

SISTEMA AUTOMATIZADO DE COMBATE A INCÊNDIO EM COLHEITADEIRAS

AUTOMATED FIRE FIGHTING SYSTEM IN HARVESTERS

Daniel Nunes de Andrade¹

RESUMO

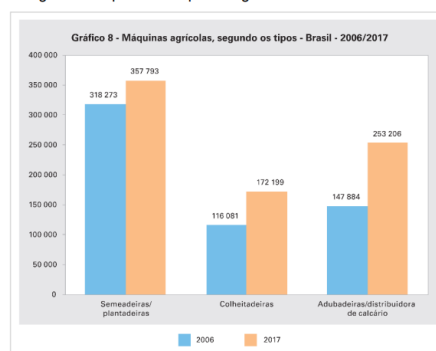
Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema automatizado de prevenção e combate a incêndios para colheitadeiras agrícolas, integrando sensores de chamas, válvulas solenoides, recipiente pressurizado e microcontrolador Arduino Mega. O sistema identifica focos de incêndio em tempo real nas áreas de maior risco, acionando automaticamente medidas de combate. A metodologia incluiu desenvolvimento de protótipo funcional em escala reduzida, com ensaios experimentais que validaram o desempenho em diferentes cenários. Os resultados demonstraram eficácia na detecção e combate automático, mesmo em casos de falhas parciais de sensores.

Palavras-chave: Incêndio em colheitadeira; sensores de chamas; sistema de prevenção.

1 INTRODUÇÃO

As colheitadeiras são veículos essenciais no setor agrícola, utilizados para colheita e separação de grãos. O Brasil possui mais de 172 mil unidades em operação, segundo o Censo Agropecuário (IBGE, 2017). Apesar de sua relevância, estes equipamentos apresentam riscos de incêndio devido à combinação de calor, combustível e material vegetal. A Figura 1 ilustra a evolução do uso dessas máquinas no país.

Figura 1 – Tipos de máquinas agrícolas no Brasil 2006/2017



Fonte: (IBGE, 2017, p.73)

Este artigo tem como objetivo desenvolver e validar um protótipo de sistema contra incêndio (SCI) para colheitadeiras, avaliando o monitoramento, a detecção de riscos e as medidas de combate adotadas.

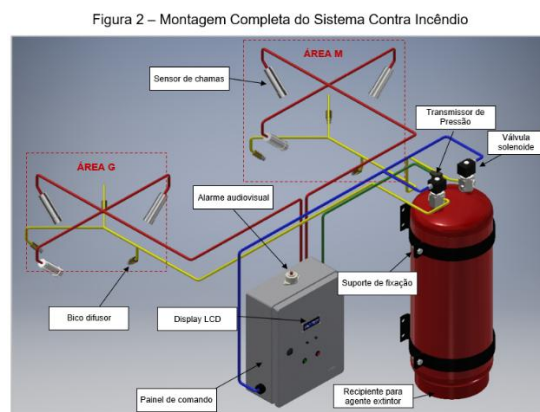
¹ Pós-graduando em Automação e Controle de Processos Industriais, Faculdade de Tecnologia SENAI "Roberto Mange". dn.andrade@live.com

2 REVISÃO DE LITERATURA

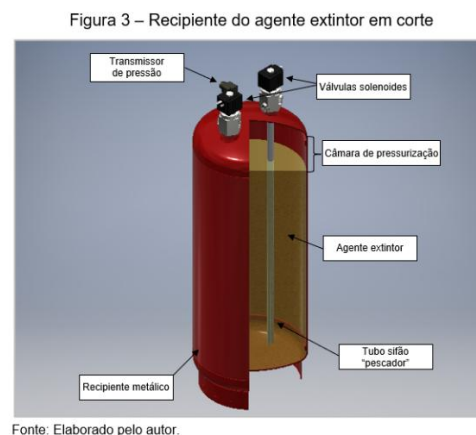
Um sistema fixo de combate a incêndio, conforme a IT nº 3 do CBPMESP (2025a), é composto por reservatório de agente extintor, sensores, válvula de descarga e alarmes (CBPMESP, 2025b). O pó químico utilizado deve ser do tipo ABC, indicado para classes A, B e C (ABNT, 2012; ABNT, 2017; BRASIL, 2022). O microcontrolador Arduino Mega processa sinais e aciona dispositivos de combate (ARDUINO, [20--?]).

