

ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL FREDERICO GUILHERME SCHMIDT

TÉCNICO EM ELETROMECÂNICA



**SMC - SENSOR DE MARCADORES CLIMÁTICOS PARA PREVENÇÃO DE
INCÊNDIOS EM ÁREAS DE RISCO**

**CASSIANO SCHERER DE MORAES
GUSTAVO LAUERMANN DA SILVA
GIOVANNI FIORINO FILHO**

SÃO LEOPOLDO

2025

CASSIANO SCHERER DE MORAES
GUSTAVO LAUERMANN DA SILVA
GIOVANNI FIORINO FILHO

**SMC - SENSOR DE MARCADORES CLIMÁTICOS PARA PREVENÇÃO DE
INCÊNDIOS EM ÁREAS DE RISCO**

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso
Técnico apresentado ao Curso de
Eletromecânica da Escola Técnica Estadual
Frederico Guilherme Schmidt como requisito
para aprovação nas disciplinas do curso sob
orientação do professor Adriano Santos.

SÃO LEOPOLDO
2025

RESUMO

O SMC é um dispositivo com o objetivo de prevenir a propagação de incêndios florestais a partir da captação de dados climáticos, enviando-os para órgãos de defesa ambiental. O tema abordado se justifica pela necessidade de equipamentos que ofereçam informações necessárias para facilitar o combate aos inúmeros incêndios que acometem florestas todos os anos, assim como combater o aquecimento global. A metodologia utilizada foi majoritariamente quantitativa, a partir da análise de dados objetivos e numéricos referentes a utilidade prática do dispositivo SMC. De forma complementar, será aplicada uma abordagem qualitativa, em menor escala, para investigar aspectos práticos do combate a incêndios em nível local. Para isso, serão realizadas entrevistas e levantamentos documentais junto a instituições como o Corpo de Bombeiros Militar. Espera-se desenvolver um protótipo capaz de fornecer dados de clima local precisos e úteis para o estudo climático e combate ao alastramento do fogo em áreas de risco, como florestas.

Palavras-chave: incêndio florestal; marcadores climáticos; prevenção; aquecimento global.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Protoboard	24
Figura 2 - Sensor DHT 22	24
Figura 3 - Módulo Wi-Fi Esp8266 NODEMCU	25
Figura 4 - Mini-turbina eólica	25
Figura 5 - Placa Arduíno Uno	26
Figura 6: SMC - Rascunho Inicial	30
Figura 7 - Esquema elétrico	31
Figura 8: Fluxograma da programação	32
Figura 9: Módulo DHT 22 + Arduino Uno	33
Figura 10: Iniciação do código por meio de bibliotecas.	34
Figura 11: Exemplo de pesquisa da biblioteca.	34
Figura 12: Medições no Monitor Serial.	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estado da Arte.	13
Tabela 2 - Cronograma.	31
Tabela 3 - Recursos	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SMC	Sensor de Marcadores Climáticos para prevenção de focos de incêndio em áreas de risco.
ONGs	Organizações Não-Governamentais
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
+VS	<i>Voltage Supply</i> : Tensão de alimentação positiva do componente indicado.
VOULT	<i>Voltage Out</i> : Tensão de saída do componente (o sinal gerado)
GND	<i>Ground</i> : É a terra elétrica, serve como retorno da corrente elétrica.
Ux	É a letra padrão para reconhecer o identificador do componente/designador de referência. O número (x) serve para a organização dos componentes.
USB	<i>Universal Serial Bus</i> (padrão de conexão e comunicação de dados)
IDE	<i>Integrated Development Environment</i> (Ambiente de Desenvolvimento Integrado, usado no Arduino)
LED	<i>Light Emitting Diode</i> (Diodo Emissor de Luz)
I2C	<i>Inter-Integrated Circuit</i> (protocolo de comunicação serial entre dispositivos)
Wi-Fi	<i>Wireless Fidelity</i> (rede sem fio de comunicação de dados)
CBMRS	Corpo de Bombeiros Militar do Rio Grande do Sul

INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
MMA	Ministério do Meio Ambiente
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ONU	Organização das Nações Unidas
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i> (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação)

LISTA DE SÍMBOLOS

V	Volt (unidade de tensão elétrica, ex.: 5V, 3.3V)
Ω (Ohm)	unidade de resistência elétrica (ex.: resistor pull-up de 10 k Ω)
$^{\circ}\text{C}$	Graus Celsius (unidade de temperatura)
cm	Centímetro
R\$	Real (moeda brasileira, usada nos custos do projeto)
h	Hora
ha	Hectare (unidade de área)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 TEMA E SUA DELIMITAÇÃO	12
1.2 PROBLEMA	12
1.3 OBJETIVOS	13
1.3.1 Objetivo Geral	13
1.3.2 Objetivos Específicos	13
1.4 JUSTIFICATIVA	13
2. ESTADO DA ARTE	15
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
3.1 FLORESTAS E PRESERVAÇÃO DE ECOSISTEMAS	19
3.2 FOGO FLORESTAL	19
3.2.1 CONSEQUÊNCIAS DO FOGO FLORESTAL	20
3.2.2 COMBATE E PREVENÇÃO AO FOGO FLORESTAL	20
3.3 MARCADORES CLIMÁTICOS	21
3.3.1 UTILIDADE DE MARCADORES CLIMÁTICOS PARA O COMBATE AOS INCÊNDIOS FLORESTAIS	21
3.3.2 DISPOSITIVOS CAPAZES DE DETECTAR MARCADORES CLIMÁTICOS	21
3.4 ARDUINO	22
3.4.1 O QUE É UM ARDUINO	22
3.4.2 UTILIDADE DO ARDUINO	22
3.5. COMPONENTES	23
3.5.1 PROTOBOARD	23
3.5.2 SENSOR DHT22	23
3.5.3 PLACA WIFI ESP8266	24
3.5.4 MINI TURBINA EÓLICA	24
3.5.5 ARDUINO UNO	25
3.6 DISPOSITIVO SMC	25
3.6.1 OBJETIVOS DO SMC	25
4. METODOLOGIA	27
4.1 TIPO DE PESQUISA	27
4.2 PROCEDIMENTOS E ETAPAS	28
4.2.1 ANÁLISE DOCUMENTAL E COMPARATIVA	29
4.2.2 PESQUISA DE CAMPO QUALITATIVA	29
4.2.3 INTEGRAÇÃO E CRUZAMENTO DE DADOS	29
4.2.4 SÍNTESE E PROPOSIÇÃO METODOLÓGICA	29
4.2.5 PROTÓTIPO	30
4.3 ESQUEMA ELÉTRICO	31
4.4 PROGRAMAÇÃO	33

