovador do sistema é a notificação em tempo real enviada para dispositivos móveis cadastrados. Essa função permite que as pessoas responsáveis pelo ambiente sejam alertadas mesmo estando em locais distantes, facilitando a coordenação de respostas rápidas e a ativação de serviços de emergência.


Adicionalmente, o sistema conta com monitoramento remoto via câmeras, uma característica que o diferencia das soluções tradicionais. Ao detectar um possível incêndio, o sistema ativa câmeras instaladas no local, que transmitem imagens em tempo real para os responsáveis pela segurança ou para os serviços de emergência. Esse monitoramento remoto é fundamental, especialmente em ambientes grandes ou de difícil acesso, pois oferece uma visão detalhada da situação e permite uma avaliação mais precisa do risco, facilitando a tomada de decisões mais informadas.

Essa abordagem integrada, que combina sensores de temperatura e fumaça com múltiplos mecanismos de alerta e monitoramento remoto, garante não só uma resposta rápida e eficaz, mas também assegura que o sistema seja acessível e eficiente para todos os ocupantes, independentemente de suas necessidades sensoriais. A modularidade do sistema também facilita sua implementação em diversos tipos de edificações, desde residências até ambientes comerciais e públicos, tornando-o uma solução de segurança viável e eficaz para diferentes contextos.

#### 4.1. Público-alvo

O público-alvo deste projeto inclui residências, edifícios comerciais, instituições públicas, escolas, hospitais, pequenas indústrias e condomínios que buscam soluções tecnológicas eficazes e acessíveis para a detecção precoce de incêndios. O sistema é voltado principalmente para gestores prediais, administradores de segurança, síndicos e usuários finais que desejam aumentar a proteção de pessoas e patrimônios.





Além disso, o projeto contempla a acessibilidade, sendo também direcionado a ambientes que contam com pessoas com deficiência visual e/ou auditiva, pois oferece alertas tanto sonoros quanto visuais, garantindo que todos os ocupantes sejam notificados de forma eficaz em situações de risco. O uso de câmeras integradas ainda amplia o público interessado ao possibilitar o monitoramento remoto em tempo real por parte de profissionais de segurança e familiares, tornando o sistema útil também para locais com pessoas idosas ou com mobilidade reduzida.


#### 4.2. Soluções

A detecção precoce de incêndios continua sendo um desafio significativo para a segurança de edifícios e a proteção de pessoas, especialmente em ambientes grandes ou complexos, onde a resposta rápida é crucial. O projeto propõe uma solução integrada para resolver essa questão, ao combinar sensores de temperatura e fumaça com alertas multimodais (sonoros e visuais), que buscam suprir as falhas dos sistemas tradicionais, muitas vezes limitados por falhas técnicas ou falta de acessibilidade. O grande problema é que muitos sistemas de detecção ainda falham em atingir todas as pessoas em um ambiente, especialmente aquelas com deficiência auditiva ou visual, que podem não perceber os alertas convencionais, colocando-as em risco em situações de emergência.

Essa problemática se torna ainda mais preocupante quando observamos os dados recentes sobre a frequência e os impactos dos incêndios. Em 2024, o Brasil registrou um recorde no número de incêndios estruturais, com 2.453 ocorrências — um aumento de 10,4% em relação a 2023, segundo dados divulgados pela *Revista Veja*. Esse crescimento expressivo reforça a urgência em se investir em tecnologias mais eficazes de detecção e resposta rápida. No cenário internacional, os números também são alarmantes. Em 2023, os corpos de bombeiros dos Estados Unidos responderam a aproximadamente 1,39 milhão de incêndios, que resultaram em 3.670 mortes de civis, 13.350 feridos e US\$ 23 bilhões em danos diretos à propriedade, de acordo com a National Fire Protection Association (NFPA).





A stylized illustration of a rocket ship with a white body and blue fins, launching upwards with a white smoke trail.

Entre esses, os incêndios estruturais foram responsáveis por 84% das mortes e 83% dos prejuízos materiais. Um incêndio residencial foi registrado a cada 95 segundos, uma morte a cada três horas e um ferimento a cada 52 minutos. Mesmo representando apenas 18% do total de incidentes, os incêndios em residências unifamiliares ou bi familiares causaram 68% das mortes e 56% dos ferimentos civis. Além disso, embora o número absoluto de incêndios tenha diminuído desde 1980, as taxas de mortalidade e ferimentos por incêndio residencial têm aumentado, indicando que os métodos tradicionais de prevenção não estão sendo suficientes para conter os danos.