3 METODOLOGIA

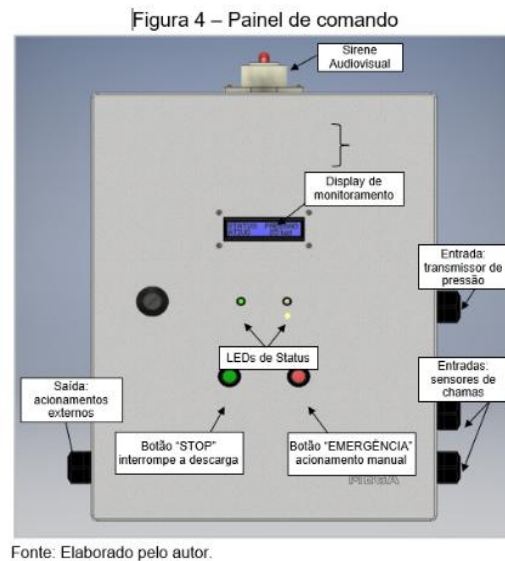
O SCI foi modelado no software Autodesk Inventor e representado na Figura 2. Sensores de chamas foram posicionados em áreas críticas: motor (ÁREA M) e graneleiro (ÁREA G). O microcontrolador processa os sinais recebidos e aciona válvula solenoide, liberando o agente extintor pressurizado para os difusores.



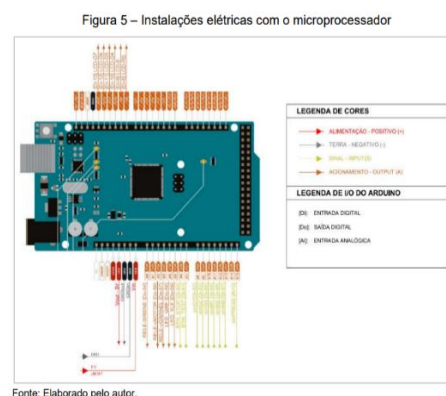
O recipiente pressurizado de 35 L, ilustrado na Figura 3, foi projetado em metal conforme a NBR 15809, contendo 30 kg de pó ABC pressurizado com nitrogênio. Possui válvulas e tubos “pescadores” que asseguram rendimento mínimo de 85% sob PNC de 28 kgf/cm².



O painel de comando (Figura 4) concentra microcontrolador, relés, sirene, LEDs e display LCD, permitindo supervisão em tempo real e interação homem-máquina (IHM).



A lógica embarcada em C++ no Arduino IDE define a ativação do sistema quando a pressão for $\geq 13 \text{ kgf/cm}^2$. O monitoramento é realizado por sensores nas duas áreas críticas e o combate é acionado se a chama for confirmada por mais de um sensor durante 5 segundos (Figura 5).



A programação em C++ no Arduino IDE inicia verificando o status do sistema com um sensor de pressão. O sistema monitora o graneleiro e o motor usando sensores de chama. Se ao menos dois sensores detectarem fogo por um tempo superior a 5 segundos (TEMPO_DISPARO), o controlador aciona as medidas de combate e sinalização de incêndio. Para validar o sistema, será construído um protótipo em escala reduzida para realizar ensaios que simulem condições reais de operação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ensaios experimentais validaram a eficácia do SCI. O teste de detecção de comprimento de

onda (Figura 6) mostrou variação da leitura conforme a distância, definindo instalação ideal entre 5 e 30 cm.

