

FACULDADE SENAC BLUMENAU
Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas

Bruno Delagiustina Gonçalves
Giorgia Batista Schmidt
Lorenzo Gabriel Santana Wrublewski
Mateus Correia De Oliveira
Victor Luiz Silva Santos

**PROTÓTIPO DE MONITORAMENTO IOT:
DETECÇÃO E PREVENÇÃO DE INCÊNDIOS.**

Blumenau
2025

Bruno Delagiustina Gonçalves
Giorgia Batista Schmidt
Lorenzo Gabriel Santana Wrublewski
Mateus Correia De Oliveira
Victor Luiz Silva Santos

**PROTÓTIPO DE MONITORAMENTO IOT:
DETECÇÃO E PREVENÇÃO DE INCÊNDIOS**

Trabalho apresentado ao Senac Blumenau como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas.

Orientador:

Me. Cláudio Ratke,

Es. Fabiano Oss,

Me. Pedro Edmundo Floriani.

Blumenau

2025

Ficha de identificação da obra

G635p Gonçalves, Bruno Delagiustina

Protótipo de monitoramento IoT: detecção e prevenção de incêndios / Bruno Delagiustina Gonçalves ; Giorgia Batista Schmidt ; Lorenzo Gabriel Santana Wrublewski ; Mateus Correia de Oliveira ; Victor Luiz Silva Santos. – Blumenau (SC): Faculdade Senac Blumenau, 2025.

62 f.: il. color.

Orientador: Me. Cláudio Ratke.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas) – Faculdade Senac Blumenau, 2025.

1. Prevenção de incêndio. 2. Detecção de incêndios. 3. IoT.
4. Monitoramento remoto. I. Gonçalves, Bruno Delagiustina. II. Schmidt, Giorgia Batista. III. Wrublewski, Lorenzo Gabriel Santana. IV. Oliveira, Mateus Correia de. V. Santos, Victor Luiz Silva. V. Título.

CDD 22.ed.: 004.678

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Aline Ferreira – CRB 14/1721



Creative Commons - Atribuição - Não Comercial CC BY-NC

Bruno Delagiustina Gonçalves
Giorgia Batista Schmidt
Lorenzo Gabriel Santana Wrublewski
Mateus Correia De Oliveira
Victor Luiz Silva Santos

**PROTÓTIPO DE MONITORAMENTO IOT:
DETECÇÃO E PREVENÇÃO DE INCÊNDIOS**

Trabalho apresentado a faculdade Senac Blumenau como
requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em
Análise e Desenvolvimento de Sistemas.

Avaliadores:

Me. Cláudio Ratke

Es. Fabiano Oss – SENAC Blumenau

Me. Pedro Edmundo Floriani

Blumenau, 16 de junho 2025

RESUMO

O presente trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo de sistema de monitoramento baseado em Internet das Coisas (IoT) para detecção e prevenção de incêndios na indústria têxtil. Considerando o aumento expressivo no número de incêndios registrados nos últimos anos e os elevados prejuízos materiais e humanos, o estudo propõe uma solução preventiva que identifica condições de risco antes da formação do foco de incêndio. A metodologia adotada incluiu pesquisa exploratória e descritiva, levantamento bibliográfico e aplicação de questionários a profissionais da área têxtil. O sistema proposto integra sensores de temperatura, umidade, gases inflamáveis e monóxido de carbono, utilizando microcontrolador ESP32 com comunicação via MQTT e interface desenvolvida em Blazor. Os resultados indicam a viabilidade da solução, evidenciando o interesse das empresas em adotar tecnologias preventivas que minimizem riscos, danos operacionais e financeiros. Conclui-se que a adoção de monitoramento inteligente pode representar um avanço significativo nas estratégias de segurança industrial.

Palavras-chave: Prevenção de incêndio, Detecção de incêndios, IoT, Monitoramento remoto.

ABSTRACT

This study presents the development of a monitoring system prototype based on the Internet of Things (IoT) for fire detection and prevention in the textile industry. Considering the significant increase in fire incidents in recent years and the resulting material and human losses, this research proposes a preventive solution capable of identifying risk conditions before the ignition point. The adopted methodology included exploratory and descriptive research, literature review, and application of questionnaires to textile industry professionals. The proposed system integrates temperature, humidity, flammable gas, and carbon monoxide sensors, using an ESP32 microcontroller with MQTT communication and an interface developed in Blazor. The results indicate the feasibility of the solution, highlighting the interest of companies in adopting preventive technologies to minimize risks, operational disruptions, and financial losses. It is concluded that adopting intelligent monitoring can represent a significant advancement in industrial safety strategies.

Keywords: Fire prevention, Fire detection, IoT, Remote monitoring.

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Notícias de Incêndios Estruturais Por Ano	13
Figura 2 – Número de conexões IOT globalmente de 2022 a 2033	14
Figura 3 – Gráfico estatístico de amostragem.....	15
Figura 4 – Tetraedro do Fogo.....	17
Figura 5 – Aparato para teste de LOI	19
Figura 6 – Sensor DHT11 - Umidade e Temperatura.....	21
Figura 7 – Sensor MQ-2 - Fumaça e Gases.....	22
Figura 8 – Sensor MQ-7 - Monóxido de Carbono.....	23
Figura 9 - Sensor KY-026 - Chama, Faísca e Fogo	24
Figura 10 - Placa de ensaio.....	25
Figura 11 - Chip Wi-Fi ESP32	25
Figura 12 - Materiais predominantes na indústria têxtil	29
Figura 13 - Estimativa de impacto	30
Figura 14 - Estimativa de prejuízo no faturamento	30
Figura 15 - Preferências técnicas.....	31
Figura 16 - Benefícios esperados.....	31
Figura 17 - Expectativas de preço.....	32
Figura 18 - Primeiro Teste Prático.....	33
Figura 19 - Segundo Teste Prático.....	34
Figura 20 - Terceiro Teste Prático.....	35
Figura 21 - Rotina De Leitura Dos Sensores.....	37
Figura 22 - Rotina De Cálculo e Envio Dos Sensores	37
Figura 23 - Diagrama de Comunicação.....	38
Figura 24 - Rotina De Verificação De Risco	39
Figura 25 - Tela Inicial.....	41
Figura 26 - Tela de Gráficos.....	41
Figura 27 - Exemplo de alertas	42
Figura 28 - Estimativa de Custo Para Mínimo Viável	42

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira Normas Técnicas

CAGR – Taxa de crescimento anual composta

CBMSC – Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

HTML - *Hyper Text Mark-up Language*

IOT – *Internet of Things* (Internet das coisas)

LOI - *Limiting Oxygen Index*

NIOSH - *The National Institute for Occupational Safety and Health*

SCMP – *South China Morning Post*

SUS – Sistema Único de Saúde

USD – Dólares Americano

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBJETIVOS	12
1.1.1	Objetivo Geral	12
1.1.2	Objetivos Específicos	13
1.2	JUSTIFICATIVA	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	INCÊNDIOS.....	17
2.1.1	Agentes Causais	17
2.2	LOI (LIMITING OXYGEN INDEX).....	18
2.3	EQUIPAMENTOS DESCRITOS POR INSTRUÇÕES NORMATIVAS	19
2.3.1	Reativos	20
2.4	DISPOSITIVOS IOT	21
2.4.1	Sensor DHT11 - Umidade e Temperatura	21
2.4.2	Sensor MQ-2 - Fumaça e Gases	22
2.4.3	Sensor MQ-7 - Monóxido de Carbono	23
2.4.4	Sensor KY-026 - Chama, Faísca e Fogo	24
2.4.5	Microcontrolador ESP32	24
3	METODOLOGIA DA PESQUISA	26
3.1	CARACTERIZAÇÕES DA PESQUISA	26
3.2	TÉCNICA DE COLETA DE DADOS.....	26
3.3	PROCEDIMENTOS DE APLICAÇÃO.....	27
3.4	ANÁLISE DE DADOS.....	27
4	CONTEXTUALIZAÇÃO E RESULTADOS	29
4.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	29
4.2	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	29
4.3	ANÁLISE CRÍTICA DOS RESULTADOS	32
4.4	RESULTADO DOS TESTES EXPERIMENTAIS	33
5	PROPOSIÇÃO DO PROTÓTIPO DE MONITORAMENTO IOT PARA DETECÇÃO E PREVENÇÃO DE INCÊNDIOS	36
5.1	PROPOSIÇÃO	36
5.1.1	Tecnologias Utilizadas	39

5.1.2 Operacionalização do Sistema	40
5.1.3 Custos	42
6 CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS.....	45
APÊNDICE A	49
APÊNDICE B	50

1 INTRODUÇÃO

Os incêndios são ameaças constantes à segurança das pessoas e ao meio ambiente, especialmente em ambientes industriais. A indústria têxtil, em particular, enfrenta desafios significativos devido à alta inflamabilidade de suas matérias-primas e ao armazenamento de grandes quantidades de tecido e fibras.

Mesmo com os avanços na segurança contra incêndios, tragédias ainda ocorrem, gerando perdas financeiras expressivas e danos irreparáveis. Além dos incêndios provocados por fontes externas, há também o risco de combustão espontânea de materiais, como o algodão, que, quando armazenado inadequadamente, pode entrar em combustão lenta e invisível antes de se transformar em um incêndio de grandes proporções (SHAFI, 2024).

Em termos de comparação entre os anos de 2017 e 2022, houve um aumento de aproximadamente 370% nos registros de incêndios em depósitos, o que motivou a criação de normas cada vez mais rigorosas e a busca por sistemas que consigam detectar o incêndio de forma precoce (LUIPI, RAFAEL SOUSA, 2024)

A concentração dos materiais combustíveis em um mesmo espaço físico eleva a probabilidade de incêndios, além disso, o tipo de material influencia diretamente nos riscos, pois cada material possui um comportamento distinto quando exposto a fontes de calor ou ignição.

O avanço da compreensão técnico-científica sobre incêndios permitiu a criação de métodos cada vez mais eficientes para lidar com os incêndios, minimizando tanto os danos materiais quanto as perdas humanas (SANTA CATARINA, 2024).

Mesmo com este avanço, incêndios representam perigo em ambientes industriais, podendo ser desencadeados por ações humanas diretas (intencionais e/ou criminosas) ou indiretas (deixar equipamentos ligados em ambiente propício ao fogo), natural (descargas elétricas), acidental (falhas em equipamentos) ou indeterminada (quando não se pode precisar a causa do incêndio) (SANTA CATARINA, 2023).

Um dos principais desafios na proteção contra incêndios é a detecção antecipada, que possibilita a evacuação rápida e segura das pessoas, além de permitir ações imediatas para conter o fogo antes que ele se espalhe. Dessa forma, é indispensável investir em sistemas de monitoramento capazes de identificar esses riscos e agir preventivamente.

O objetivo principal é afirmar a efetividade desta tecnologia e pontuar melhorias que tornem o sistema mais acessível, confiável e aplicável a diferentes setores industriais.

No cenário atual, as empresas dependem de alarmes de incêndio, extintores, hidrantes e treinamentos para lidar com emergências, essencialmente o mínimo requerido por lei.

Entretanto, esses mecanismos são acionados após o princípio do incêndio, de maneira reativa, onde danos já foram causados pelo fogo e posteriormente, a matéria-prima também sai danificada pela molhadura do material. Desta maneira, torna-se essencial o desenvolvimento de soluções mais eficientes para a prevenção de incêndios.

Neste contexto, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de um dispositivo de monitoramento inteligente para a indústria têxtil capaz de analisar diversos parâmetros, a fim de identificar mudanças anômalas no ambiente que apresentem riscos de incêndio. Com isso, busca-se minimizar riscos, reduzir prejuízos financeiros e, acima de tudo, preservar vidas, garantindo um ambiente mais seguro e preparado para lidar com emergências.

1.1 OBJETIVOS

Nesta seção serão apresentados os objetivos gerais e específicos do presente trabalho.

1.1.1 Objetivo geral

Apresentar uma proposta de sistema para indicar a possibilidade de um incêndio ocorrer, dessa forma permitindo a tomada de decisões para o prevenir, torna-se viável a redução de material, agindo antes de um incêndio ou outro incidente possa ocorrer.

1.1.2 Objetivos específicos

A fim de alcançar o objetivo geral, os objetivos específicos foram estipulados da seguinte maneira:

- a) Investigar as principais causas e características de incêndios em ambientes industriais.
- b) Estudar os sistemas de combate e prevenção de incêndios utilizados no Brasil.
- c) Propor um protótipo de uma solução automatizada para a prevenção de incêndios em tempo real.

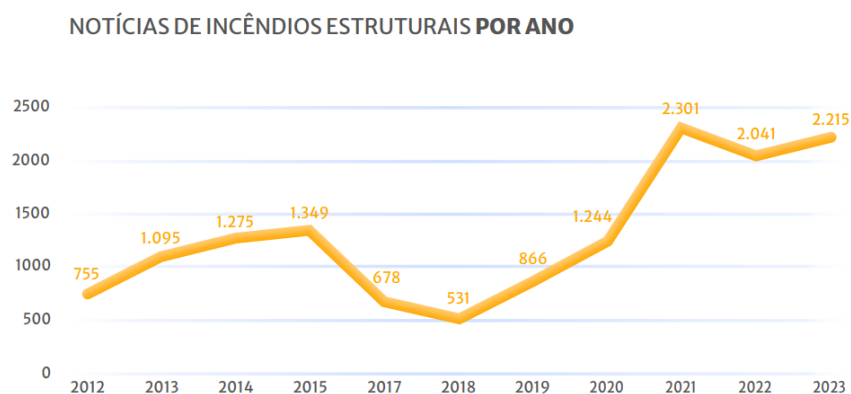
1.2 JUSTIFICATIVA

O incêndio é um problema histórico da humanidade. Trazem prejuízos e preocupações, motivando ações para controlá-los (SILVA, 2014). Em 2020, uma empresa do ramo têxtil e agrícola acabou com um prejuízo de 18 milhões de reais por conta de um incêndio que se alastrou rapidamente (GLOBO RURAL, 2020).

