



## Sistema para monitoramento e prevenção de incêndio em depósitos de algodão

### System for monitoring and fire prevention in cotton warehouses

Rafael Sousa Lupi<sup>1</sup>, Eduardo Giometti Bertogna<sup>2</sup>, Henrique Cunha Carvalho<sup>3</sup>

#### RESUMO

Os incêndios são responsáveis por mortes e danos materiais em todo o mundo. Eles podem ter diversas causas, como problemas elétricos, combustíveis inflamáveis, falhas de equipamentos e negligências. Ao focar nos ambientes urbanos e rurais, armazéns e depósitos, é notório que essas ocorrências tem se tornado mais frequentes. Entre esses materiais, há aqueles que apresentam um comportamento particularmente desfavorável quando exposto às chamas, como é o caso do algodão. Dito isso, há um aumento nas pesquisas que visam monitorar e prevenir a ocorrência desses acidentes em ambientes internos e externos. Este trabalho tem como objetivo apresentar um sistema para monitoramento de incêndios, capaz de detectar uma provável ocorrência, e alertar o usuário através de um aplicativo móvel em tempo real. Para o desenvolvimento do projeto serão utilizados sensores responsáveis por coletar informações periódicas de temperatura, umidade, concentração de monóxido de carbono e gases inflamáveis. Além disso, o sistema contará com comunicação LoRa, permitindo uma conexão de longo alcance, e uma interface para monitoramento desses dados que possa mostrar e alertar o usuário sobre um possível incêndio. Os materiais para o projeto foram adquiridos e o aplicativo já foi desenvolvido, as próximas etapas consistem nos testes experimentais do sistema.

**PALAVRAS-CHAVE:** aplicativo; gases; incêndios; LoRa; monitoramento.

#### ABSTRACT

Fires are responsible for deaths and material damage around the world. They can have several causes, such as electrical problems, flammable fuels, equipment failures and negligence. When focusing on urban and rural environments, warehouses, these occurrences have become more frequent. Among these materials, there are those that exhibit particularly unfavorable behavior when exposed to flames, such as cotton. That said, there is an increase in research aimed at monitoring and preventing the occurrence of these accidents in indoor and outdoor environments. This work aims to present a fire monitoring system, capable of detecting a likely occurrence, and alerting the user through a mobile application in real time. For the development of the project, sensors responsible for collecting periodic information on temperature, humidity, concentration of carbon monoxide and flammable gases will be used. Furthermore, the system will feature LoRa communication, allowing a long-range connection, and an interface for monitoring this data that can show and alert the user about a possible fire. The materials for the project have already been acquired and the application has already been developed. The next steps consist of experimental system tests.

**KEYWORDS:** app; fire; gases; LoRa; monitoring.

---

<sup>1</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil. E-mail: [rafaellupi@alunos.utfpr.edu.br](mailto:rafaellupi@alunos.utfpr.edu.br).

<sup>2</sup> Docente no Curso de Engenharia Eletrônica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil. E-mail: [ebertonha@utfpr.edu.br](mailto:ebertonha@utfpr.edu.br). ID Lattes: 5836698929628478.

<sup>3</sup> Docente no Curso de Engenharia Eletrônica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil. E-mail: [hccarvalho@utfpr.edu.br](mailto:hccarvalho@utfpr.edu.br). ID Lattes: 9473862433070921.



## INTRODUÇÃO

No Brasil, acidentes de incêndio sempre foram recorrentes, resultando frequentemente em vítimas fatais e lesões graves, além de perdas materiais consideráveis. Em 2011, o SUS (Sistema Único de Saúde) registrou 1.051 óbitos devido à exposição à fumaça e/ou incêndios, colocando o Brasil em terceiro lugar no ranking mundial de mortes por incêndio (ISB, 2015) e em 2022, ocorreram 2.041 incêndios classificados como "incêndios estruturais", ou seja, incêndios em galpões, bancos, escolas, armazéns e outros locais (ISB, 2022).