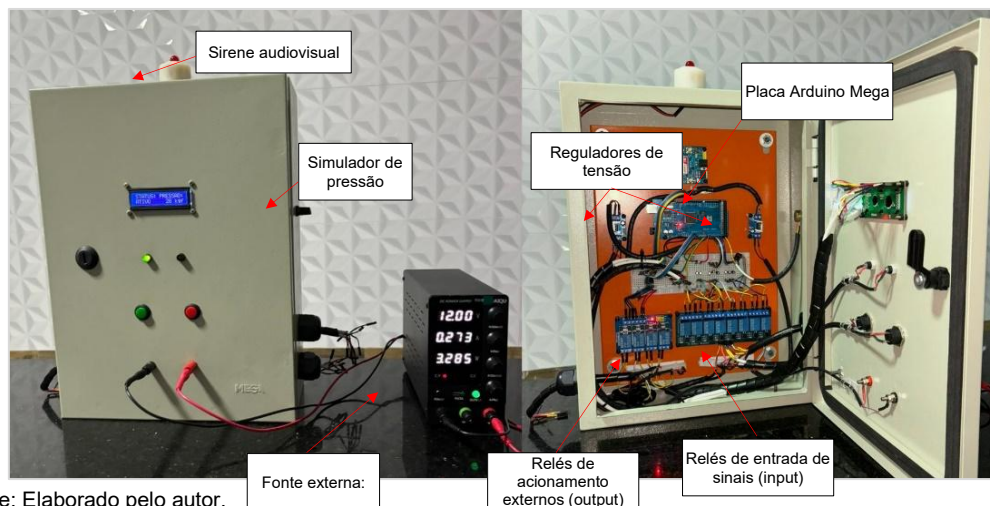
Figura 6 – Avaliação do comprimento de onda



Fonte: Elaborado pelo autor.

O painel experimental (Figura 7) permitiu simulações de pressão e acionamento.

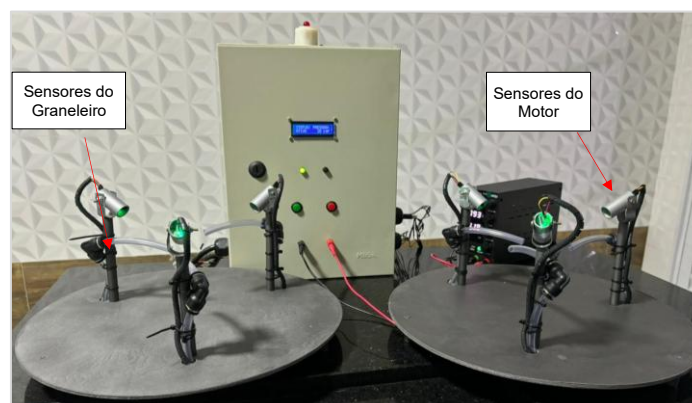
Figura 7 – Painel de comando do sistema contra incêndio



Fonte: Elaborado pelo autor.

Foram construídos suportes em madeira para fixação dos módulos de sensores de chamas, simulando aplicação no motor e no graneleiro (Figura 8).

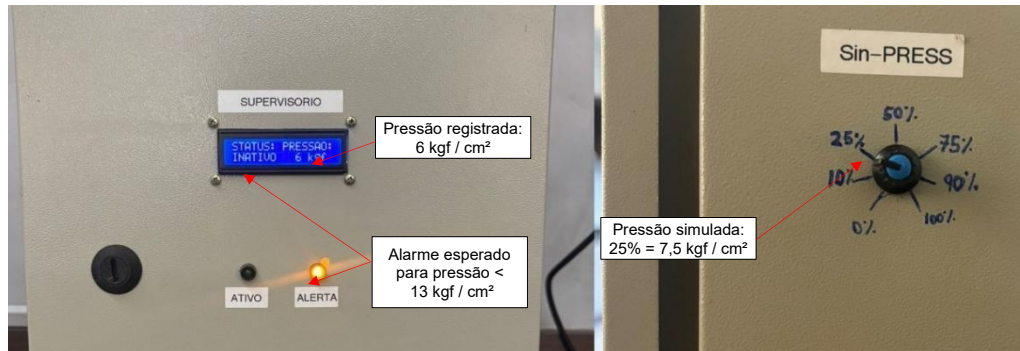
Figura 8 – Suporte de sensores para simulação



Fonte: Elaborado pelo autor.

O ensaio de verificação de pressão (Figura 9) apontou pequenas divergências entre o manômetro e o supervisorio, porém dentro da tolerância ($\pm 3 \text{ kgf/cm}^2$).