Fonte: Os autores	36
4.5 ENTREVISTA	36
4.5.1 PERGUNTAS	36
4.5.2 RESULTADOS	38
5. CRONOGRAMA	39
6. RECURSOS	40
7. RESULTADOS ESPERADOS OU PARCIAIS	41
7.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE O PROTÓTIPO INICIAL	41
7.2 MELHORIAS E INTEGRAÇÕES AO DISPOSITIVO	41
7.3 ÁREAS DE ATUAÇÃO	42
REFERÊNCIAS	43
ANEXOS	47
ANEXO A - PROGRAMAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO DO MÓDULO SENSOR DHT 22 POR GE PROJETOS E TUTORIAIS.	47

1. INTRODUÇÃO

Incêndios florestais são fenômenos decorrentes de diversos fatores, que muitas vezes, impactam negativamente o ecossistema local, também representando um perigo a ambientes urbanos próximos aos focos de incêndio. Por isso, destaca-se a importância da conservação dos grandes centros de biodiversidade, assim como a intervenção humana quando necessária e efetiva contra os efeitos negativos do fogo nas áreas afetadas.

Diversas medidas de combate ao fogo já foram realizadas, como o monitoramento e avaliação de dados climáticos e combate direto ao fogo por parte de órgãos especializados, como o corpo de bombeiros. Embora frequentemente eficazes, carecem de disponibilidade em diferentes partes do território nacional, além de muitas vezes não abrangerem as especificidades de pontos determinados em uma região, que podem atuar como variantes na determinação dos marcadores climáticos.

Percebe-se também que muitos dispositivos capazes de medir valores climáticos, não são direcionados para órgãos ou instituições responsáveis por combate a incêndios em florestas, seja por falha de comunicação ou atraso no compartilhamento dos dados climáticos. Uma forma de ilustrar estas falhas de comunicação são os incêndios florestais que aconteceram na Austrália em 2019 a 2020, conhecidos como *“Black Summer”*. De acordo com a Universidade de Melbourne (2019), durante este período, diversos satélites e sensores meteorológicos armazenaram dados que identificaram uma situação extremamente propícia para um incêndio e extenso alastramento de fogo, como alta temperatura, baixa umidade, ventos fortes e uma vegetação extremamente seca. Sistemas de monitoramento como o *Sentinel Hotspots* (2019) e dados do *Bureau of Meteorology* (2019) já indicavam níveis críticos de risco de incêndio dias antes de os focos se alastrarem. Porém, houve uma falha no encaminhamento dessas informações, ocasionando em uma atuação de combate ao fogo extremamente tardia em diversas frentes. Assim, o incêndio se espalhou, queimando mais de 18 milhões de hectares, milhares de casas destruídas, e estima-se que mais de 1 bilhão de animais morreram.

A gravidade da situação é evidenciada também em território nacional, como a Floresta Amazônica, na qual foram devastados 17,3 milhões de hectares pelo fogo, configurando uma enorme extensão de áreas incendiadas na Amazônia (Agência Brasil,2023). Recentemente, um caso que vem repercutindo internacionalmente é o de Los Angeles. Segundo a BBC NEWS BRASIL, nos Estados Unidos, um incêndio florestal iniciado em janeiro de 2025 evoluiu rapidamente, atingindo diversas regiões residenciais em poucas horas, devastando uma ampla zona territorial.

Essas ocorrências vêm se tornando uma preocupação mais constante em decorrência do aquecimento global, levantando perguntas sobre a construção de um país seguro e sustentável. Assim, torna-se necessário o desenvolvimento de um projeto de pesquisa que seja capaz de fornecer estes dados para o combate ao fogo de forma eficiente e econômica, com o objetivo de criar um dispositivo capaz de prever com alta precisão, em locais específicos, as probabilidades de alastramento do fogo.

O dispositivo se encontra dentro de uma caixa, protegido do ambiente externo ao qual será instalado diretamente no chão. Ele deverá auxiliar autoridades e moradores, alertando sobre a possibilidade de desastres e permitindo a contenção rápida e eficiente das chamas por meio de sensores de marcadores climáticos — como termômetros, higrômetros e anemômetros — e a transmissão de alertas via redes de internet às equipes especializadas e aos habitantes próximos, em tempo real.

1.1 TEMA E SUA DELIMITAÇÃO

Dentro da área de Engenharia da Automação, colocado na perspectiva da eletromecânica e aplicada na segurança ambiental, será feita uma pesquisa acerca dos métodos de previsão quanto à possibilidade de alastramento de incêndios e aplicação automática desses meios em um contexto florestal.

1.2 PROBLEMA

É possível criar um dispositivo capaz de diminuir as incidências de novos focos de incêndio através da análise de marcadores climáticos?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um dispositivo para a prevenção da propagação de incêndios, por meio de um sistema capaz de monitorar as condições climáticas locais, como: direção e velocidade do vento, umidade do ar e temperatura ambiente, bem como identificar e classificar áreas de risco.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Definir as condições climáticas a fim de prever a extensão do alastramento do fogo.
- Fixar o dispositivo SMC ao solo de forma em que ele se adeque às adversidades das áreas florestais ou regiões planificadas ao qual será aplicado.
- Auxiliar na estimativa do alastramento do fogo, fornecendo os dados coletados para instituições próximas especializadas em combate a incêndios.
- Oferecer um preço acessível em comparação a outros produtos do mercado.

1.4 JUSTIFICATIVA

A instável situação do cenário climático através do aquecimento global e os crescentes casos de queimadas representam um dos principais desafios ambientais que nosso país necessita enfrentar para se tornar uma nação mais segura e sustentável uma vez que ambos estes fatores constituem as principais causas para que o fogo destes incêndios neste cenário seja exponencial e descontrolado, tornando-se uma questão de larga escala que configura uma prioridade.