Incidentes como este, reforçam a necessidade de aprimoramento dos sistemas preventivos na indústria brasileira, incentivando a adoção de medidas mais eficazes para evitar prejuízos e proteger o patrimônio.

Segundo o Instituto Sprinkler Brasil, a incidência de incêndios no Brasil subiu 293,37% de 2012 a 2023, conforme pode ser visto na Figura 1.

Figura 1 - Evolução dos Incêndios Estruturais Noticiados por Ano.

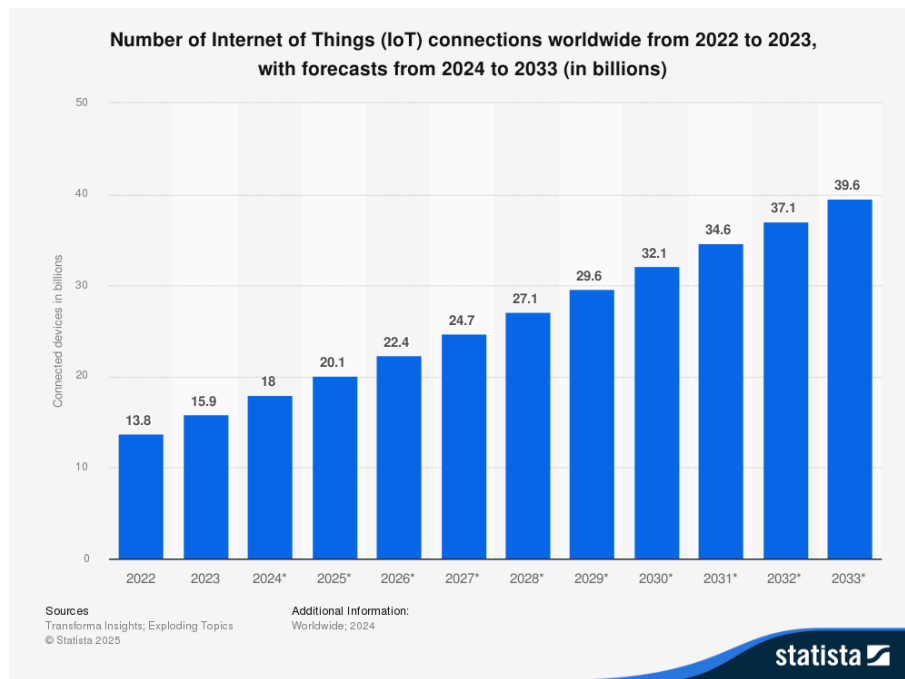


Fonte: SPRINKLER BRASIL (2023)

Com o avanço da tecnologia, empresas têm investido avidamente em proteções e segurança. Segundo a pesquisa conduzida pela Global Industry Analysts Inc. USA (2024), o mercado para a indústria 4.0 teve um rendimento de US\$ 162,8 bilhões no ano de 2024 sendo esperado ultrapassar os US\$ 400 bilhões até 2030, revelando a tendência de crescimento no mercado de tecnologia.

Segundo o Lionel Sujay Vailshery, a Internet das Coisas (IoT) tem experimentado um crescimento significativo nas empresas, impulsionando a transformação digital e a eficiência operacional. Estima-se que, até 2033, haverá 39,6 bilhões de dispositivos IoT em uso globalmente (VAILSHERY, 2023). A Figura 2 expressa o avanço dos dispositivos IOT ao passar dos anos desde 2022 e apresenta estimativas até o ano de 2033.

Figura 2 - Número de conexões IOT globalmente de 2022 a 2033



Fonte: Lionel Sujay Vailshery (2024)

Os sistemas de incêndio amplamente utilizados são obrigatórios por lei, foram projetados para conter os incêndios, ou seja, funcionam de maneira reativa ao fogo. Incêndio, de qualquer proporção, já causa prejuízo, seja pelo foco do fogo ou pela molhadura do material que entrou em combustão.

No segmento têxtil, o risco de incêndios é intensificado pela natureza dos materiais e pelos processos de fabricação, que frequentemente envolvem substâncias combustíveis e altas temperaturas (DIGISENSOR EXPLOSION AND FIRE, 2025).

A rápida propagação do fogo pode causar danos extensos, afetando não somente os equipamentos e instalações, mas também colocando em risco a integridade dos colaboradores.

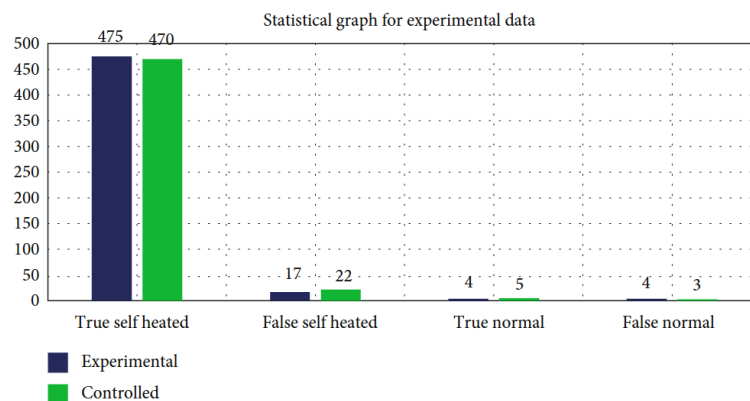
Às 00:00 do dia 13 de novembro de 2000, o depósito de algodão no distrito de Minhang, em Xangai, pegou fogo. 21.090.000 toneladas de algodão foram queimadas

ou danificadas, resultando em um prejuízo de \$ 427.630,43 USD. Os danos estruturais alcançaram USD 19.312,34. A perda devido à água foi de \$ 53.798,67 USD. No total, o prejuízo foi de \$ 500.741,44 USD. Neste incidente, as despesas com a água foram maiores do que os danos estruturais. (SOUTH CHINA MORNING POST, 2000)

Diante desse cenário, a incorporação de tecnologias emergentes, como sistemas de monitoramento em tempo real, integrados à IoT, torna-se fundamental para a identificação precoce de potenciais focos de incêndio e para a execução de respostas imediatas, evitando prejuízos, causados pelo fogo ou pelas medidas necessárias para conter a emergência e assegurando a continuidade das operações.

Uma pesquisa aplicada em armazéns de algodão com monitoramento por dispositivos IoT, demonstrou sucesso na identificação de aquecimento nas fibras de algodão com precisão de 96% em casos experimentais em ambientes não controlados (SHAFI, 2024), a amostragem destes dados pode ser vista na Figura 3:

Figura 3 - Gráfico estatístico de amostragem.



Fonte: SHAFI (2024)

Assim, a modernização dos métodos preventivos na indústria têxtil desponta como uma estratégia imprescindível para unir segurança, eficiência operacional e sustentabilidade.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção são apresentados tópicos importantes para o desenvolvimento dos objetivos apresentados, trazendo conceitos e informações relevantes para a construção deste trabalho.

2.1 INCÊNDIOS

Incêndio é um termo definido pela ISO (International Organization for Standardization) como “combustão rápida disseminando-se descontroladamente no tempo e no espaço.”

2.1.1 Agentes Causais

Para explicar os componentes necessários o fogo, é utilizada uma figura piramidal, chamada de Tetraedro do fogo. A Figura 4 demonstra os elementos do tetraedro.

Figura 4 - Tetraedro do fogo.



Fonte: SANTA CATARINA (2023)

Para haver ignição, é necessária a presença dos três elementos simultaneamente (combustível, comburente e energia). (SANTA CATARINA, 2023)

Combustíveis são as substâncias oxidadas no processo de combustão. Em suma, a matéria base que será reduzida/consumida pelo processo da queima.

Os comburentes são elementos essenciais para a queima, sendo o mais comum o oxigênio. São reagentes com os combustíveis para provocar a combustão. Uma vez que sua concentração é muito baixa, as chamas se extinguem, tornando-se em brasas.

O calor é a energia térmica. Esta energia passa de um corpo com maior temperatura para outro com menor temperatura. O fluxo de energia térmica é que determina o aumento ou a redução de temperatura.

A reação em cadeia foi o último elemento a ser inserido no tetraedro do fogo, porém compõe papel importante no processo de queima.

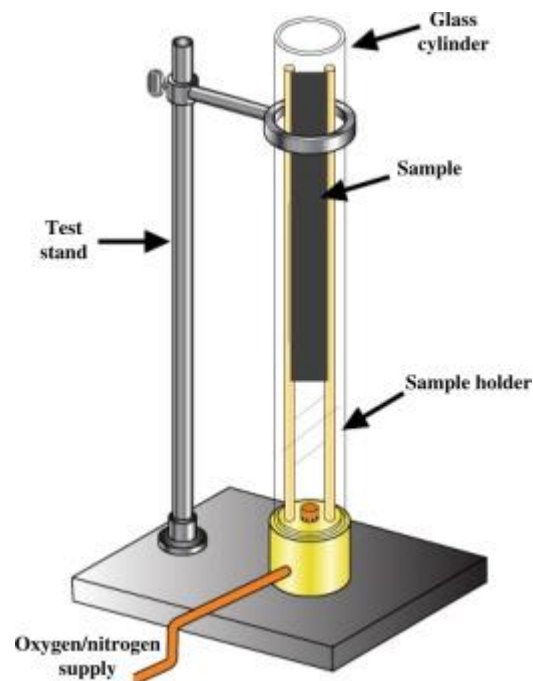
Na reação em cadeia, o calor irradiado das chamas atinge o combustível, este, por sua vez, é decomposto em partículas menores, chamadas radicais livres. Na sequência, esses radicais livres irão se combinar com o oxigênio e queimar, irradiando outra vez calor para o combustível, formando assim um ciclo constante, dando continuidade ao processo de forma sustentável. A combustão, por reação em cadeia e sua propagação relativamente rápida, distingue-se das reações de oxidação mais lentas, como a ferrugem em metais ou o amarelado em papéis, por exemplo. As reações de oxidação lentas não produzem calor suficientemente rápido para chegar a uma ignição e nunca geram calor suficiente para uma reação em cadeia. (SANTA CATARINA, 2023, p. 18)

2.2 LOI (*Limiting Oxygen Index*)

O índice LOI é uma medida quantitativa que indica a flamabilidade dos materiais. É definida pela concentração mínima de oxigênio necessária para sustentar a combustão do material. O LOI é indicado em porcentagem, maiores valores significam uma menor flamabilidade, ou seja, possuem maior resistência a chamas em geral (SHRIVASTAVA, 2018).

A medida é feita com amostras do material a ser analisado, colocado em um sistema específico, como pode ser visto na Figura 5.

Figura 5 - Aparato para teste de LOI.



Fonte: SHRIVASTAVA (2018)

Como explicado por Shrivastava (2018), para realizar os testes, a amostra do material é colocada num cilindro de vidro, o qual possui uma entrada de gases controlada na parte inferior. Com tudo em seu devido lugar, a amostra é incendiada pelo topo do cilindro e então é liberado um fluxo contínuo de oxigênio e nitrogênio pela parte inferior do cilindro para sustentar a chama acesa. Este fluxo é diminuído gradualmente até que a chama se extinga, determinando assim a porcentagem de oxigênio necessária para o material ficar em chamas.

2.3 INSTRUÇÕES NORMATIVAS

No Brasil, o bombeiro militar de cada estado é responsável por descrever as normativas para regularização de espaços comerciais ou em conjuntos habitacionais. De maneira sucinta, as normativas visam padronizar uma série de requisitos e definir métodos de classificação entre os diferentes riscos. As instruções normativas

baseiam-se em Normas Técnicas Brasileiras desenvolvidas pela ABNT (SANTA CATARINA, 2024).

O Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina cita os seguintes sistemas em suas instruções normativas para prevenção e combate a incêndios: sistemas preventivos por extintores, Sistema hidráulico preventivo, Sistema de saída de emergência, Sistema de controle de fumaça, Sistema de iluminação de emergência, Sistema de detecção e alarme de incêndio, sinalização para abandono de local, Sistema de chuveiros automáticos. (SANTA CATARINA, 2024).

2.3.1 Reativos

Reativo é o que faz reagir ou provoca reação, por sua vez, a reação é uma resposta contrária a um estímulo ou ação. No âmbito deste trabalho, equipamentos reativos são reações contrárias ao fogo.