A concentração de 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. Ao abordar os polímeros, um exemplo clássico de material altamente inflamável é o algodão. Devido ao seu baixo LOI (*Limiting Oxygen Index*) que indica a concentração mínima de oxigênio presente na atmosfera para que o material entre em ignição (pegue fogo), o algodão é altamente suscetível a incêndios e queima com facilidade quando exposto ao calor ou a uma fonte de ignição (OLIVEIRA et al., 2020). Atualmente, afim de minimizar os danos causados por incêndio, há redes de sensores empregadas em sistemas de monitoramento que consistem em detectores de gases inflamáveis, os quais conseguem prever situações de incêndio com até dias de antecedência, identificando a presença de gases que possam desencadear as chamas. Além dos sensores de gás, sensores de temperatura e umidade também desempenham papel fundamental para detectar variações súbitas de calor no ambiente e identificar condições que possam colaborar com potenciais pontos de ignição e com a propagação das chamas (ZEUS DO BASIL, 2023).

A introdução da comunicação sem fio aceitou uma maior flexibilidade na implementação de sistemas de monitoramento, permitindo a comunicação entre dispositivos em locais remotos, muitas vezes desprovidos de conectividade à internet, como é o caso dos depósitos e armazéns. Um exemplo dessa comunicação é a LoRa (*Long Range*), uma tecnologia de comunicação sem fio de longo alcance, com boa penetração em obstáculos e baixo custo de implementação (ALLIANCE, 2023).

Para facilitar o acesso e a visualização dos dados coletados pelo sistema de monitoramento será desenvolvido um aplicativo móvel para *smartphones* com o propósito de ser intuitivo e de grande usabilidade, com a interface amigável que permita a visualização dos dados coletados pelos sensores em tempo real. Além disso, o aplicativo também permitirá que os usuários visualizem o histórico de dados, possibilitando uma análise mais profunda dos valores ao longo do tempo.

O objetivo deste estudo é desenvolver um sistema que integre as funcionalidades de um módulo de comunicação LoRa com um aplicativo dedicado. Esse sistema será empregado para monitorar em tempo real os níveis de monóxido de carbono (CO), gases inflamáveis, temperatura e umidade relativa do ar em armazéns de algodão, priorizando a prevenção de ocorrências de incêndio.

## METODOLOGIA

### COLETA E ANÁLISE DE DADOS

O sistema para monitoramento será composto por três dispositivos que irão

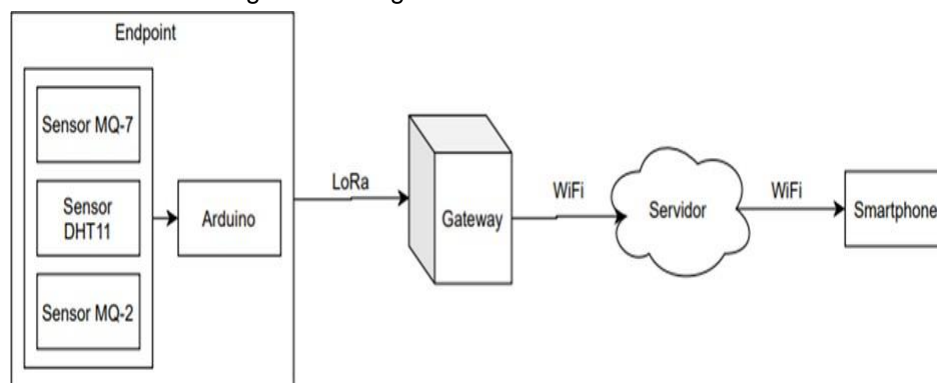


monitorar: a temperatura, umidade relativa do ar, nível de CO e níveis de gases inflamáveis no ambiente. Para esse fim, serão utilizados os sensores comerciais DHT11 (Adafruit Industries, Estados Unidos), MQ-7 (Winsen Electronics, China) e MQ-2 (Winsen Electronics, China), respectivamente. A escolha destes dispositivos está justificada pela aplicação das grandezas envolvidas, por serem utilizados na área de sistemas para monitoramento e pelo baixo custo, constatado pelo custo despendido no projeto de R\$ 350,00.

Os sinais gerados pelos sensores serão coletados por meio de um *endpoint*, utilizando uma plataforma programável de prototipagem eletrônica, sendo definido o Arduino (Uno R3, Arduino LLC, Itália) e transmitido por meio da rede LoRa, utilizando um *gateway*, composto por um microcontrolador ESP (32 LoRa, Espressif Systems, China), para consequente análise dos resultados e possibilitando a monitoração do ambiente em tempo real. As condições para coleta de dados serão definidas a partir de uma escolha de locais e sistemas de monitoramento a serem analisados, incluindo a instalação dos dispositivos de coleta de dados e a realização de testes de funcionamento em um ambiente controlado para simulação real de incêndio.