Apesar das tentativas de solucionar ou reduzir estas queimadas, seja com programas governamentais que congregam várias instituições ou ações particulares de ONGs ou institutos. Como a Associação Gaúcha de Proteção ao Ambiente Natural, uma das pioneiras em defesa ambiental no Brasil, além de outros órgãos governamentais como o corpo de bombeiros. Ainda há uma grande dificuldade em

evitar que as chamas, quando ocorrem, se espalhem com velocidade de maneira imprevisível e tomem conta de áreas nativas ou rurais, principalmente na região Amazônica. Isto ocorre, muitas vezes, pelo alto custo das tecnologias modernas de medição meteorológica, da necessidade de infraestruturas complexas e informações de lento acesso.

Nesse sentido, o desenvolvimento de um dispositivo de escala local, com capacidade de monitorar variáveis climáticas críticas - como umidade do ar, umidade do solo, temperatura, partículas suspensas e velocidade e direção do vento - justifica-se como uma opção economicamente mais acessível e preventiva. Além de ser capaz de reduzir significativamente os danos ambientais em matas protegidas, também poderá ser utilizado por comunidades do campo, unidades de conservação e órgãos do meio ambiente atendendo a necessidade por sistemas descentralizados e inteligentes para o combate ao incêndio florestal.

2. ESTADO DA ARTE

O SMC (Sensor de Marcadores Climáticos para Prevenção de Incêndios em Áreas de Risco) baseia-se em uma solução prática e acessível para a prevenção de incêndios florestais, por meio de um dispositivo local capaz de monitorar variáveis climáticas em tempo real o que o torna diferente das abordagens tradicionais por priorizar a simplicidade, o baixo custo e a aplicação direta em regiões vulneráveis a incêndios. Enquanto outras estratégias se baseiam em barreiras vegetais, análises históricas de dados climáticos, ou no uso de tecnologias complexas, a proposta do SMC aposta em um sistema mais comunitário. Ao coletar dados diretamente no local, o dispositivo busca superar limitações de acesso a informações confiáveis e atualizadas, permitindo respostas mais rápidas e eficazes no combate ao fogo.

Tabela 1 - Estado da Arte

PROJETO	RESUMO	AUTORIA	ANO
Inflamabilidad e de Espécies Arbóreas para Uso em Cortinas de Segurança na Prevenção de Incêndios Florestais	O trabalho tem como objetivo avaliar a inflamabilidade de quatro espécies de plantas sendo elas <i>Psidium cattleianum</i> , <i>Ligustrum lucidum</i> , <i>Schinus terebinthifolius</i> e <i>Bougainvillea glabra</i> . Para verificar seu potencial em faixas com vegetação de espécies menos inflamáveis usadas para conter a propagação de incêndios florestais foram realizados testes laboratoriais controlados, medindo variáveis como tempo para ignição, duração da chama, altura da chama e frequência de ignição, comparando os resultados com a espécie <i>Pinus taeda</i> , usada como referência por ser altamente inflamável. Os resultados mostraram que todas as espécies testadas apresentaram menor inflamabilidade que o <i>Pinus taeda</i> . Assim, as quatro espécies foram classificadas como fracamente inflamáveis, demonstrando potencial para uso em estratégias de prevenção de incêndios, embora o estudo recomende análises para confirmar os dados em diferentes regiões.	Bruna Kovalsyki, Igor Kiyoshi Takashina, Andressa Tres, Alexandre França Tetto, Antonio Carlos Batista.	2016

<i>Forest fire danger: application of Monte Alegre Formula and assessment of the historic for Piracicaba, SP</i>	O estudo avalia a eficácia de um índice de perigo de incêndio florestal conhecida como Fórmula de Monte Alegre (FMA) na região de Piracicaba (SP), ao longo de um período de 70 anos. Para isso, buscou-se adaptar e validar o uso desse índice por meio da correlação entre dados meteorológicos locais (umidade relativa do ar e precipitação) e a ocorrência de focos de calor detectados por sensoriamento remoto. O estudo também teve como meta estabelecer uma relação confiável entre a umidade relativa diária e a registrada às 13h, exigida pela fórmula, permitindo assim aplicar o índice mesmo em séries históricas que não contavam com essa informação específica. Dessa forma, o trabalho visa tanto resgatar o histórico de risco de incêndios quanto avaliar o monitoramento e a prevenção de queimadas na região..	Clayton Alcarde Alvares, Ítalo Ramos Cegatta, Lucas Augusto Abra Vieira, Rafaela Freitas Pavani, Eduardo Moré de Mattos, Paulo Cesar Sentelhas, José Luiz Stape e Ronaldo Viana Soares	2014
<i>Analyzing the uncertainties between reanalysis meteorological data and ground measured meteorological data</i>	O estudo buscou equilibrar os dados meteorológicos medidos em terra com os dados de satélite como os do ERA-Interim e NASA. Houve muita disparidade, especialmente na pressão ao nível do mar, atribuídas às variações nos níveis de pressão e não a erros dos sensores terrestres, os quais foram devidamente validados. Condições de céu limpo impactam negativamente os dados irradiativos de satélite, o que pode afetar outras variáveis climáticas também. Conclui-se que os dados de satélite contêm incertezas e erros que devem ser devidamente analizados e corrigidos. Recomenda-se a inclusão de indicadores de qualidade e incerteza nos registros climáticos, sem sobreposição de informações, para melhorar a confiabilidade dos dados.	Kingsley Eghonghon Ukhurebor, Samuel Ogochukwu Azi, Uyiosa Osagie Aigbe, Robert Birundu Onyancha, Joseph Onyeka Emegha.	2020
O Uso do Geoprocessamento	Foram abordados os métodos de prevenção a incêndios florestais no	Abisaer Lima Lago Junior	2021