Dentre as normas presentes no estado de Santa Catarina, os equipamentos citados nas normativas operam de maneira reativa. Ao tomarmos, por exemplo, os extintores, para todos os estabelecimentos que possuem circulação de pessoas em área comum, exceto estabelecimentos comerciais com área menor de 50 m², os extintores são obrigatórios. (SANTA CATARINA, 2019)

Sendo os extintores de incêndio os equipamentos mais amplamente utilizados, servem seu propósito, extinguir as chamas. Entretanto, sua utilização é após a chama se acender (SANTA CATARINA, 2025). Demais equipamentos funcionam de maneira similar, como, por exemplo, o sistema de sprinklers ou os alarmes de detecção de incêndio, utilizam da fonte de calor gerada pelo incêndio ou requerem de ação humana para funcionar (SANTA CATARINA, 2025). Em ambos os cenários, o fogo já se iniciou e causou prejuízos a quaisquer materiais presentes no ambiente.

2.4 DISPOSITIVOS IOT

O termo IOT, se refere à *Internet of Things*, ou então, Internet das coisas. O tema não possui definição única, no entanto, segundo Madakam, Ramaswamy e Tripathi (2015), o termo pode ser definido por “Uma rede aberta e abrangente de objetos inteligentes que podem se auto-organizar, compartilhar informações, dados e recursos, reagindo e agindo diante de situações e mudanças no ambiente”.

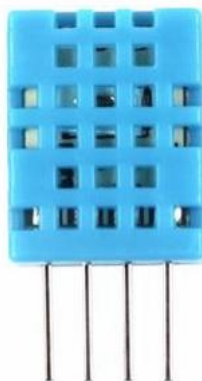
Os dispositivos IOT permitem comunicações entre homem e homem, a comunicação homem e máquina e a comunicação entre máquina e máquina, possibilitando a criação de ecossistemas de sensores. (MADAKAM, RAMASWAMY, TRIPATHI, 2015)

Segundo Calderón et al. (2025), os dispositivos IOT são paradigmas versáteis que permitem a interconexão de dispositivos para a coleta e troca de informações sobre o ambiente no qual estão inseridos.

2.4.1 Sensor DHT11 - Umidade e Temperatura

O sensor DHT11 possui a capacidade de medir a umidade do ar e a temperatura do ambiente no qual se encontra. O componente possui conexão de 4 pinos em linha única e uma estrutura compacta, como pode ser visto na Figura 6.

Figura 6 - Sensor DHT11 - Umidade e Temperatura



Fonte: AOSONG (2017)

Segundo especificações do fabricante (AOSONG, 2017), este sensor possui calibração de fábrica, o que faz com que a integração seja rápida e fácil. Seu pequeno tamanho e baixo consumo energético o torna uma opção acessível e precisa para uma ampla gama de projetos.

Sem a presença de gases ou fumaça, a temperatura considerada segura para o ambiente é de 45 °C. (RUSDI; YANI, 2023)

2.4.2 Sensor MQ-2 - Fumaça e Gases

O sensor MQ-2 é sensível a gases inflamáveis e fumaça. Conforme as especificações presentes na folha de dados distribuídas pela fabricante Zhegzhou (2018), o sensor possui uma capa feita de dióxido de estanho que tem sua condutividade afetada pelos gases e fumaças presentes no ambiente, como pode ser visto na Figura 7.

Figura 7 - Sensor MQ-2 - Fumaça e Gases.



Fonte: WINSEN (2021)

Apesar de não conseguir diferenciar os gases presentes, consegue medir sua concentração e alertar sobre diferentes níveis de gases presentes no ambiente. (ZHEGZHOU, 2018)

Esse sensor necessita de calibragem. Para a medição ser feita da maneira correta, os componentes do sensor passam por um processo de aquecimento e

precisam ficar ligados por um período de 24 a 48 horas em um ambiente arejado, livre de gases para uma medição mais precisa.

Segundo RUSDI e YANI (2023), os níveis de fumaça e gases são considerados perigosos e possuem eminente risco de incêndio ao ultrapassar 700 partes por milhão.

2.4.3 Sensor MQ-7 - Monóxido de Carbono

O sensor MQ-7 é altamente sensível ao monóxido de carbono. Segundo o CETESB (2025), o monóxido de carbono pode ser proveniente de diversas fontes prévias ao fogo, como descargas elétricas ou queimas incompletas de materiais. O sensor possui uma malha de zinco que permite a passagem do monóxido, permitindo uma leitura volumétrica do gás presente no ambiente, como pode ser visto na Figura 8.

Figura 8 - Sensor MQ-7 - Monóxido de Carbono.



Fonte: SENSOR (2025)

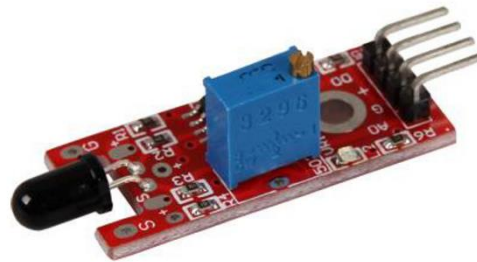
Segundo a fabricante Hanwei, este sensor necessita de calibragem. Para a medição ser feita da maneira correta, os componentes do sensor passam por um processo de aquecimento e precisam ficar ligados por um período de 24 a 48 horas para o funcionamento correto do sensor. (SENSOR, 2025).

Segundo *The National Institute for Occupational Safety and Health* ou NIOSH (2014), os níveis de monóxido de carbono se tornam perigosos a partir de 1.500 partes por milhão.

2.4.4 Sensor KY-026 - Chama, Faísca e Fogo

O sensor KY-026 opera por raios infravermelhos, detectando o espectro de luz criado pelas chamas. O sensor possui um fotodiodo com regulagem de sensibilidade para calibragem, como pode ser visto na Figura 9. (JOY-IT, 2017)

Figura 9 - Sensor KY-026 - Chama, Faísca e Fogo



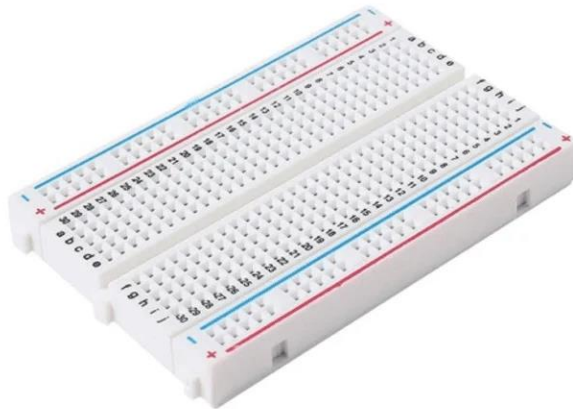
Fonte: JOY-IT (2017)

Para o protótipo proposto neste trabalho, este sensor operou de maneira preventiva. Em casos onde o sistema de detecção prévia falhou, foi notificado aos responsáveis para que medidas cabíveis sejam feitas a fim de minimizar os danos.

2.4.5 Microcontrolador ESP32

O dispositivo chamado de ESP32 consiste um dispositivo para ser utilizado primariamente em uma placa de ensaio, que pode ser vista na Figura 10.

Figura 10 - Placa de ensaio



Fonte: MAKER HERO (2025)

A placa de ensaio é responsável por fazer as conexões entre o microcontrolador e os sensores de maneira a não precisar de solda.

O ESP32 é comercializado em dois modelos, 30 ou 38 pinos. Os pinos são inseridos na placa de ensaio para se conectar com dispositivos adjacentes. Destes pinos, 2 são destinados para a alimentação dos demais dispositivos que serão controlados pelo ESP32, sendo saídas de 3.3 e 5 volts. Outros 2 pinos são destinados para a ligação “terra” (ESPRESSIF, 2025). O microcontrolador já possui Wi-Fi e Bluetooth integrado, como pode ser visto na Figura 11.

Figura 11 - Chip Wi-Fi ESP32



Fonte: MAKER HERO (2025)

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Neste capítulo apresenta a metodologia adotada para a realização da pesquisa, cujo objetivo é investigar a viabilidade e a relevância de um sistema de prevenção de incêndios voltado à indústria têxtil. O estudo segue uma abordagem quantitativa e qualitativa, empregando um questionário estruturado como principal instrumento de coleta de dados, além de uma revisão bibliográfica e documental sobre o tema.

3.1 CARACTERIZAÇÕES DA PESQUISA

A pesquisa segue uma abordagem aplicada, ao buscar propor uma solução tecnológica para um problema real da indústria têxtil. Segundo Gil (2019), a pesquisa aplicada objetiva gerar conhecimentos que possam ser utilizados na prática, contribuindo para a solução de problemas específicos.

A metodologia utilizada combina técnicas exploratórias e descritivas. A pesquisa exploratória é empregada para obter uma compreensão aprofundada dos riscos de incêndio na indústria têxtil e das tecnologias disponíveis para mitigá-los. De acordo com Vergara (2020), a pesquisa exploratória é indicada quando o problema investigado ainda não está completamente delimitado, permitindo a formulação de hipóteses e diretrizes para estudos futuros. Já a pesquisa descritiva busca quantificar a percepção dos profissionais da área sobre a importância de um sistema de monitoramento de incêndios. Segundo Marconi e Lakatos (2021), a pesquisa descritiva pretende caracterizar um fenômeno e estabelecer relações entre suas variáveis.

3.2 TÉCNICA DE COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada por meio de um questionário estruturado, desenvolvido e aplicado via Google Forms. O questionário continha perguntas fechadas e abertas, abordando aspectos como:

- Setor de atuação da empresa;
- Materiais armazenados e utilizados;
- Existência de planos de ação contra incêndios;
- Impacto financeiro e operacional de um incêndio;
- Métodos atuais de monitoramento de riscos;
- Disposição para investir em um sistema de prevenção de incêndios.

Além da pesquisa de campo, foi realizada uma revisão bibliográfica baseada na análise de artigos científicos, normas técnicas e relatórios especializados sobre incêndios industriais e segurança contra incêndios. Segundo Bardin (2022), a revisão bibliográfica é essencial para compreender o estado da arte sobre determinado tema e fundamentar teoricamente a pesquisa.

3.3 PROCEDIMENTOS DE APLICAÇÃO

O questionário foi aplicado de forma online, garantindo acessibilidade e praticidade aos participantes. O link do formulário foi divulgado por e-mails, redes sociais e contatos diretos no setor têxtil. Os participantes foram informados sobre a finalidade acadêmica da pesquisa e a confidencialidade dos dados, conforme preconizado por Creswell (2022), que destaca a importância da transparência e do respeito à ética na pesquisa científica.

3.4 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados coletados foram analisados quantitativamente por meio de estatística descritiva, com tabulação e categorização das respostas. Gráficos e tabelas foram elaborados para apresentar os resultados de forma clara e objetiva. Para as questões abertas, utilizou-se a técnica de análise de conteúdo, conforme proposta por Bardin (2022), permitindo identificar padrões e correlações entre as respostas.

A interpretação dos dados possibilitou avaliar a viabilidade do sistema proposto e compreender a percepção dos profissionais da indústria têxtil sobre a necessidade de soluções inovadoras para prevenção de incêndios. Essa análise fundamenta a proposta e o desenvolvimento da tecnologia sugerida neste estudo.

4 CONTEXTUALIZAÇÃO E RESULTADOS

Neste capítulo, serão apresentados os resultados da investigação, englobando a análise, interpretação e discussões referentes aos recentes dados coletados.

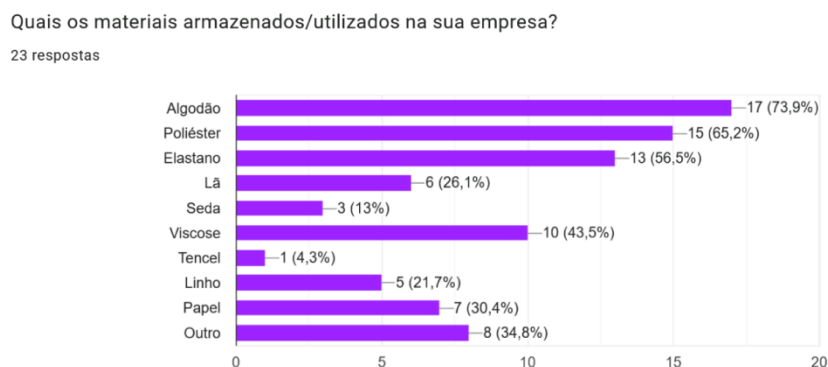
4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Para a realização deste trabalho, foi aplicado um questionário com perguntas relacionadas ao ambiente industrial têxtil e as empresas de nossos entrevistados. O objetivo do questionário foi compreender o risco ao qual as empresas estão expostas e verificar as expectativas do grupo ao mencionar prevenção de incêndios. Também realizamos uma série de testes práticos em ambiente controlado para coleta de dados e teste dos sensores utilizados.

4.2 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

A Figura 12 mostra os materiais predominantes dentre as empresas as quais recebemos respostas de seus colaboradores.

Figura 12 - Materiais predominantes na indústria têxtil



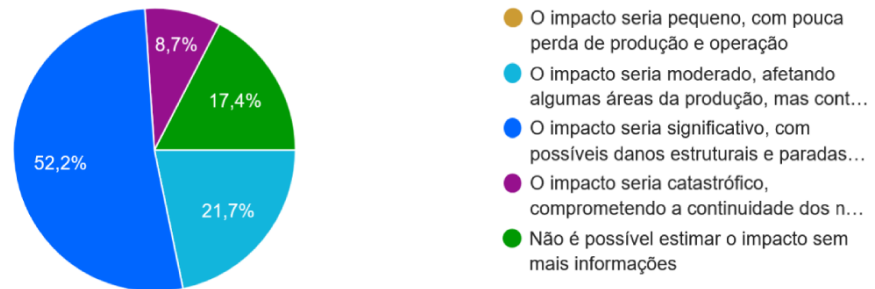
Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

A Figura 13 apresenta uma estimativa do impacto que um incêndio com duas horas de duração causaria na empresa.