Para o desenvolvimento do aplicativo (*software*) para *smartphone*, será utilizado o programa Bubble.io. A Figura 1 retrata, em forma de diagrama em blocos, como será o funcionamento do sistema para monitoramento.

Figura 1 – Diagrama em blocos do sistema



Fonte: Autoria Própria.

## MATERIAIS

O sistema será composto pelo modelo de Arduino Uno R3, na qual seu microcontrolador é baseado na família AVR, possui uma fonte tensão de operação de 7 a 12V e uma faixa de temperatura de -40 a 125°C (CORPORATION, 2010), e pelo ESP32 que possui um módulo LoRa acoplado que opera na faixa exigida pela ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações) e possui faixa de temperatura entre -40 a 125°C. Esse microcontrolador será utilizado como o *gateway* do sistema (SYSTEMS, 2016).

Os sensores que serão utilizados no presente trabalho, são: o DHT11, um sensor de temperatura e umidade relativa do ar capaz de medir a temperatura num intervalo entre 0 a 50°C, e a umidade relativa do ar em um intervalo de 20 a 90% (AOSONG, s.d.). O MQ-7 é um sensor de detecção do monóxido de carbono, capaz de medir numa faixa de concentração gasosa de 10 a 10.000ppm e possui faixa de temperatura entre -20 a 50°C (HANWEI ELECTRONICS CO., s.d.). O MQ-2 é um sensor de detecção de gases



inflamáveis, como hidrogênio, metano e propano, capaz de medir numa faixa de 300 a 10.000ppm e possui faixa de temperatura entre -40 a 125°C (POLOLU,s.d.).

O módulo LoRa a ser utilizado será o LoRa E220-900T22D, por operar na frequência de 915MHz exigida pela ANATEL no Brasil, e ser capaz de transmitir dados a uma distância de até 5 km (EBYTE, 2023).

O Bubble.io é uma plataforma no-code, responsável em armazenar e retratar ao usuário os dados obtidos. A plataforma possui interação com banco de dados, interação com usuários (*login* e cadastro), possibilidade de produção em um *WebApp*, possibilidade de *marketplace*, além de possuir um plano gratuito (ANDRADE, 2023).

## RESULTADOS

Nesta sessão serão apresentados os resultados preliminares obtidos até o estágio atual e os esperados.

### RESULTADOS PARCIAIS

O sistema (*hardware*) está em fase final de desenvolvimento, todos os componentes periféricos já foram adquiridos e sendo montados e testados. Foi também desenvolvido uma interface para o aplicativo, na qual a Figura 2 apresenta a primeira etapa, o *login* do usuário, onde cada usuário terá seu banco de dados privado, na mesma interface, é possível fazer o cadastro caso o usuário não possua.

Figura 2 – Interface do login.

Esse aplicativo é responsável por mostrar e alertar o usuário sobre um possível risco de incêndio

Login

Email ou Telefone

Senha

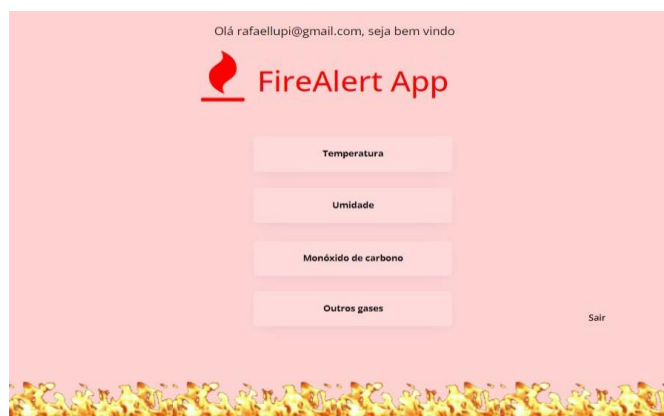
Entrar Registrar-se

Fonte: Autoria Própria.

A Figura 3 apresenta como será a interface, após o usuário realizar o *login*. Nessa interface, há uma entrada de valores (temperatura e umidade) que o usuário poderá cadastrar afim de referência para os sensores. Ainda na interface, o usuário poderá acessar e visualizar em tempo real os dados e o histórico coletado no período de até uma semana de cada sensor (temperatura e umidade, CO, gases inflamáveis).



Figura 3 – Interface do aplicativo.



Fonte: Autoria Própria.

## RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se que o sistema para monitoramento de incêndio seja capaz de coletar e transmitir os dados dos sensores em tempo real, por meio da rede LoRa em longas distâncias, sem a necessidade de conexão direta com a internet ou com a rede elétrica.