<p>mento na Prevenção a Incêndios Florestais no Cerrado Maranhense</p>	<p>Cerrado, com foco nas ações do Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão (CBMMA) utilizando geoprocessamento. Inicialmente, são apresentadas informações sobre o Maranhão, seu bioma predominante e a legislação relacionada a incêndios em vegetação. A pesquisa investiga como o geoprocessamento pode auxiliar nas ações preventivas. Utilizando dados de focos de calor de 2016 a 2020 do INPE, foram elaborados mapas de calor no software QGIS. Os resultados indicaram maior incidência de focos nos municípios de Barra do Corda, Fernando Falcão e Mirador, especialmente no segundo semestre. Conclui-se que a prevenção deve ser ativa e passiva para reduzir os incêndios no Cerrado Maranhense.</p>		
<p><i>Advancements in Forest Fire Prevention: A Comprehensive Survey</i></p>	<p>Atualmente, os desafios relacionados ao desenvolvimento tecnológico e ambiental estão cada vez mais complexos. Entre os problemas ambientais mais relevantes, os incêndios florestais representam uma séria ameaça ao ecossistema global. Os danos causados às florestas são numerosos, resultando não apenas na destruição dos ecossistemas terrestres, mas também em mudanças climáticas. Reduzir o impacto desses incêndios sobre as pessoas e a natureza exige abordagens eficazes para prevenção, alerta precoce e intervenções bem coordenadas. Este documento apresenta uma análise da evolução das tecnologias utilizadas na detecção, monitoramento e prevenção de incêndios florestais, desde os anos anteriores até os dias atuais. São destacados os pontos fortes, as limitações e os desenvolvimentos futuros nesta área. Incêndios florestais tornaram-se uma preocupação ambiental crítica devido aos seus efeitos devastadores sobre os</p>	<p>Francesco Carta, Chiara Zidda, Martina Putzu, Daniele Loru, Matteo Anedda, Daniele Giusto.</p>	<p>2023</p>

	ecossistemas e às possíveis consequências climáticas.		
--	-------------------------------------------------------	--	--

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 FLORESTAS E PRESERVAÇÃO DE ECOSISTEMAS

As florestas são ecossistemas essenciais para a vida no planeta, pois abrigam uma enorme biodiversidade, regulam o clima e fornecem recursos naturais fundamentais. Elas funcionam como um grande filtro natural, purificando o ar ao absorver gás carbônico e liberar oxigênio, além de protegerem o solo contra erosão e manterem o equilíbrio do ciclo da água. A vegetação presente nas florestas retém a umidade do solo, contribui para a formação de chuvas e alimenta rios e lençóis freáticos, o que impacta diretamente o abastecimento de água das populações. A preservação dessas áreas também garante a sobrevivência de milhares de espécies animais e vegetais que dependem desse ambiente para viver e se reproduzir. Além do valor ambiental, as florestas têm importância social e econômica, pois fornecem alimentos, madeira, plantas medicinais e matéria-prima para comunidades tradicionais, que muitas vezes retiram seu sustento de forma sustentável desses espaços. Proteger as florestas e preservar os ecossistemas significa também cuidar da qualidade de vida das futuras gerações, evitar o avanço das mudanças climáticas e assegurar que os processos naturais que sustentam a vida continuem funcionando de maneira equilibrada. Por isso, conservar essas áreas é um dever coletivo de toda a sociedade e uma das prioridades para o desenvolvimento sustentável. (IBERDROLA,2025)

3.2 FOGO FLORESTAL

O fogo florestal é um fenômeno natural ou causado pelo homem, caracterizado pela queima rápida e descontrolada da vegetação em áreas florestais e campos. Ele pode surgir por raios, atrito de vegetação seca ou, mais comumente, por atividades humanas, como queimadas agrícolas, negligência com fogueiras, descarte inadequado de resíduos ou ações intencionais. Quando ocorre, o incêndio destrói rapidamente plantas, arbustos, árvores e habitats, afetando diretamente a biodiversidade local. Além da perda da vegetação, o fogo altera a composição do solo, reduz sua fertilidade e pode provocar erosão, tornando a regeneração natural mais lenta. A propagação das chamas depende de diversos fatores, como densidade da vegetação, tipo de solo, inclinação do terreno, umidade do ambiente e

intensidade do vento, o que torna cada incêndio único em seu comportamento e em seus impactos. (FEARNSIDE,2022)

3.2.1 CONSEQUÊNCIAS DO FOGO FLORESTAL

Os impactos ambientais do fogo florestal vão além da destruição imediata da flora e fauna. A queima libera grandes quantidades de gases poluentes, como dióxido de carbono, monóxido de carbono e partículas finas, contribuindo significativamente para a poluição atmosférica e o efeito estufa. A fumaça prejudica a qualidade do ar e pode causar problemas respiratórios em animais e humanos, afetando inclusive regiões urbanas próximas às áreas incendiadas. Além disso, a perda da cobertura vegetal interfere no ciclo da água, reduz a retenção de umidade no solo, compromete a formação de rios e lençóis freáticos e aumenta o risco de desertificação em regiões sensíveis. O fogo também altera os ecossistemas de forma duradoura, mudando a composição das espécies e, em muitos casos, impedindo a regeneração natural da vegetação original. (FEARNSIDE,2022)

Do ponto de vista social e econômico, os incêndios florestais representam graves ameaças para comunidades humanas e atividades produtivas. Eles podem destruir plantações, comprometer a produção agrícola, afetar a pecuária e reduzir recursos naturais utilizados por populações tradicionais. Além disso, exigem mobilização de recursos públicos e privados para combate e prevenção, incluindo brigadas especializadas, equipamentos, monitoramento climático e educação ambiental. A combinação desses impactos mostra que o fogo florestal não é apenas um fenômeno ambiental, mas também um problema social e econômico, reforçando a necessidade de políticas de prevenção, estratégias de combate eficientes e tecnologias de monitoramento capazes de reduzir os riscos e proteger tanto os ecossistemas quanto as comunidades humanas que deles dependem.