Figura 13 - Estimativa de impacto

Em caso de incêndio com 2 horas de duração, qual seria o impacto financeiro e operacional para sua empresa?

23 respostas



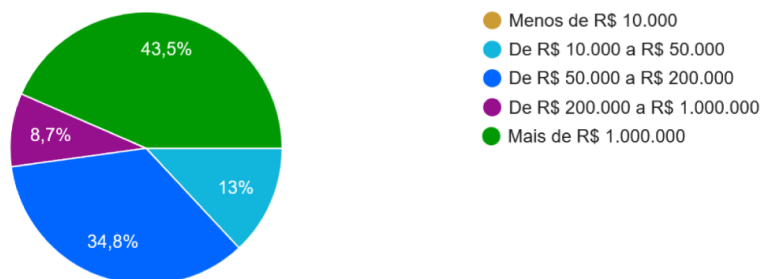
Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

A Figura 14 procura expressar o impacto que a interrupção das operações causariam no faturamento da empresa.

Figura 14 - Estimativa de prejuízo no faturamento

Qual o valor estimado de prejuízo financeiro que sua empresa enfrentaria se as operações fossem interrompidas durante um mês por causa de um incêndio?

23 respostas

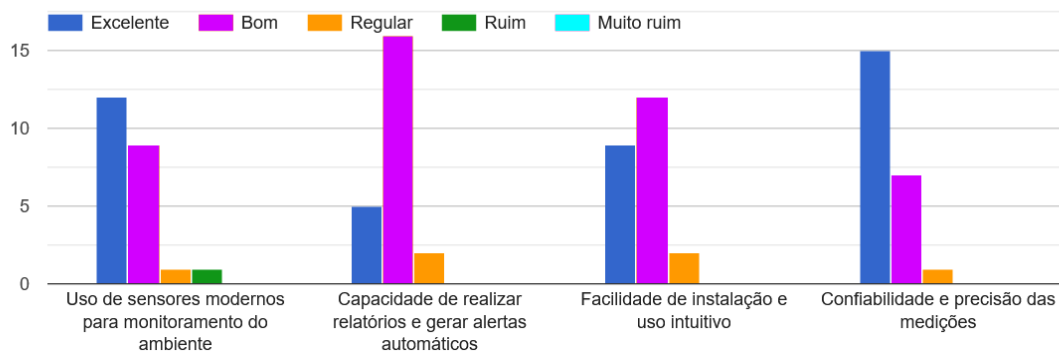


Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

A Figura 15 procura uma visão de negócios sobre as preferências das empresas entre questões técnicas e de aplicação.

Figura 15 - Preferências técnicas

Por um sistema de prevenção de incêndios, quais características são mais importantes para sua empresa?

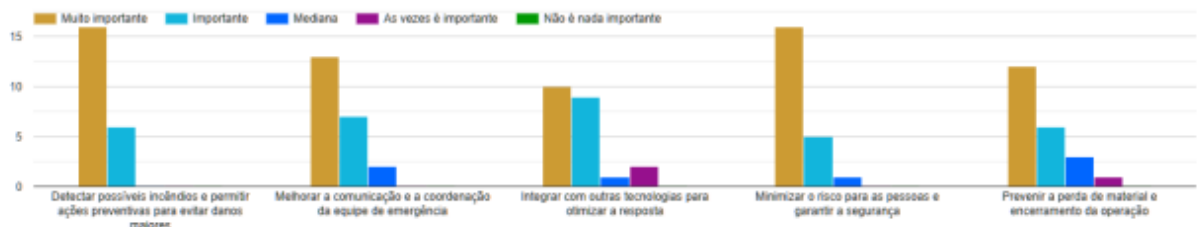


Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Na Figura 16 temos os benefícios esperados pelos entrevistados ao instalar um sistema de prevenção de incêndios.

Figura 16 - Benefícios esperados

Em sua opinião, qual é o benefício principal de um sistema de prevenção de incêndios?



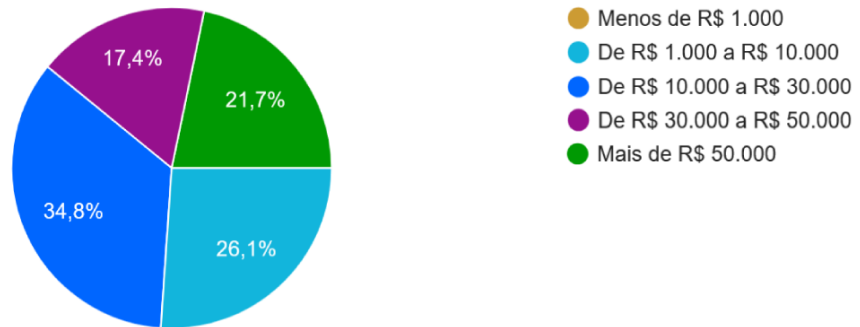
Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Com a Figura 17 é possível notar a expectativa de preços por parte dos entrevistados para um sistema semelhante ao protótipo apresentado.

Figura 17 - Expectativas de preço

Em um sistema como esse, qual seria o valor que você estaria disposto a investir na prevenção de incêndios?

23 respostas



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

4.3 ANÁLISE CRÍTICA DOS RESULTADOS

A análise dos resultados obtidos por meio da aplicação do questionário demonstra uma realidade preocupante no setor têxtil quanto à prevenção de incêndios. A maioria das empresas participantes relatou utilizar, predominantemente, materiais altamente inflamáveis, como algodão e poliéster, o que potencializa os riscos de sinistros. Além disso, os dados evidenciam que, apesar da consciência quanto aos prejuízos que um incêndio pode causar, muitas organizações ainda não possuem sistemas de monitoramento preventivo ou planos de ação bem estruturados.

Outro ponto relevante identificado foi a significativa preocupação das empresas em relação ao impacto financeiro e operacional que um incêndio de média ou grande proporção pode gerar. Os gráficos apontam que um evento com duração de apenas duas horas já seria suficiente para causar danos consideráveis ao faturamento, podendo comprometer a continuidade das operações.

Os entrevistados também demonstraram grande interesse na adoção de tecnologias proativas, como o protótipo proposto, evidenciado pelas respostas que destacaram a precisão na detecção, a velocidade de resposta e a confiabilidade como principais fatores decisivos para a escolha de um sistema de prevenção. A maioria

das empresas indicou disposição para investir em soluções desse tipo, desde que o custo seja compatível com os benefícios oferecidos.

No entanto, os resultados também apontaram desafios para a implementação da solução, como o alto custo inicial, a dificuldade de integração com sistemas já existentes e a necessidade de capacitação das equipes. Esses obstáculos reforçam a importância de que o projeto busque um equilíbrio entre eficiência tecnológica e viabilidade econômica.

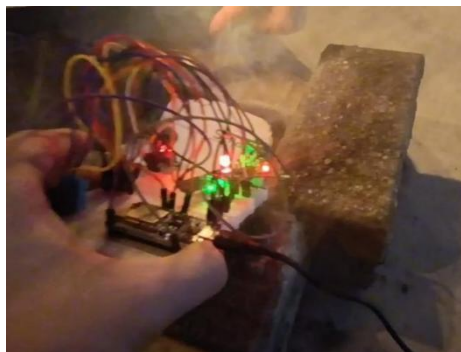
Em síntese, a pesquisa de campo confirmou a relevância e a necessidade de soluções inovadoras e preventivas para o controle de incêndios na indústria têxtil. A partir dos dados analisados, conclui-se que o protótipo proposto atende às expectativas dos entrevistados, sendo uma alternativa viável para reduzir riscos e minimizar perdas futuras.

4.4 RESULTADO DOS TESTES EXPERIMENTAIS

Para validar a efetividade do sistema proposto, foram realizados dois testes experimentais em ambiente controlado, com o objetivo de verificar a capacidade de detecção de risco por parte dos sensores e a coerência do sistema quanto à classificação de alerta.

O primeiro teste ocorreu no dia 20/05/2025, com foco na verificação da integração entre os sensores de monóxido de carbono (MQ-7), de chama (KY-026) e de temperatura (DHT11). Foi simulada uma situação crítica com emissão de gás e presença de chama, como pode ser visto na Figura 18.

Figura 18 - Primeiro Teste Prático



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

O teste registrou temperatura de 49,35 °C, níveis de monóxido de carbono acima do limite seguro e eventualmente o sinal de chama. A classificação do sistema para o evento foi de “Perigoso”, sendo o maior nível de alerta do sistema.

O sistema reagiu conforme o esperado, acionando o estado “Perigoso” e demonstrando plena comunicação entre os sensores e a interface de exibição. Esse teste validou o funcionamento correto da lógica de risco.

O segundo teste foi realizado no dia 10/06/2025, com foco na verificação da interpretação de risco a partir da leitura do sensor MQ-2 (fumaça). A fumaça foi gerada a partir do aquecimento de algodão, e o ambiente monitorado quanto à variação dos dados, como pode ser visto na Figura 19.

Figura 19 - Segundo Teste Prático



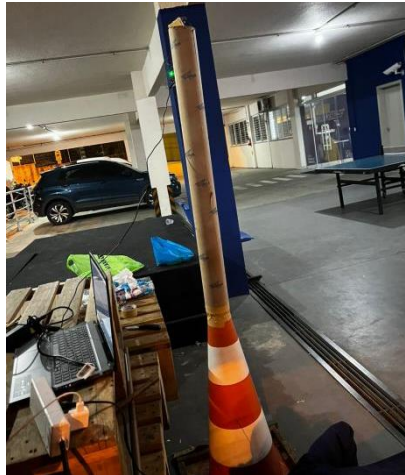
Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Com ênfase no teste de gases e fumaça, nem todos os parâmetros foram atingidos para que o sistema disparasse o alerta máximo. Foi registrado temperaturas de 26,60 °C e níveis de gases e fumaça acima de 700 partes por milhão.

Neste caso, o sensor identificou corretamente a fumaça acima do limite. A temperatura permaneceu abaixo do nível crítico e chamas não foram detectadas, resultando em uma classificação intermediária. O sistema funcionou, corretamente, porém ainda com tempo de resposta a melhorar, o que foi atribuído a calibragem do sensor e ajustado posteriormente.

O terceiro teste foi realizado no dia 24/06 para testar o posicionamento do sensor em pontos de exaustão. Assim como no segundo teste, a fumaça foi gerada a partir do aquecimento de algodão. A fonte de fumaça foi colocada abaixo de um cone para afunilamento dos gases e exaustão por um tubo comprido, como pode ser visto na Figura 20.

Figura 20 - Terceiro Teste Prático



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Os testes mostraram que o sistema é eficaz em detectar situações reais de risco com tempo de resposta adequado. No entanto, também demonstraram a importância da calibração dos sensores e da sincronização da lógica condicional. A experiência obtida com os testes servirá de base para melhorias no algoritmo de classificação e no refinamento da lógica de risco.

5 PROPOSIÇÃO DO PROTÓTIPO DE MONITORAMENTO IOT PARA DETECÇÃO E PREVENÇÃO DE INCÊNDIOS

A partir da análise dos dados coletados com empresas do setor têxtil e da fundamentação teórica estudada, foi possível identificar os principais requisitos funcionais e técnicos para a construção do protótipo proposto. Considerando as particularidades desse ambiente industrial, como a alta inflamabilidade dos materiais e a velocidade com que o fogo pode se propagar, definiu-se uma solução baseada em sensores e conectividade inteligente. A versão final do protótipo permitiu validar as funcionalidades essenciais para um sistema preventivo, com resultados positivos quanto à sua aplicabilidade e eficiência no monitoramento contínuo.

5.1 PROPOSIÇÃO

O protótipo de sistema de monitoramento IoT para prevenção de incêndios é composto por um microcontrolador ESP32 conectado a sensores capazes de detectar temperatura, umidade, fumaça, monóxido de carbono e chamas. Esses sensores operam de forma integrada e contínua, monitorando as condições ambientais de áreas críticas da indústria têxtil. Os códigos que estão em execução nos sensores podem ser vistos nas figuras 21 e 22.