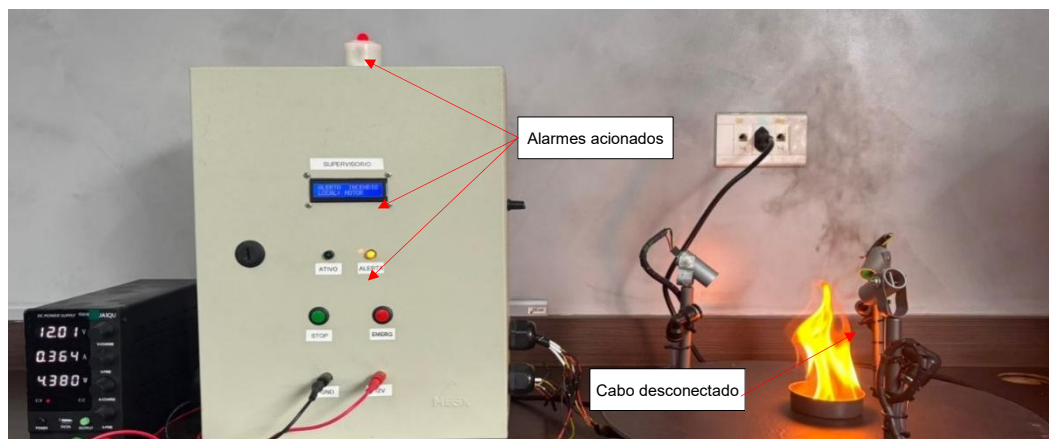
Figura 9 – Ensaio de verificação de pressão



Fonte: Elaborado pelo autor.

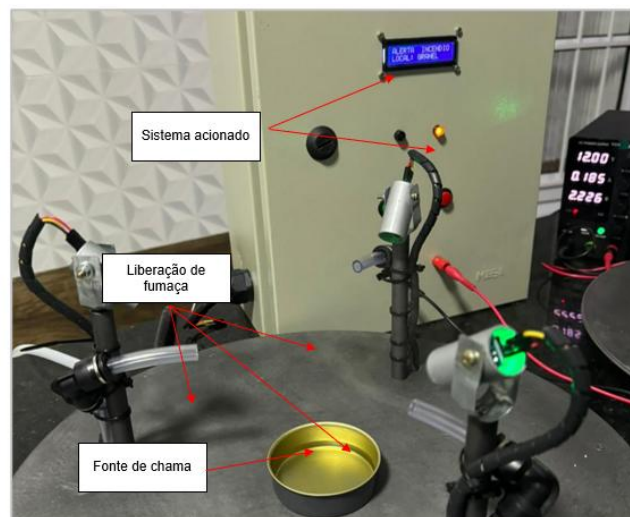
Os ensaios de falha (Figura 10) confirmaram a detecção mesmo com sensor inativo e, no teste final com chama de álcool 70% (Figura 11), os alarmes e o agente extintor foram acionados com sucesso.

Figura 10 – Ensaio de falha do sensor no motor



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 11 – Sistema acionado após detecção de chama no granelheiro



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base na análise dos resultados obtidos nos ensaios realizados, foi constatado que todos os parâmetros avaliados encontram dentro dos limites estabelecidos pelos critérios de desempenho previamente definidos. Dessa forma, os ensaios são considerados satisfatórios, comprovando a conformidade do sistema de prevenção a incêndio em colheitadeiras.

5 CONCLUSÃO

O sistema automatizado de combate a incêndio em colheitadeiras mostrou-se tecnicamente viável, eficiente e relevante para a segurança agroindustrial. Os ensaios confirmaram sua eficácia na detecção, resposta e alerta, mesmo em falhas parciais dos sensores. Apesar disso, limitações como o tempo de resposta do agente extintor devem ser avaliadas em escala real. Futuramente, sugere-se a integração de recursos IoT para monitoramento remoto e apoio em emergências.

REFERÊNCIAS

- ARDUINO. *Arduino Mega 2560 Rev3*. [S. l.: s. n.], [20--?]. Disponível em: <https://store.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3>. Acesso em: 28 abr. 2025.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9695: Pó para extinção de incêndio*. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15809: Extintor de incêndio sobre rodas*. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
- BRASIL. Conselho Nacional de Trânsito. *Resolução nº 919, de 28 de março de 2022*. Brasília, DF: CONTRAN, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/resolucoes-contran>. Acesso em: 28 abr. 2025.
- CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Instrução Técnica nº 03: Terminologia de segurança contra incêndio*. São Paulo: CBPMESP, 2025a.
- CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Instrução Técnica nº 26: Sistema fixo de gases para combate a incêndio*. São Paulo: CBPMESP, 2025b.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censo Agropecuário 2017: resultados definitivos*. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=73096>. Acesso em: 28 abr. 2025.