3.2.2 COMBATE E PREVENÇÃO AO FOGO FLORESTAL

As ações de combate ao fogo florestal envolvem o uso de brigadas especializadas, equipamentos adequados e tecnologia para monitoramento e contenção das chamas. Já a prevenção depende de medidas educativas, políticas públicas, fiscalização e uso de ferramentas tecnológicas capazes de detectar riscos antecipadamente (como o SMC). O monitoramento climático em tempo real tem se

mostrado cada vez mais importante para evitar desastres ambientais. (FEARNSIDE,2022;SENAR-PR,2021)

3.3 MARCADORES CLIMÁTICOS

Marcadores climáticos são variáveis ambientais utilizadas para avaliar condições que favorecem a ocorrência de incêndios, como temperatura, umidade do ar, pressão atmosférica e velocidade do vento. A análise desses indicadores permite prever situações de risco e planejar estratégias de prevenção e resposta a desastres naturais. (INMET,2025)

3.3.1 UTILIDADE DE MARCADORES CLIMÁTICOS PARA O COMBATE AOS INCÊNDIOS FLORESTAIS

Marcadores climáticos, como temperatura, umidade do ar e velocidade do vento, são fundamentais para a detecção precoce de incêndios e para entender a forma como o fogo pode se espalhar. Altas temperaturas e baixa umidade do ar aumentam a secagem da vegetação, tornando o ambiente mais propício à ignição de focos de incêndio. Já a velocidade e direção do vento influenciam diretamente a rapidez e o caminho pelo qual o fogo se propaga, permitindo prever áreas de risco e planejar ações de contenção mais eficazes. Ao monitorar constantemente esses indicadores, é possível identificar condições críticas antes que o fogo comece ou se alastre, ativando sistemas de alerta, mobilizando brigadas de combate e adotando medidas preventivas para reduzir danos ambientais e proteger comunidades próximas. (FEARNSIDE,2022)

3.3.2 DISPOSITIVOS CAPAZES DE DETECTAR MARCADORES CLIMÁTICOS

Dispositivos sensores, como sensores de temperatura, umidade, gás e pressão, são frequentemente utilizados em sistemas automatizados de monitoramento ambiental, como o Arduino. Estes dispositivos possibilitam a coleta contínua de dados ambientais, contribuindo para a detecção precoce de condições favoráveis ao surgimento de focos de incêndio. (INMET,2025)

3.4 ARDUINO

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de baixo custo composta por hardware e software de código aberto. Por ser simples de programar e compatível com diversos sensores, o Arduino é amplamente utilizado tanto na educação quanto no desenvolvimento de projetos tecnológicos, incluindo sistemas de monitoramento climático e ambiental. (ARDUINO,2025)

3.4.1 O QUE É UM ARDUINO

Os Arduinos são pequenas placas eletrônicas que funcionam como mini computadores capazes de executar comandos simples. Elas podem ser programadas para realizar diversas tarefas automáticas, como ler informações de sensores, ligar dispositivos, enviar avisos ou controlar pequenos motores. A ideia do Arduino é permitir que qualquer pessoa consiga construir projetos de tecnologia e automação sem precisar entender profundamente de eletrônica ou programação.

Por serem baratas e fáceis de usar, essas placas se tornaram muito populares em escolas, universidades, feiras de ciência e projetos caseiros. Com o Arduino, é possível criar coisas como estações de clima, robôs simples, alarmes, sistemas de irrigação automática e vários tipos de experimentos interativos. Ele é compatível com muitos sensores e componentes, o que permite montar sistemas que coletam dados do ambiente, como temperatura, umidade ou nível de luz. Por isso, o Arduino é muito usado em projetos que envolvem monitoramento ambiental, como o SMC, que realiza a detecção de potenciais incêndios florestais. (ARDUINO,2025)

3.4.2 UTILIDADE DO ARDUINO

Os Arduinos servem para criar projetos automáticos e inteligentes em diversas áreas do cotidiano. Na educação, eles são muito usados em escolas e cursos técnicos para ensinar eletrônica e programação de forma prática. Na automação residencial, podem acionar lâmpadas, trancar portas ou avisar quando falta água na caixa. Na área ambiental, ajudam a montar estações que medem temperatura, umidade, presença de gás ou risco de incêndio. No campo da agricultura, podem controlar irrigação automática, monitorar o solo e até economizar

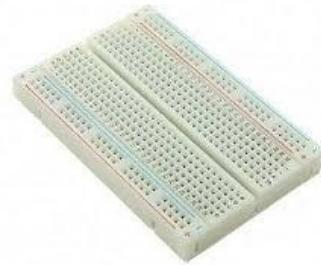
água. Também são utilizados em feiras de ciência, robótica, brinquedos interativos, sistemas de alarme, controle de acesso e pequenos projetos industriais. (ARDUINO,2025)

3.5. COMPONENTES

3.5.1 PROTOBOARD

Uma placa de ensaio utilizada para testar circuitos rapidamente sem a necessidade de solda.

Figura 1 - Protoboard

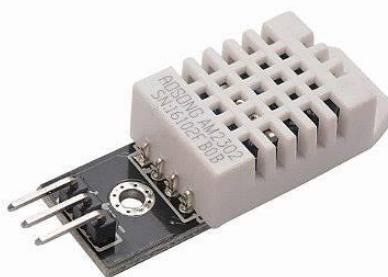


Fonte: Eletrogate (2025)

3.5.2 SENSOR DHT22

Um componente eletrônico capaz de medir temperatura e umidade do ar.

Figura 2 - Sensor DHT 22



Fonte: Eletrogate (2025)

3.5.3 PLACA WIFI ESP8266

Uma placa wifi capaz de conectar o dispositivo a internet, com a finalidade de transmissão de dados.

Figura 3 - Módulo Wi-Fi Esp8266 NODEMCU



Fonte: Eletrogate (2025)

3.5.4 MINI TURBINA EÓLICA

Uma turbina eólica de pequeno porte capaz de gerar energia elétrica a partir do vento.

Figura 4 - Mini-turbina eólica

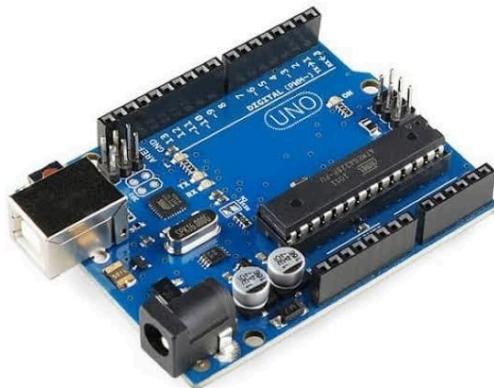


Fonte: Smart Kits (2025)

3.5.5 ARDUINO UNO

Uma placa utilizada para configurar e programar outros componentes eletrônicos associados. Os modelos diferentes podem trazer mudanças significativas para a utilização do mesmo.