Figura 21 - Rotina de Leitura dos Sensores

```

// == Loop principal ==
void loop() {
  if (!clienteMQTT.connected()) reconnectMQTT();
  clienteMQTT.loop();

  digitalWrite(PINO_LED_PLACA, HIGH);
  delay(100);
  digitalWrite(PINO_LED_PLACA, LOW);

  // --- MQ-2 ---
  soma2 -= leiturasMQ2[idx2];
  leiturasMQ2[idx2] = analogRead(PINO_MQ2);
  soma2 += leiturasMQ2[idx2];
  idx2 = (idx2 + 1) % NUM_AMOSTRAS;
  float media2 = soma2 / NUM_AMOSTRAS;
  float v2 = media2 * (3.3 / 4095.0); // ESP32: 12 bits, 3.3V
  float Rs2 = (3.3 - v2) / v2 * RESISTENCIA_CARGA; // Rs = (Vc/Vr1 - 1) * RL
  float ratio2 = Rs2 / Ro2;
  float ppm2 = calcularPPM_MQ2(ratio2);

  // --- MQ-7 ---
  soma7 -= leiturasMQ7[idx7];
  leiturasMQ7[idx7] = analogRead(PINO_MQ7);
  soma7 += leiturasMQ7[idx7];
  idx7 = (idx7 + 1) % NUM_AMOSTRAS;
  float media7 = soma7 / NUM_AMOSTRAS;
  float v7 = media7 * (3.3 / 4095.0);
  float Rs7 = (3.3 - v7) / v7 * RESISTENCIA_CARGA;
  float ratio7 = Rs7 / Ro7;
  float ppm7 = calcularPPM_MQ7(ratio7);

  // --- Outros sensores ---
  bool chamaDetectada = digitalRead(PINO_CHAMA) == LOW;
  float umidade = dht.readHumidity();
  float temperatura = dht.readTemperature();

  Serial.printf("MQ-2: %.2f ppm | MQ-7(CO): %.2f ppm\n", ppm2, ppm7);
  Serial.println(chamaDetectada ? "Chama detectada!" : "Sem chama.");
  Serial.printf("Temp: %.1f °C | Umid: %.1f %%\n", temperatura, umidade);

  enviarParaMQTT(ppm2, ppm7, chamaDetectada, temperatura, umidade);
  delay(INTERVALO_LEITURA_MS);
}

```

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Figura 22 - Rotina de Cálculo e Envio dos Sensores

```

// == Cálculo de PPM ==
float calcularPPM_MQ2(float ratio) {
  const float m = -0.47;
  const float b = 1.95;
  return pow(10, (log10(ratio) - b) / m); // curva MQ-2 p/ GLP @filecite@turn@file1@
}

float calcularPPM_MQ7(float ratio) {
  // coeficientes aproximados para MQ-7 (CO) a partir da Fig.1:
  const float m = -0.77;
  const float b = 2.02;
  return pow(10, (log10(ratio) - b) / m); // curva MQ-7 CO @filecite@turn@file0@
}

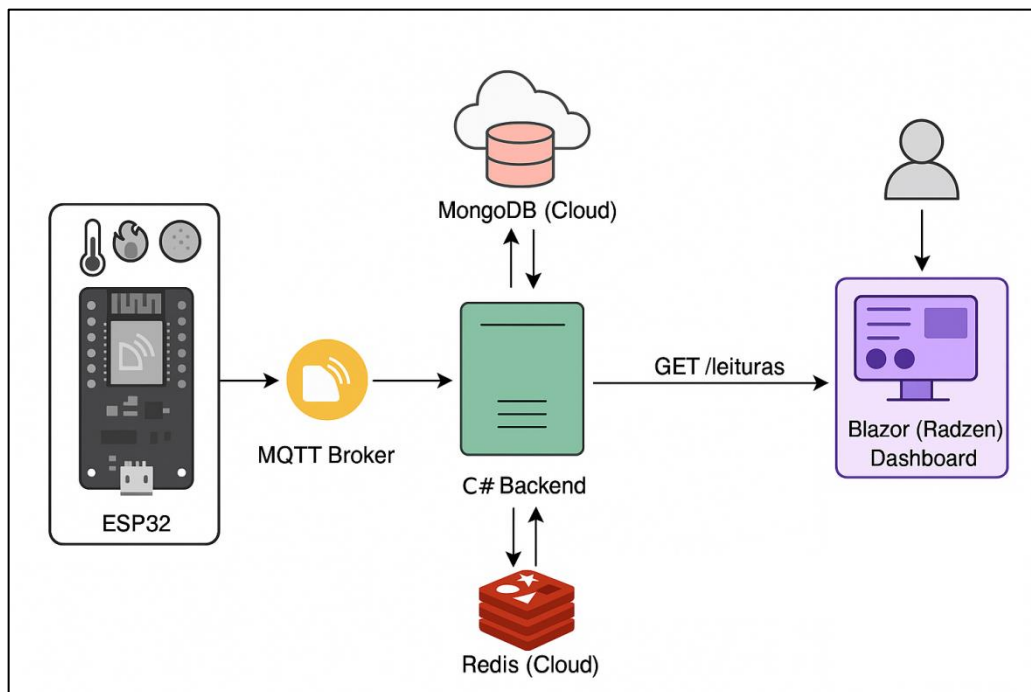
// == Envio MQTT ==
void enviarParaMQTT(float ppm2, float ppm7, bool chama, float temp, float hum) {
  StaticJsonDocument<256> doc;
  doc["ppm_MQ2"] = ppm2;
  doc["ppm_CO_MQ7"] = ppm7;
  doc["chama"] = chama;
  doc["temperatura"] = temp;
  doc["umidade"] = hum;
  char buf[256]; serializeJson(doc, buf);
  clienteMQTT.publish("sensor/valores", buf);
}

```

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

As informações coletadas são transmitidas por meio do protocolo MQTT a um servidor intermediário (*broker*), que se encarrega de repassar os dados para uma aplicação híbrida desenvolvida em Blazor que distribui para o banco de dados. Essa aplicação apresenta, em tempo real, as leituras dos sensores em um painel visual e envia alertas automáticos sempre que os parâmetros indicarem risco potencial de incêndio. O sistema classifica os níveis de risco em três categorias: seguro, em alerta e perigoso, conforme valores de referência pré-estabelecidos. O diagrama de comunicação pode ser visualizado na Figura 23.

Figura 23 - Diagrama de Comunicação



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Após a transmissão de dados via servidor MQTT, ela é interpretada pela aplicação C# que está ativamente escutando os dados enviados pelos sensores. Os dados recebidos são enviados para a rotina de verificação de risco, como pode ser visto na Figura 24.

Figura 24 - Rotina de Verificação de Risco

```

private void VerificarRiscoPerigo(Valores valores)
{
    // Referência: https://pubs.sip.org/sip/acp/article-abstract/2431/1/090004/2906139/Home-fire-early-warning-system-using-flame-smoke
    NotificationSeverity riscoPerigo = NotificationSeverity.Info;
    bool temPerigo = false;
    const string Icon = "dangerous";

    if (valores.chamaDetectada)
    {
        temPerigo = true;
        riscoPerigo = NotificationSeverity.Error;

        AddIfNotExists(new Alerta(Variant.Filled, AlertStyle.Danger, AlertSize.Large, Shade.Default, IconFogo, "Fogo detectado.", AlertLevel.Fire));
    }
    if (valores.Co2 >= dangerParameters.Co2)
    {
        temPerigo = true;
        riscoPerigo = NotificationSeverity.Error;

        AddIfNotExists(new Alerta(Variant.Filled, AlertStyle.Danger, AlertSize.Large, Shade.Default, IconCo2, "Monóxido de carbono detectado.", AlertLevel.Co2));
    }
    if (valores.temperatura > dangerParameters.Medio.Temperatura || valores.ppm_MQ2 > dangerParameters.Medio.Ppm && !valores.chamaDetectada)
    {
        temPerigo = true;
        riscoPerigo = NotificationSeverity.Warning;

        AddIfNotExists(new Alerta(Variant.Filled, AlertStyle.Warning, AlertSize.Large, Shade.Default, Icon, "Ambiente em potencial risco, verifique.", AlertLevel.Warning));
    }
    else if (valores.temperatura > dangerParameters.Alto.Temperatura || valores.ppm_MQ2 > dangerParameters.Alto.Ppm && valores.chamaDetectada)
    {
        temPerigo = true;
        riscoPerigo = NotificationSeverity.Error;

        AddIfNotExists(new Alerta(Variant.Filled, AlertStyle.Danger, AlertSize.Large, Shade.Default, Icon, "Alto risco de incêndio, verifique imediatamente.", AlertLevel.Danger));
    }

    if (temPerigo)
    {
        NotificationService.Notify(new NotificationMessage
        {
            Severity = riscoPerigo,
            Summary = "Perigo",
            Detail = "Ambiente fora do normal",
            Duration = 4000,
            CloseOnClick = true,
            Style = "position: fixed; top: 1rem; left: 1rem; z-index: 9999;"
        });
    }
}

```

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Subsequente a avaliação de risco dos dados recebidos, os valores são enviados para a tela e armazenados no banco de dados.

A principal finalidade do protótipo é atuar de forma preventiva, identificando situações de risco antes que se transformem em incêndios efetivos, possibilitando ações imediatas por parte da equipe responsável. Com isso, pretende-se reduzir perdas materiais, preservar vidas e aumentar a eficiência das medidas de segurança industrial, oferecendo uma solução acessível e adaptável a diferentes realidades do setor produtivo.

5.1.1 Tecnologias Utilizadas

A programação dos sensores e do microcontrolador ESP32 é feita em C++. Utilizamos da Arduino IDE para desenvolver os códigos. Este ambiente de desenvolvimento de código-aberto e está disponível gratuitamente no site da desenvolvedora e também no GitHub. O software oferece funções de autocompletar e depurador em tempo de execução para agilizar a produção. (ARDUINO, 2025)

O desenvolvimento da parte visual do projeto foi realizada em C# com o *framework* Blazor da Microsoft para o ambiente de desenvolvimento Visual Studio. Esta estruturação de projeto integra o modelo da linguagem de programação C# e injeta-o juntamente a um *front-end* com saída em HTML, sendo assim um modelo de projeto híbrido, gerando assim uma aplicação de navegador e um *back-end* para máquinas de mesa. Por gerar uma aplicação para navegador, o resultado a partir deste *framework* pode ser utilizado em qualquer dispositivo. (MICROSOFT, 2025).

Para a comunicação entre o ESP32 e a interface de usuário, foi utilizado do protocolo de comunicação MQTT. Para que este modelo de comunicação funcione, é utilizado um software intermediário que trata do correto envio e recebimento das mensagens. Foi utilizado o Eclipse Mosquitto, intermediário MQTT de código aberto e livre distribuição. Para visualização das mensagens que transitam entre o dispositivo e o servidor de mensageria, foi utilizado o MQTT Explorer, aplicação também de código aberto, disponível para baixar no site oficial e também na plataforma GitHub.

Para persistência dos dados de leitura, foi utilizado um banco de dados não relacional orientado a documentos situado na nuvem. O serviço que melhor atendeu os parâmetros necessários foi o MongoDB, sendo responsável pelo armazenamento das leituras realizadas pelos sensores.

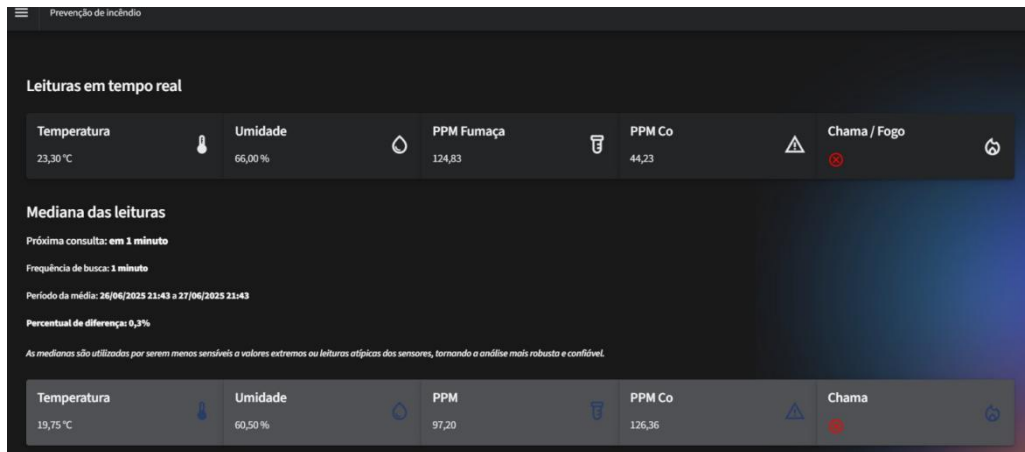
Além do MongoDB, foi utilizado um segundo banco para armazenar registros mais recentes, diminuindo o tempo de leitura, assim agilizando a aplicação. Com prioridade em velocidade, foi utilizado de um banco de dados não relacional distribuído em chave-valor também disponível em nuvem, Redis.

5.1.2 Demonstração do Sistema

Ao conectar corretamente o dispositivo a internet, inicia-se a comunicação do dispositivo com a aplicação. O site atualiza em tempo real as informações com base nos dados enviados pelo sensor.

A tela inicial possui a função de monitorar os resultados em tempo real, tendo acesso as leituras mais recentes do dispositivo, inclusive para as leituras em tempo real, como pode ser visto na Figura 25.

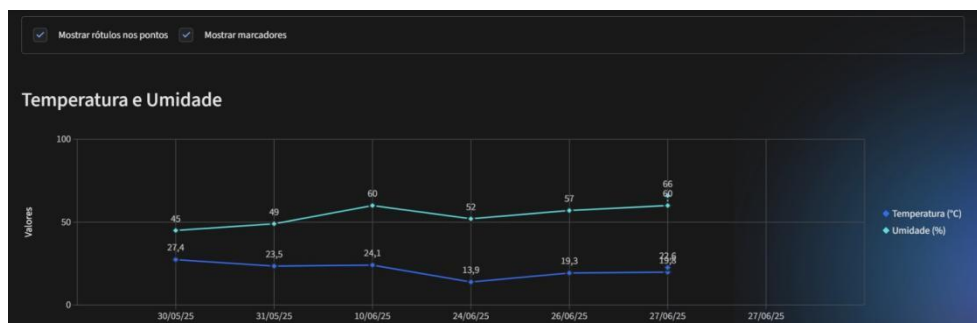
Figura 25 - Tela inicial



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

O sistema possui uma tela dedicada a mostrar o histórico de leituras em formato de gráficos, desta maneira facilitando a identificação de pontos que divergem as condições normais e monitorar as leituras e o tempo no qual ocorreram, como pode ser visto na Figura 26.