Além disso, se prevê que o sistema seja capaz de identificar situações de riscos de incêndio antes que elas ocorram e se acredita que o sistema seja capaz de fornecer alertas em tempo real para o usuário através do aplicativo, informando sobre situações de riscos de incêndios.

## CONCLUSÃO

O projeto vem atendendo a proposta do sistema. Os materiais para o projeto foram adquiridos e o aplicativo já foi desenvolvido, as próximas etapas consistem nos testes experimentais do sistema.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao meu orientador, Henrique Cunha Carvalho, e ao meu coorientador, Eduardo Giometti Bertogna, pelas orientações valiosas e suporte ao longo de todo o processo. Suas expertises, dedicação e paciência foram fundamentais para o desenvolvimento e aprimoramento deste trabalho. Além disso, gostaria de expressar minha gratidão a todos os professores e demais membros do corpo docente, que compartilharam seus conhecimentos e experiências ao longo do curso. Suas aulas e orientações contribuíram significativamente para o meu crescimento acadêmico e profissional. Por fim, não posso deixar de mencionar a importância das instituições e profissionais que forneceram recursos, dados e suporte técnico durante a pesquisa.

## CONFLITO DE INTERESSE

Não ha conflito de interesse.



## REFERÊNCIAS

- ALLIANCE, LORA. **What is LoRaWAN Specification**. [S.l.], 2023. Disponível em: <https://lora-alliance.org/about-lorawan/>. Acesso em: 21 ago. 2023.
- ANDRADE, LEO. **CONHEÇA O BUBBLE.IO, UMA DAS PRINCIPAIS FERRAMENTAS NO-CODE DO MERCADO**. [S.l.], 2023. Disponível em: <https://leoandrade.net/conheca-o-bubble-io-uma-das-principais-ferramentas-no-code-do-mercado/>. Acesso em: 21 ago. 2023.
- AOSONG. **Temperature and humidity module**. [S.l.], s.d. Disponível em: <https://www.makerhero.com/img/files/download/DHT11-Datasheet.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2023.
- CORPORATION, ATMEL. **ATMEGA328 Datasheet**. ALLDATASHEET.COM, 2010. Disponível em: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/392243/ATMEL/ATMEGA328.html>. Acesso em: 21 ago. 2023.
- EBYTE. **E220-900T22D**. [S.l.], 2023. Disponível em: <https://www.ebyte.com/en/product-view-news.html?id=1212>. Acesso em: 21 ago. 2023.
- HANWEI ELECTRONICS CO ., LTD. **TECHNICAL DATA MQ-7 GAS SENSOR**. [S.l.], s.d. Disponível em: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-7.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2023.
- ISB, INSTITUTO SPRINKLER BRASIL -. **Brasil é o 3º país com o maior número de mortes por incêndio**. Brasil: ISB, 2015. Disponível em: <https://sprinklerbrasil.org.br/imprensa/brasil-e-o-3o-pais-com-o-maior-numero-de-mortes-por-incendio-newsletter-no-5/>. Acesso em: 21 ago. 2023.
- ISB, INSTITUTO SPRINKLER BRASIL -. **Estatísticas 2022**. Brasil: ISB, 2022. Disponível em: <https://sprinklerbrasil.org.br/instituto-sprinkler-brasil/estatisticas/estatisticas-2022/>. Acesso em: 21 ago. 2023.
- OLIVEIRA, Carlos Rafael Silva de et al. Acabamento retardante de chamas em tecido de algodão a partir da incorporação de um composto nano-híbrido caulinita-TiO<sub>2</sub> via processo solvotermal, 2020.
- POLOLU. **MQ-2 Semiconductor Sensor for Combustible Gas**. [S.l.], s.d. Disponível em: <https://www.pololu.com/file/0J309/MQ2.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2023.
- SYSTEMS, ESPRESSIF. **ESP32 Datasheet**. [S.l.], 2016. Disponível em: <https://makerhero.com/img/files/download/ESP32-Datasheet.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2023.
- ZEUS DO BASIL. **Quais os sistemas que alertam a existência de fogo, fumaça e gases no ambiente?** [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: <https://zeusdobrasil.com.br/blog/post/quais-os-sistemas-que-alertam-a-existencia-de-fogo-fumaca-e-gases-no-ambiente>. Acesso em: 21 ago. 2023.