Figura 5 - Placa Arduíno Uno



Fonte: MakerHero (2025)

3.6 DISPOSITIVO SMC

O SMC - Sensor de Marcadores Climáticos para Prevenção de Focos de Incêndio em Áreas de Risco, trata-se de um dispositivo montado a partir de materiais biodegradáveis com o objetivo de detectar valores como a umidade do ar, temperatura, velocidade e direção dos ventos, a partir de um circuito que utiliza-se de arduinos para detecção de marcadores climáticos. O SMC foi idealizado para ser fixado em áreas florestais, áreas estas que sejam mais vulneráveis a um risco elevado de propagação de fogo, ou que sejam foco de maior atenção, necessitando de proteção especial.

3.6.1 OBJETIVOS DO SMC

O SMC tem como objetivo principal, auxiliar órgãos e profissionais que realizam o monitoramento e verificação das variáveis climáticas, assim como calculam a possibilidade de uma incidência do fogo sobre determinada localização

ou as suas chances de alastramento sobre determinada direção. O dispositivo também foi pensado com o objetivo de armazenar dados climáticos para estudos climáticos em diferentes locais.

4. METODOLOGIA

4.1 TIPO DE PESQUISA

A pesquisa terá abordagem predominantemente quantitativa, uma vez que fará uso extensivo de dados objetivos e numéricos referentes à utilidade prática do dispositivo SMC, às evidências de sua viabilidade teórica e experimental, bem como à análise da necessidade de projetos semelhantes. Essa ênfase justifica-se pela natureza tecnológica do trabalho, que requer medições, comparações e validação de resultados em campo e em ambiente controlado.

O estudo será desenvolvido a partir do cruzamento de dados secundários, coletados em artigos científicos, relatórios técnicos e publicações especializadas (por exemplo, *SciELO*, *Elsevier*, *MDPI*, entre outros). A comparação de informações provenientes de diferentes trabalhos acadêmicos permitirá identificar convergências e relevâncias para os objetivos do projeto, especialmente no que se refere à condensação de dados climáticos em regiões florestais para prevenção e combate aos incêndios. Como destaca Alvares et al. (2014), índices locais de perigo de incêndio só adquirem eficácia quando calibrados com dados meteorológicos confiáveis, o que reforça a importância da utilização de múltiplas fontes para validação metodológica.

De forma complementar, será aplicada uma abordagem qualitativa, em menor escala, para investigar aspectos práticos do combate a incêndios em nível local. Para isso, serão realizadas entrevistas e levantamentos documentais junto a instituições como o Corpo de Bombeiros Militar e o Grupamento de Defesa Ambiental *Ipson Silveira Pavani*, ambos localizados em São Leopoldo/RS. Essa etapa buscará compreender a percepção dos agentes quanto à disponibilidade, utilidade e rapidez no acesso a dados climáticos, bem como levantar informações sobre equipamentos e protocolos operacionais em uso. Conforme lembra Fearnside (2022), muitas vezes o maior desafio no combate ao fogo não está apenas na coleta de informações, mas em sua efetiva circulação entre os órgãos responsáveis.

No que se refere à classificação metodológica, a pesquisa caracteriza-se como descritiva e aplicada. Será descritiva por aprofundar as razões climáticas, geográficas e circunstanciais que levam ao surgimento e ao alastramento de incêndios florestais; e aplicada, por propor uma solução concreta com potencial de uso imediato por instituições de caráter ambiental. Essa perspectiva envolve:

- análise dos principais métodos de combate ao fogo no Brasil;
- avaliação do funcionamento de estações meteorológicas preexistentes e de seus custos;
- discussão sobre a universalização do acesso a dados climáticos para brigadas de incêndio;
- identificação das dificuldades fundamentais na coleta, transmissão e interpretação de dados em campo.

A base de conteúdo para essa análise será construída prioritariamente a partir de fontes bibliográficas e documentais, incluindo artigos da plataforma *SciELO*, revistas científicas da área ambiental, relatórios governamentais e reportagens de veículos especializados em meio ambiente. Como reforça Carta et al. (2023), a complexidade dos incêndios florestais exige a integração entre ciência acadêmica, políticas públicas e tecnologias de monitoramento, justificando a adoção dessa estratégia metodológica mista.

4.2 PROCEDIMENTOS E ETAPAS

O projeto será desenvolvido em etapas sucessivas:

Levantamento bibliográfico

- Consulta a artigos científicos em bases como *SciELO*, *Scopus* e *Elsevier*, bem como relatórios técnicos de órgãos ambientais nacionais (INPE, MMA, IBAMA) e internacionais (FAO, ONU).
- Identificação de trabalhos semelhantes sobre monitoramento climático, prevenção de incêndios e tecnologias de baixo custo aplicadas à área ambiental.
- Revisão de dados históricos de grandes incêndios no Brasil e no exterior, como os da Amazônia (Agência Brasil, 2023) e o “Black Summer” na Austrália (University of Melbourne, 2019).

4.2.1 ANÁLISE DOCUMENTAL E COMPARATIVA

- Exame de relatórios oficiais, legislações e políticas públicas voltadas ao combate de incêndios florestais.
- Comparação entre índices de risco utilizados no Brasil, como a Fórmula de Monte Alegre (Alvares et al., 2014), e metodologias estrangeiras de previsão climática.
- Avaliação crítica de falhas recorrentes de comunicação e de acesso a dados em situações de crise, como destacado por Christoff (2023) ao analisar os incêndios australianos.

4.2.2 PESQUISA DE CAMPO QUALITATIVA

- Levantamento junto ao Corpo de Bombeiros Militar e ao Grupamento de Defesa Ambiental Ipson Silveira Pavani (São Leopoldo/RS), por meio de entrevistas estruturadas e análise documental.
- Identificação de dificuldades enfrentadas na coleta, interpretação e transmissão de dados meteorológicos em operações reais.
- Análise das práticas locais em comparação com metodologias internacionais de prevenção.

4.2.3 INTEGRAÇÃO E CRUZAMENTO DE DADOS

- Organização e tabulação dos dados coletados nas etapas bibliográfica, documental e de campo.
- Identificação de padrões, convergências e lacunas nas práticas atuais de monitoramento climático aplicadas ao combate a incêndios.