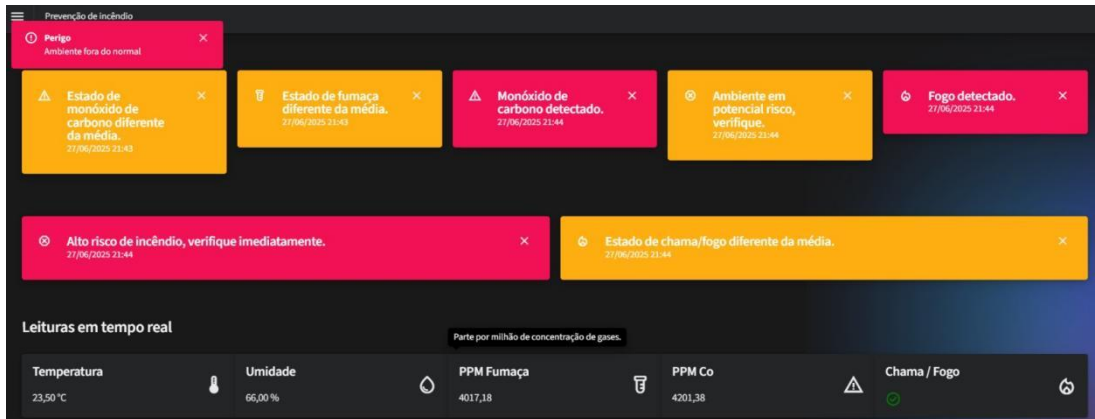
Figura 26 - Tela de gráficos



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

O sistema possui 3 níveis de estado, sendo eles: normal, em alerta e em perigo. Enquanto as leituras não alcançam os parâmetros para alterar o estado da aplicação, nenhuma mensagem é mostrada na tela, no entanto ao subir aos níveis de alerta e perigo, uma notificação é enviada ao usuário, identificadas por cores, como pode ser visto na Figura 27.

Figura 27 - Exemplo de alertas



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

5.1.3 Custos

A seguir, apresenta-se a estimativa de custo dos principais componentes utilizados no desenvolvimento do protótipo de monitoramento IoT para detecção e prevenção de incêndios. Os valores referem-se a preços médios praticados no mercado nacional, considerando fornecedores online acessíveis para aquisição individual, como pode ser visto no Figura 28.

Figura 28 - Estimativa de Custo Para Mínimo Viável

Componente	Descrição	Valor (R\$)
Sensor MQ-7	Detecção de monóxido de carbono	R\$ 40,99
Sensor MQ-2	Detecção de fumaça e gases inflamáveis	R\$ 17,90
Sensor DHT11	Medição de temperatura e umidade	R\$ 22,03
Sensor KY-026	Detecção de chamas	R\$ 12,00
Microcontrolador ESP32	Processamento e comunicação Wi-Fi/BLE	R\$ 45,50
Protoboard e cabos	Conexões e montagem do circuito	R\$ 36,50
Total estimado		R\$174,92

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Este valor representa o custo básico de hardware necessário para a montagem e funcionamento do protótipo. Com foco em acessibilidade e viabilidade de aplicação

no ambiente industrial, todos os componentes foram escolhidos com base em seu bom desempenho, ampla documentação técnica e custo reduzido.

Cabe destacar que, para uma versão comercial ou industrial do sistema, outros elementos podem ser incorporados, como estrutura física reforçada, encapsulamento dos sensores, fonte de alimentação dedicada, sistemas de backup e integração com plataformas de nuvem para análise de dados. Ainda assim, o valor final do protótipo demonstra que é possível desenvolver uma solução tecnológica eficiente, preventiva e de baixo custo, o que favorece sua adoção em diferentes contextos da indústria têxtil.

6 CONCLUSÃO

Através deste trabalho, foi identificado um deficit na prevenção ativa de incêndios na indústria têxtil, setor altamente vulnerável a acidentes devido à presença de materiais inflamáveis e à limitação dos métodos de combate convencionais, que atuam apenas após o início do fogo. Os impactos desses eventos vão além dos danos materiais, podendo comprometer a continuidade operacional, gerar prejuízos financeiros elevados e colocar vidas humanas em risco.

Para atender ao objetivo geral, foi proposto um sistema de monitoramento inteligente utilizando sensores integrados a um microcontrolador ESP32, capazes de identificar anomalias no ambiente, como aumento de temperatura, presença de gases tóxicos e chamas, emitindo alertas em tempo real via plataforma web. A comunicação entre os componentes foi feita por protocolo MQTT, garantindo baixo custo e alta eficiência de resposta.

Para atingir o objetivo específico A, foram realizadas pesquisas sobre as principais causas de incêndios industriais e os riscos específicos da indústria têxtil, além da análise de normas técnicas e dispositivos reativos já utilizados no Brasil.

Para atender ao objetivo específico B, o protótipo foi desenvolvido utilizando sensores acessíveis como o DHT11, MQ-2, MQ-7 e KY-026, conectados a uma protoboard com o microcontrolador ESP32, totalizando um custo estimado de R\$ 174,92. Essa escolha visou garantir um sistema economicamente viável para pequenas e médias empresas.

Por fim, para cumprir o objetivo específico C, o sistema foi validado por meio de testes experimentais, simulando cenários de risco, como emissão de CO, aumento de temperatura e detecção de chamas. Os resultados indicaram respostas corretas na maioria dos casos, embora tenham sido identificados pontos de melhoria na calibragem dos sensores.

Além disso, foi realizada uma pesquisa com profissionais da indústria, onde a maioria demonstrou interesse em adotar soluções preventivas como a proposta, reforçando a relevância e a aplicabilidade do sistema. Esses dados reforçam que o monitoramento proativo, baseado em IoT, pode representar um avanço significativo nas estratégias de segurança industrial, contribuindo para a preservação de vidas, do patrimônio e para a continuidade das operações nas empresas do setor.

REFERÊNCIAS

- ARDUINO. Arduino IDE 2.3.6. 2025. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/software/>. Acesso em 06 de junho de 2025.
- AOSONG. 温湿度模块. 2017. Disponível em: <http://www.aosong.com/Products/info.aspx?lcid=1&proid=40>. Acesso em: 08 de maio de 2025.
- BARDIN, Laurence. **ANÁLISE DE CONTEÚDO**. Lisboa: Edições 70, 1977.
- CALDERÓN, José Alfonso Aguilar et al. Enhancing Sustainable IoT Systems Through a Goal-Oriented Requirements Analysis Framework. Applied Sciences, [S.L.], v. 15, n. 11, p. 5826, 22 maio 2025. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/app15115826>.
- CETESB. **Monóxido de carbono**. Fevereiro 2022. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2022/02/Monoxido-de-Carbono.pdf>. Acesso em: 09 de maio de 2025.
- CRESWELL, John W.; CRESWELL, J. David. **Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches Fifth Edition**. Los Angeles: Sage, 2018. 388 p.
- DIGISENSOR EXPLOSION AND FIRE (São Paulo). **Incêndios em indústrias têxteis: por que são comuns e o que fazer para evitá-lo**. Disponível em: <https://www.digisensor.com.br/incendios-em-industrias-texteis-por-que-sao-comuns-e-o-que-fazer-para-evita-los/>. Acesso em: 28 mar. 2025.
- ESPRESSIF. ESP32: **Technical Reference Manual**. 23 de maio 2025 Disponível em: https://www.espressif.com/en/support/documents/technical-documents?keys=&field_type_tid%5B%5D=492. Acessado em 06 de junho de 2025.
- ESPRESSIF. ESP32: **Datasheet**. 14 de abril 2025 Disponível em: https://www.espressif.com/en/support/documents/technical-documents?keys=&field_type_tid%5B%5D=492. Acessado em 06 de junho de 2025.
- GIL, Antonio Carlos. **MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA SOCIAL**. 6. ed. São Paulo: Atlas S.A, 2008. 200 p. CD-ROM.
- GLOBO RURAL. **Incêndio em fazenda de algodão causa perda de R\$ 18 milhões em MT**. Disponível em:

<https://globo rural.globo.com/Noticias/Agricultura/Algodao/noticia/2020/08/incendio-em-fazenda-de-algodao-causa-perda-de-r-18-milhoes-em-mt.html>. Acesso em: 14 mar. 2025.

HANWEI. **MQ-7 Semiconductor Sensor for Carbon Monoxide**. 2025. Disponível em: <https://www.pololu.com/file/0j313/mq7.pdf>. Acesso em: 09 de maio de 2025.

JOY-IT. **KY-026 Flame-sensor module**. 2017. Disponível em: <https://moviltronics.com/wp-content/uploads/2019/10/KY-026.pdf>. Acesso em: 09 de maio de 2025.

LUPI, Rafael Sousa. **Sistema baseado em comunicação LoRa e aplicativo para monitoramento e prevenção de incêndio em armazéns com algodão**. BS thesis. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2024. Disponível em: <https://riut.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/34006>. Acesso em: 20 mar. 2025.

MADAKAM, Somayya; RAMASWAMY, R.; TRIPATHI, Siddharth. **Internet of Things (IoT): a literature review**. Mumbai, p. 1-1. maio 2015. Disponível em: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=56616>. Acesso em: 24 abr. 2025.

MAKER HERO. Como funciona uma protoboard. 2025. Disponível em: <https://www.makerhero.com/blog/como-funciona-uma-protoboard/>. Acesso em: 06 de junho de 2025.

MAKER HERO. Placa ESP32 Bluetooth. 2025. Disponível em: <https://www.makerhero.com/produto/modulo-wifi-esp32-bluetooth/>. Acesso em: 06 de junho de 2025.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Marina. **FUNDAMENTOS DE METODOLOGIA CIENTÍFICA**. 5. ed. São Paulo: Atlas S.A, 2003. 311 p.

MICROSOFT. Blazor. 2025. Disponível em: <https://dotnet.microsoft.com/pt-br/apps/aspnet/web-apps/blazor>. Acesso em: 06 de junho de 2025.

NIOSH. *The National Institute for Occupational Safety and Health*. **Carbon Monoxide**. 1 de dezembro de 2014. Disponível em: https://www.cdc.gov/niosh/idlh/630080.html?utm_source=chatgpt.com#print. Acesso em: 26 de junho de 2025.

RUSDI Muhammad; YANI, Achmad. **Home fire early warning system using flame, smoke and temperature sensors based on IoT (Internet of Things)**. 8 de agosto de 2023. Disponível em: <https://pubs.aip.org/aip/acp/article->

abstract/2431/1/090004/2906139/Home-fire-early-warning-system-using-flame-smoke. Acesso em: 05 de junho de 2025.

SANTA CATARINA, Corpo de Bombeiros Militar. **IN1 - parte 1 - PROCEDIMENTOS ADMINISTRATIVOS PROCESSOS GERAIS DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO E PÂNICO**. 24 de abril de 2024. Disponível em: <https://documentoscbmsc.cbm.sc.gov.br/uploads/adfd8f664673ae1aa04792c18dd2e178.pdf>. Acesso em: 12 de maio de 2025.

SANTA CATARINA, Corpo de Bombeiros Militar. **Visita da diretoria de segurança contra incêndio e pânico em balneário**. 2025. Disponível em: <https://www.cbm.sc.gov.br/index.php/blog-de-noticias/visita-da-diretoria-de-seguranca-contraincendio-e-panico-a-balneario-camboriu?highlight=WyJzchJpbmmtsZXliXQ==>. Acesso em: 16 de maio de 2025.

SANTA CATARINA, Corpo de Bombeiros Militar. **Incêndio em edificação**. 2025. Disponível em: <https://www.cbm.sc.gov.br/index.php/dicas-de-prevencao/incendio-em-edificacao>. Acesso em: 16 de maio de 2025.

SANTA CATARINA, Corpo de Bombeiros. **NORMAS DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS: INSTRUÇÃO NORMATIVA (IN 001/DAT/CBMSC) DA ATIVIDADE TÉCNICA**. 11 de julho de 2019. Disponível em: <https://documentoscbmsc.cbm.sc.gov.br/uploads/4b140d13ba6ae82fa87647188320d5c6.pdf>. Acesso em: 16 de maio de 2025.

SANTA CATARINA, Corbo de Bombeiros Militar. **INTRODUÇÃO À INVESTIGAÇÃO DE INCÊNDIO: causas de incêndio**. Florianópolis: Cbmmsc, 2023. 32 p. Disponível em: https://www.cbm.sc.gov.br/images/Menu_DIE/Biblioteca/MANUAL_Investigacao_ince ndio.pdf. Acesso em: 14 mar. 2025.

SANTA CATARINA, Corbo de Bombeiros Militar. **A HISTÓRIA DA SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO NO CBMSC**. 2024. Disponível em: <https://www.cbm.sc.gov.br/index.php/sci/apresentacao-sci>. Acesso em: 14 mar. 2025

SENSOR de Gas MQ-7 Monóxido de Carbono. Disponível em: <https://www.makehero.com/produto/sensor-de-gas-mq-7-monoxido-de-carbono/>. Acesso em: 03 maio 2025.