A solução proposta vai além da simples detecção, ao oferecer notificações em tempo real enviadas diretamente para os dispositivos móveis dos usuários cadastrados, garantindo que a informação chegue rapidamente a quem precisa, mesmo em locais distantes ou difíceis de acessar. A integração de câmeras de monitoramento em tempo real permite que os responsáveis acompanhem a evolução da situação e tomem decisões informadas rapidamente, o que reduz significativamente os riscos de ações precipitadas ou mal coordenadas. Isso é especialmente importante em contextos onde a ação rápida pode salvar vidas, como em hospitais ou escolas.

Além disso, o sistema propõe uma solução de baixo custo e fácil instalação, o que o torna viável para uma ampla gama de ambientes, desde residências até grandes empresas ou instituições públicas, onde os orçamentos muitas vezes não permitem a adoção de sistemas de prevenção de incêndio mais caros e complexos. Contudo, essa acessibilidade também levanta questões sobre a dependência de tecnologias de baixo custo, que podem ter limitações em termos de precisão e confiabilidade, principalmente em ambientes que exigem um alto grau de segurança.

Portanto, o projeto não só oferece uma alternativa para resolver um problema crítico, como também coloca em discussão a necessidade de inclusão e acessibilidade nos sistemas de segurança, questionando como a tecnologia pode ser moldada para atender a todas as pessoas de maneira equitativa,



independentemente das suas necessidades especiais. Ao ser analisado à luz dos dados atuais e das lacunas evidenciadas globalmente nos sistemas de combate a incêndios, o projeto se fortalece como uma resposta urgente, necessária e acessível diante de uma realidade que ainda apresenta altos índices de mortalidade, ferimentos e prejuízos causados por incêndios.

#### 4.3. Metodologia


### 5. Resultados

O resultado final do projeto é um sistema de detecção de incêndio inteligente que integra sensores de temperatura e fumaça, uma câmera ESP-CAM para monitoramento visual, um módulo base responsável pelo controle central e um microcontrolador ESP32, que realiza a comunicação e o processamento dos dados. O sistema foi projetado para detectar rapidamente sinais de incêndio, acionando alarmes sonoros e visuais (LEDs), além de enviar notificações em tempo real para os usuários cadastrados. A câmera permite o acompanhamento visual da situação, oferecendo uma camada adicional de segurança e contribuindo para a redução de falsos alarmes. A arquitetura modular, baseada no ESP32, garante flexibilidade, baixo consumo de energia e possibilidade de expansão futura.

Durante a fase de testes, foram avaliadas individualmente as funcionalidades dos principais componentes do sistema: o ESP32, a ESP-CAM, os sensores de temperatura e fumaça, o módulo base e o sistema como um todo. Todos os testes realizados obtiveram 100% de sucesso, comprovando a viabilidade da integração entre os dispositivos e o correto funcionamento de cada etapa do processo. A ESP-CAM transmitiu imagens com estabilidade, os sensores responderam de forma precisa às variações simuladas, e o ESP32 se mostrou eficiente na comunicação entre os módulos e no envio de alertas. O módulo base



foi capaz de gerenciar todas as entradas e saídas do sistema sem falhas.

A stylized illustration of a rocket launching upwards, leaving a white smoke trail, positioned on the left side of the text block.

Como proposta de continuidade, o projeto pode evoluir com a implementação de uma plataforma de monitoramento baseada em nuvem, permitindo o acesso remoto ao histórico de eventos e imagens capturadas. Também é possível incorporar inteligência artificial para análise automática das imagens, ampliando a capacidade de detecção visual de focos de incêndio. O uso de baterias recarregáveis e placas solares pode tornar o sistema autônomo em locais sem rede elétrica. Com base nos testes realizados, as próximas metas incluem validar o sistema em ambientes reais, ampliar a escala de cobertura para múltiplos cômodos ou edifícios, e integrar o envio automático de alertas a serviços de emergência.

### Referências

GIL, Pedro. Incêndios estruturais batem recorde no Brasil em 2024. **Veja Negócios**, 2025. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/coluna/radar-economico/incendios-estruturais-batem-recorde-no-brasil-em-2024/>. Acesso em: 20 fev. 2025.

HALL, Shelby. Fire loss in the United States. **NFPA Research**, 2024. Disponível em: <https://www.nfpa.org/education-and-research/research/nfpa-research/fire-statistical-reports/fire-loss-in-the-united-states>. Acesso em: 27 fev. 2025.