4.2.4 SÍNTESE E PROPOSIÇÃO METODOLÓGICA

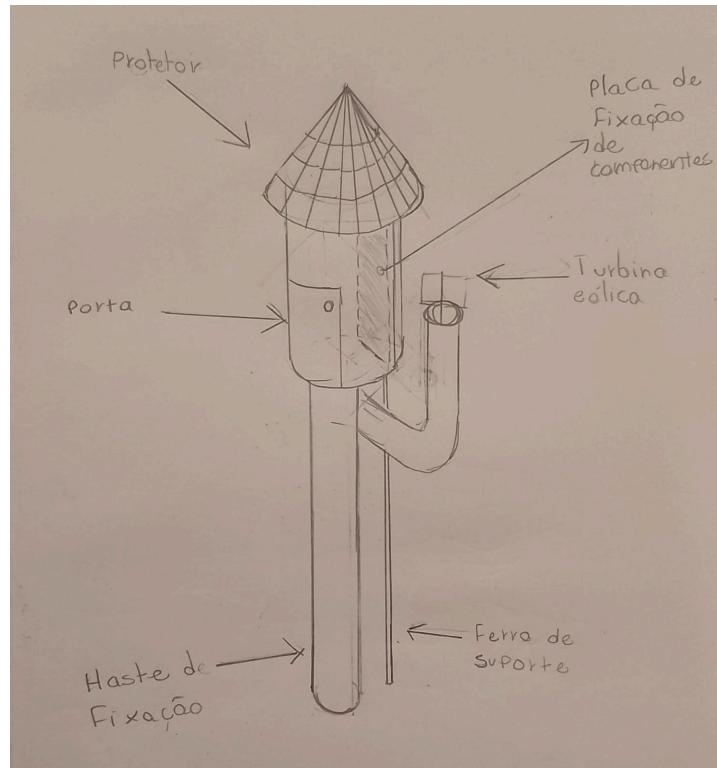
- Elaboração de uma análise integrativa que relate as evidências coletadas às condições práticas de prevenção de incêndios no Brasil.

- Definição dos parâmetros essenciais que um dispositivo de monitoramento climático precisa atender para ser útil, econômico e acessível a órgãos ambientais.
- Proposição do SMC como alternativa possível, apresentada não apenas como protótipo, mas como resposta direta às lacunas detectadas na pesquisa.

4.2.5 PROTÓTIPO

- Após a revisão do conteúdo completo de pesquisa, será feita a seleção dos equipamentos necessários para a montagem do protótipo inicial, que são Arduino Uno, sensor DHT22 (temperatura e umidade), módulo Wi-Fi ESP8266, mini turbina eólica, protoboard, cabos e caixa biodegradável.
- Montagem do circuito em protoboard, permitindo testes iniciais de leitura de dados dos sensores.
- Desenvolvimento da programação em linguagem Arduino, criando a lógica de leitura, tratamento e envio dos dados climáticos para uma interface digital.
- Integração do sistema de comunicação via Wi-Fi, permitindo a transmissão em tempo real dos dados coletados para dispositivos móveis ou computadores conectados à internet.
- Testes controlados em ambiente simulado, verificando a precisão das leituras de temperatura, umidade e velocidade do vento.
- Instalação do protótipo em área externa experimental, exposta a condições reais de variação climática. Tentativa foi feita, mas não adequada.
- Coleta e análise dos dados obtidos, comparando-os com registros de estações meteorológicas locais, a fim de validar a confiabilidade do dispositivo. Esta etapa não foi finalizada, pois o protótipo ainda não foi instalado em uma localização adequada para tal teste.
- Aprimoramento do protótipo de acordo com falhas ou inconsistências identificadas. Os aprimoramentos ainda não foram realizados.

Figura 6: SMC - Rascunho Inicial



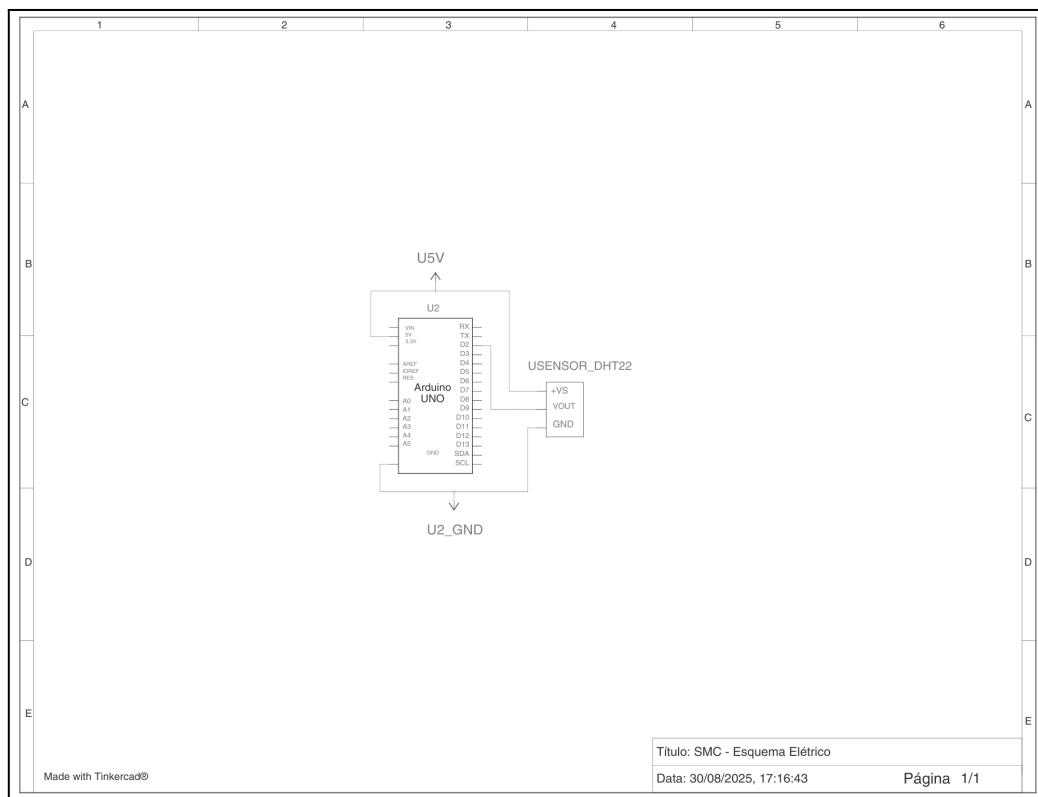
Fonte: Os autores

4.3 ESQUEMA ELÉTRICO

O esquema elétrico se trata de uma visão ilustrativa em forma de desenho de um circuito elétrico, no qual é possível organizar a passagem da corrente elétrica e identificar a saída e entrada da mesma. Assim como representa através de uma legenda, detalhes e informações técnicas cruciais para o seu entendimento, a partir da visualização de todos os seus componentes e suas conexões agrupados em uma ou mais páginas da representação técnica.