SHAFI, U. F. *et al.* Smart Predictor for Spontaneous Combustion in Cotton Storages Using Wireless Sensor Network and Machine Learning. **International Journal of Distributed Sensor Networks**, [s. l.], v. 2024, p. 1–19, 2024. DOI 10.1155/2024/5551759. Disponível em: <https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=50d93dff-e15a-3bc1-ab0a-6207d83f2133>. Acesso em: 7 mar. 2025.

SHRIVASTAVA, Anshuman. **Plastic Properties and Testing**. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780323395007000034>. Acesso em: 03 maio 2025.

SILVA, V. P. **Segurança Contra Incêndio em Edifícios: Considerações para o Projeto de Arquitetura**. 1ª ed. São Paulo: Blucher, 2014. 15 p

SPRINKLER BRASIL, Instituto. **ESTATÍSTICAS: Histórico geral – 2012 a 2024**. Histórico geral – 2012 a 2024. 2024. Disponível em: <https://sprinklerbrasil.org.br/instituto-sprinkler-brasil/estatisticas/>. Acesso em: 13 mar. 2025.

SOUTH CHINA MORNING POST. **Huge warehouse blaze**, SCMP. China, 15 nov. 2000. Disponível em: <https://www.scmp.com/article/331396/huge-warehouse-blaze>. Acesso em: 21 mar. 2025.

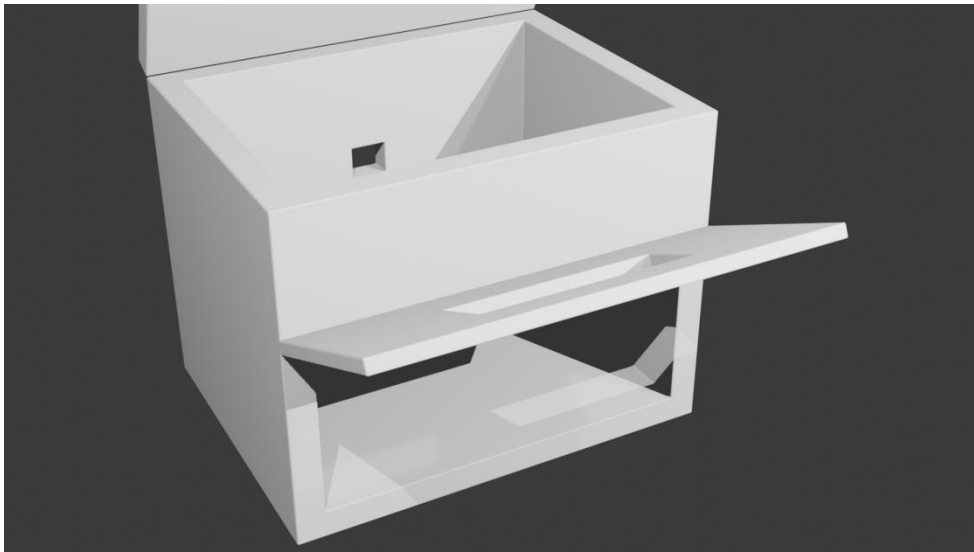
VAILSHERY, Lionel Sujay (Hamburg). **Number of Internet of Things (IoT) connections worldwide from 2022 to 2023, with forecasts from 2024 to 2033**. 2024. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/1183457/iot-connected-devices-worldwide/>. Acesso em: 14 mar. 2025.

VERGARA, Sylvia Constant. **PROJETOS E RELATÓRIOS DE PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO**. 7. ed. São Paulo: Atlas S.A, 2020. 90 p.

WINSEN, Zhegzhou. **Flammable Gas Sensor**: Manual. 2021. Disponível em: <https://www.winsen-sensor.com/d/files/manual/mq-2.pdf>. Acesso em: 08 de maio de 2025.

WORLD Fire Statistics. 2024. Disponível em: <https://ctif.org/world-fire-statistics>. Acesso em: 14 mar. 2025.

APÊNDICE A – Protótipo de caixa para teste dos sensores



APÊNDICE B – Questionário aplicado

Detecção e prevenção de incêndios

Somos alunos do Senac Blumenau e estamos realizando uma pesquisa como parte do nosso projeto integrador, com o objetivo de desenvolver um protótipo de prevenção de incêndio com IoT voltado especificamente para a indústria têxtil.

O conceito do sistema que estamos propondo visa monitorar e antecipar, em tempo real, os riscos de incêndio em materiais têxteis, utilizando parâmetros como temperatura, umidade e fumaça. O objetivo é prevenir incêndios que possam causar danos à vida humana, à sociedade e ao patrimônio das empresas.

Esta pesquisa tem como propósito validar a necessidade real desse tipo de solução no mercado, identificando a viabilidade e o impacto de uma tecnologia como essa. Ressaltamos que o sistema ainda está em fase de concepção, e nossa pesquisa visa entender se há uma demanda real para esse tipo de ferramenta na indústria têxtil.

Informamos também que todos os dados coletados serão usados exclusivamente para fins acadêmicos e de pesquisa, garantindo total sigilo e confidencialidade. Sua participação será fundamental para nos ajudar a entender melhor as necessidades do setor e orientar o desenvolvimento de uma possível solução.

Agradecemos muito a sua colaboração!

1. Em qual setor você trabalha? *

Marcar apenas uma oval.

- Fiação
- Tecelagem
- Malharia
- Beneficiamento
- Confecção
- Acabamento
- Logística e armazenagem
- Financeiro
- Brigada de incêndio
- Cipa
- Outro: _____

2. Qual sua posição na empresa? *

Marcar apenas uma oval.

- Liderança
- Gerência
- Coordenação
- Brigadista
- Cipeiro
- Outro: _____

6. Em caso de incêndio com 2 horas de duração, qual seria o impacto financeiro e operacional para sua empresa? *

Marcar apenas uma oval.

- O impacto seria pequeno, com pouca perda de produção e operação
- O impacto seria moderado, afetando algumas áreas da produção, mas controlável
- O impacto seria significativo, com possíveis danos estruturais e paradas prolongadas
- O impacto seria catastrófico, comprometendo a continuidade dos negócios por um longo período
- Não é possível estimar o impacto sem mais informações

7. Qual o valor estimado de prejuízo financeiro que sua empresa enfrentaria se as operações fossem interrompidas durante um mês por causa de um incêndio? *

Marcar apenas uma oval.

- Menos de R\$ 10.000
- De R\$ 10.000 a R\$ 50.000
- De R\$ 50.000 a R\$ 200.000
- De R\$ 200.000 a R\$ 1.000.000
- Mais de R\$ 1.000.000

8. Se sua empresa já enfrentou um incidente relacionado a incêndio, qual foi o maior impacto que ele causou?

9. Atualmente, como a sua empresa monitora as condições que podem levar a incêndios? *

Marcar apenas uma oval por linha.

	Excelente	Bom	Regular	Ruim	Nenhum
Sensores de fumaça e alarmes tradicionais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Inspeções manuais periódicas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistemas automatizados de monitoramento em tempo real para prevenção de incêndio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

10. Em sua opinião, qual é o benefício principal de um sistema de prevenção de incêndios? *

Marcar apenas uma oval por linha.

	Muito importante	Importante	Mediana	As vezes é importante	Não é nada importante
Detectar possíveis incêndios e permitir ações preventivas para evitar danos maiores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Melhorar a comunicação e a coordenação da equipe de emergência	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Integrar com outras tecnologias para otimizar a resposta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Minimizar o risco para as pessoas e garantir a segurança	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Prevenir a perda de material e encerramento da operação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

11. Por um sistema de prevenção de incêndios, quais características são mais importantes para sua empresa? *

Marcar apenas uma oval por linha.

	Excelente	Bom	Regular	Ruim	Muito ruim
Uso de sensores modernos para monitoramento do ambiente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Capacidade de realizar relatórios e gerar alertas automáticos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de instalação e uso intuitivo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Confiabilidade e precisão das medições	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

12. Em um sistema como esse, qual seria o valor que você estaria disposto a investir na prevenção de incêndios? *

Marcar apenas uma oval.

- Menos de R\$ 1.000
- De R\$ 1.000 a R\$ 10.000
- De R\$ 10.000 a R\$ 30.000
- De R\$ 30.000 a R\$ 50.000
- Mais de R\$ 50.000

13. Qual o impacto que um sistema de alerta antecipado poderia ter na sua rotina de trabalho? *

Marcar apenas uma oval.

- Aumentaria a segurança sem impactar a rotina
- Exigiria adaptações no processo, mas valeria a pena
- Demandaria muito treinamento e tempo de adaptação

14. Quais desafios você enfrentaria ao implementar um sistema de prevenção de incêndios? *

Marcar apenas uma oval por linha.

	Concordo totalmente	Concordo	Não concordo nem discordo	Discordo	Discordo totalmente
Alto custo de implantação e manutenção do sistema	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dificuldade de integração com os sistemas de segurança já existentes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falta de treinamento ou resistência das pessoas ao novo sistema	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Desconhecimento sobre a necessidade de um sistema de monitoramento ambiental	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

15. Qual fator seria mais decisivo para a escolha? *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Men Qualidade e confiabilidade

16. Qual fator do monitoramento seria mais decisivo para a escolha? *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Prec Velocidade do monitoramento

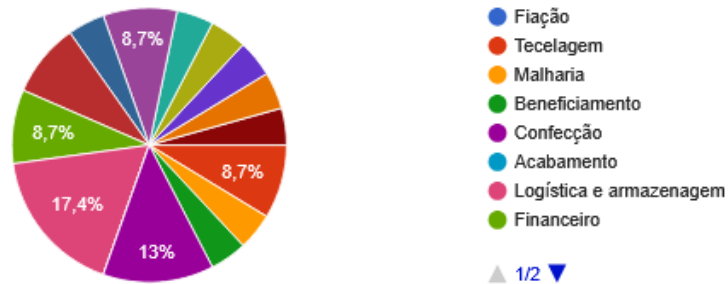
17. Se tivesse a opção de testar um sistema como esse antes da compra, qual seria o fator mais importante para avaliar? *

Marcar apenas uma oval.

- Precisão na detecção
- Menor tempo de resposta
- Facilidade de uso e integração com outros sistemas
- Custo em relação aos benefícios obtidos
- Suporte e manutenção oferecidos

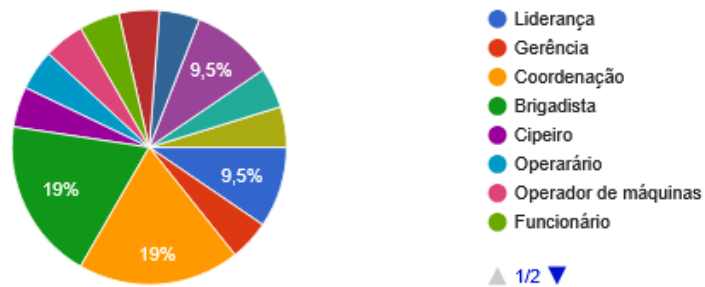
Em qual setor você trabalha?

23 respostas

[Copiar gráfico](#)

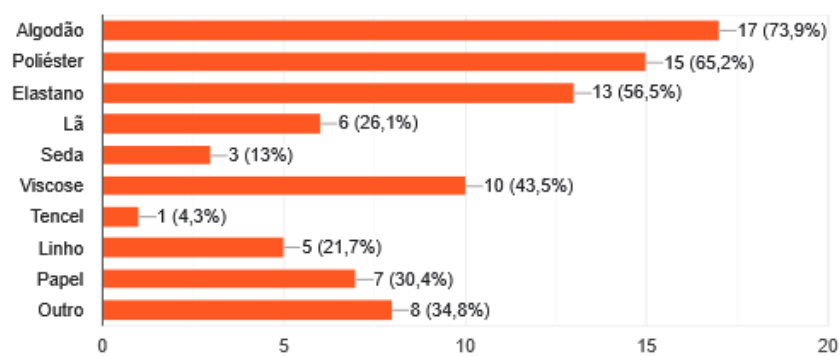
Qual sua posição na empresa?

21 respostas

[Copiar gráfico](#)

Quais os materiais armazenados/utilizados na sua empresa?

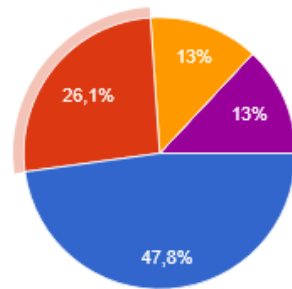
23 respostas

[Copiar gráfico](#)

Existe um plano alternativo de ação caso ocorra um incêndio na sua empresa?

[Copiar gráfico](#)

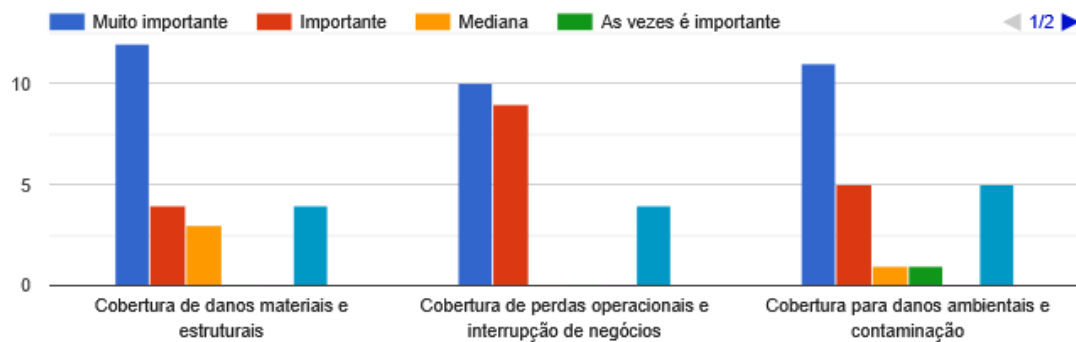
23 respostas



- Temos um plano de continuidade de negócios bem estruturado e treinado
- Temos um plano, mas precisa ser revisado e melhorado
- Não temos um plano formalizado, mas temos algumas ações emergenciais preparadas
- Não vemos necessidade de um plano alternativo no momento
- Não tenho essa informação

Caso sua empresa tenha um seguro contra incêndios, qual a principal cobertura que considera mais importante?

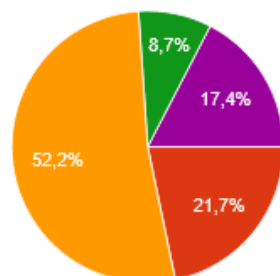
[Copiar gráfico](#)



Em caso de incêndio com 2 horas de duração, qual seria o impacto financeiro e operacional para sua empresa?

[Copiar gráfico](#)

23 respostas

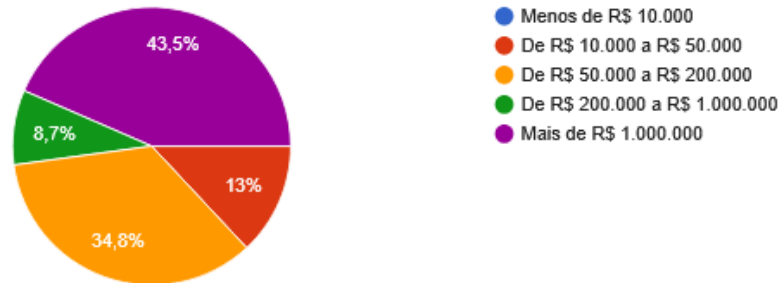


- O impacto seria pequeno, com pouca perda de produção e operação
- O impacto seria moderado, afetando algumas áreas da produção, mas cont...
- O impacto seria significativo, com possíveis danos estruturais e paradas...
- O impacto seria catastrófico, comprometendo a continuidade dos n...
- Não é possível estimar o impacto sem mais informações

Qual o valor estimado de prejuízo financeiro que sua empresa enfrentaria se as operações fossem interrompidas durante um mês por causa de um incêndio?

 Copiar gráfico

23 respostas



Se sua empresa já enfrentou um incidente relacionado a incêndio, qual foi o maior impacto que ele causou?

9 respostas

Não

Houve um incêndio no setor de depósito de algodão que, além de causar um prejuízo enorme, deixou a empresa parada por um tempo

Não tenho essa informação

Não enfrentou.

Não

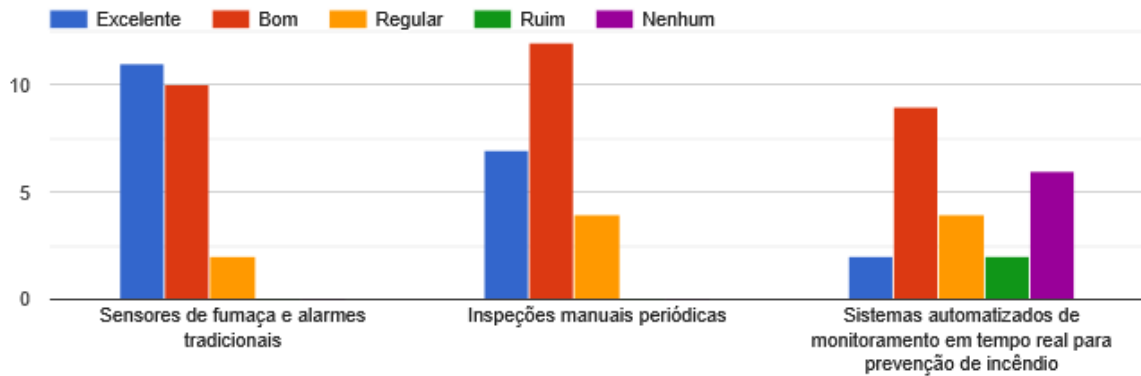
Não sofreu ainda.

Nao

nunca enfrentamos um incidente relacionado a incêndio.

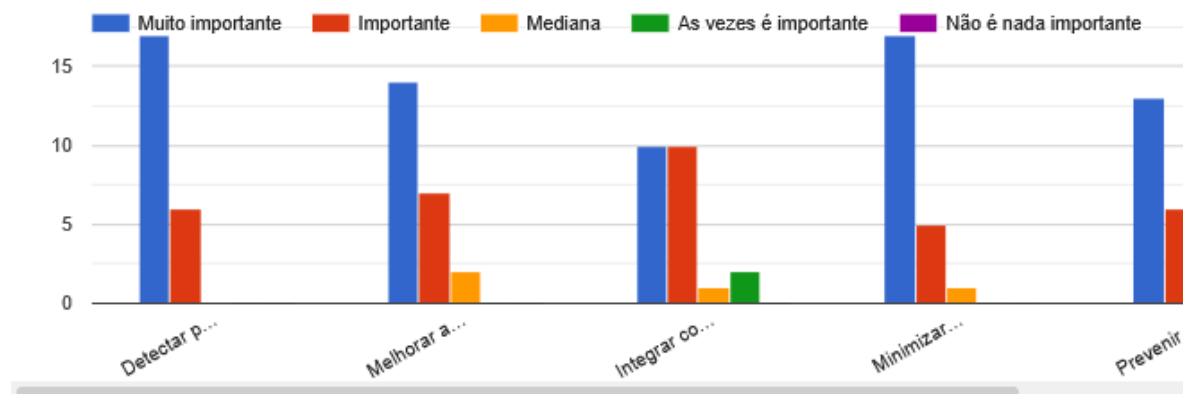
Atualmente, como a sua empresa monitora as condições que podem levar a incêndios?

 Copiar gráfico




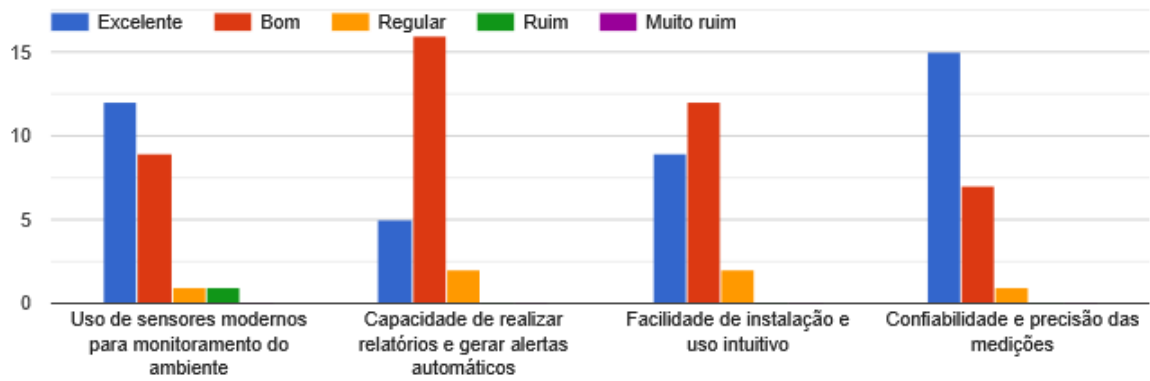
Em sua opinião, qual é o benefício principal de um sistema de prevenção de incêndios?

 Copiar gráfico



Por um sistema de prevenção de incêndios, quais características são mais importantes para sua empresa?

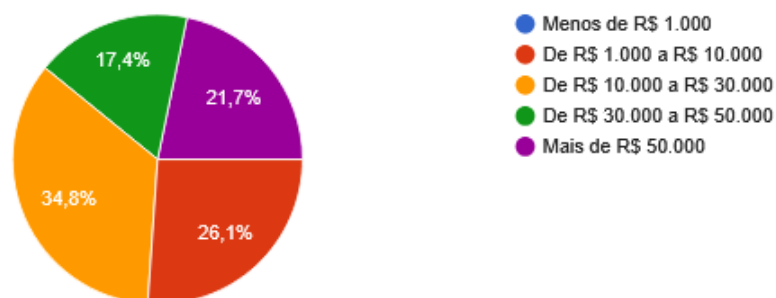
 Copiar gráfico



 Copiar gráfico

Em um sistema como esse, qual seria o valor que você estaria disposto a investir na prevenção de incêndios?

23 respostas



Qual o impacto que um sistema de alerta antecipado poderia ter na sua rotina de trabalho?

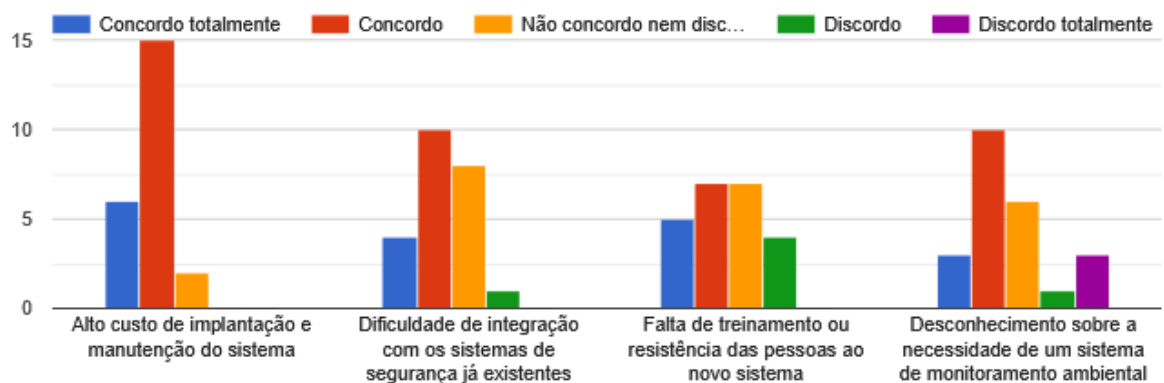
[Copiar gráfico](#)

23 respostas



Quais desafios você enfrentaria ao implementar um sistema de prevenção de incêndios?

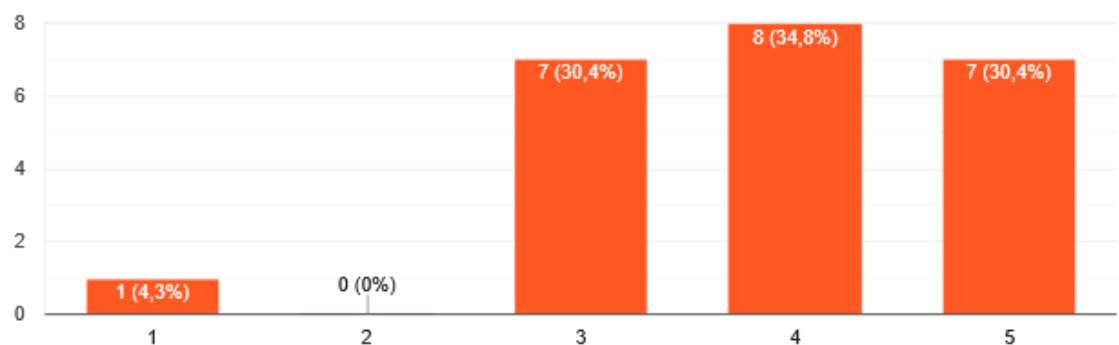
[Copiar gráfico](#)



Qual fator seria mais decisivo para a escolha?

[Copiar gráfico](#)

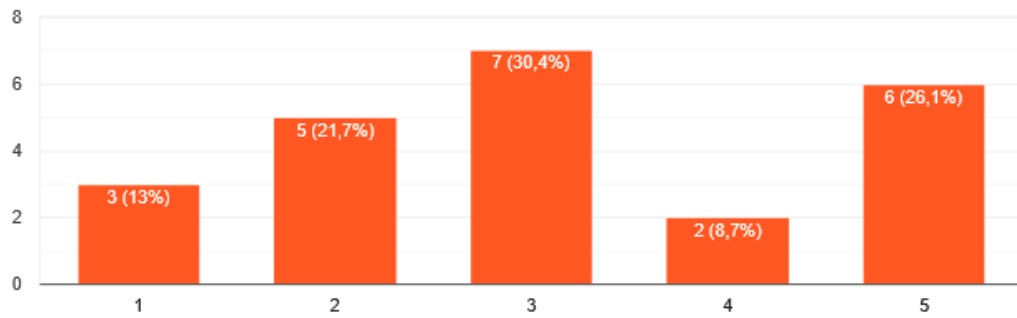
23 respostas



Qual fator do monitoramento seria mais decisivo para a escolha?

 Copiar gráfico

23 respostas



Se tivesse a opção de testar um sistema como esse antes da compra, qual seria o fator mais importante para avaliar?

 Copiar gráfico

23 respostas