4.3.1 ESQUEMA ELÉTRICO INICIAL SMC

Figura 7 - Esquema elétrico



Fonte: Os autores

4.3.2 LEGENDA

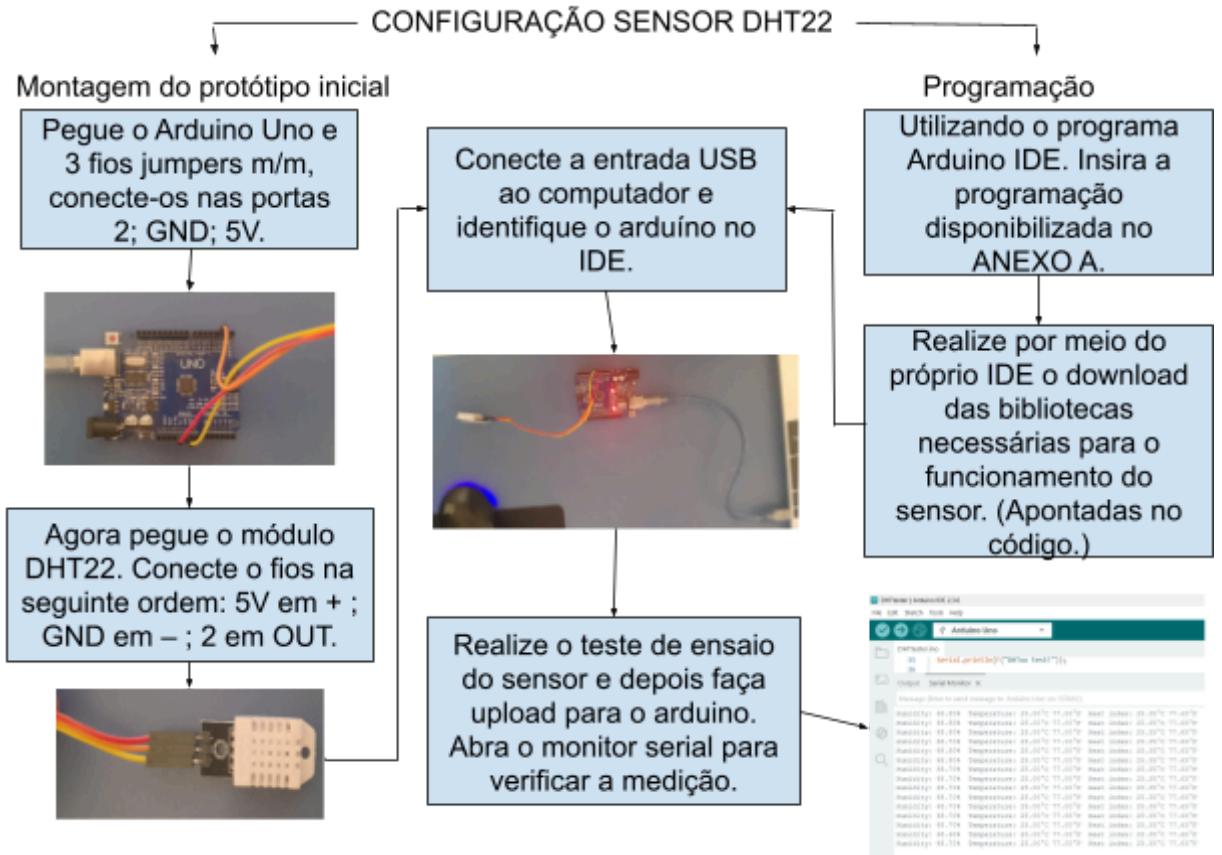
Os símbolos/termos apresentados acima no circuito elétrico, significam respectivamente as seguinte informações:

- USENSOR_DHT22: Sensor DHT22.
- U2: Arduino Uno.
- U2_GND: Pino GND do componente U2.
- U5V: Pino de alimentação de 5V do componente USENSOR_DHT22.
- VOULT: Sinal de saída.
- GND: Terra elétrica.
- +VS: Alimentação Elétrica.

4.4 PROGRAMAÇÃO

O fluxograma a seguir apresenta o funcionamento do sensor DHT acoplado ao dispositivo SMC. É por meio dele que faremos as medições de umidade do ar e temperatura ambiente:

Figura 8: Fluxograma da programação



Fonte: Os autores

A programação atual do sensor foi feita com o suporte do canal no youtube GE projetos e tutoriais, no vídeo “Como utilizar o Módulo DHT22 (Sensor de Umidade e Temperatura) – Tutorial 13.”. Na descrição do vídeo, está contido a programação, bibliotecas e explicação da utilização do programa, quais foram fundamentais para a realização da primeira parte do protótipo. O código disponibilizado no ANEXO A é de autoria do canal. A programação foi primeiramente desenvolvida para a utilização com uma tela LED, mas como não será utilizada inicialmente, iremos realizar o ensaio das medições por meio do ‘Serial Monitor’. Trata-se de uma ferramenta do próprio arduino IDE, a qual será utilizada no lugar da tela.

A configuração de um sensor DHT22 com a placa Arduino Uno começa com a montagem correta do circuito. O sensor possui três pinos principais: alimentação (VCC), terra (GND) e sinal (DATA). Para ligá-lo ao Arduino, conecta-se o pino VCC ao pino 5V (dependendo do módulo, você pode colocá-lo em 3.3V também, mas é importante citar que deve-se mudar a linha de código no programa ARDUINO IDE), o GND ao GND da placa, e o pino de sinal a uma porta digital, como o pino 2, por exemplo. É recomendado também utilizar um resistor pull-up de 10kΩ entre o pino de dados e o VCC para garantir a estabilidade da leitura.

Figura 9: Módulo DHT 22 + Arduino Uno



Fonte: Os autores.

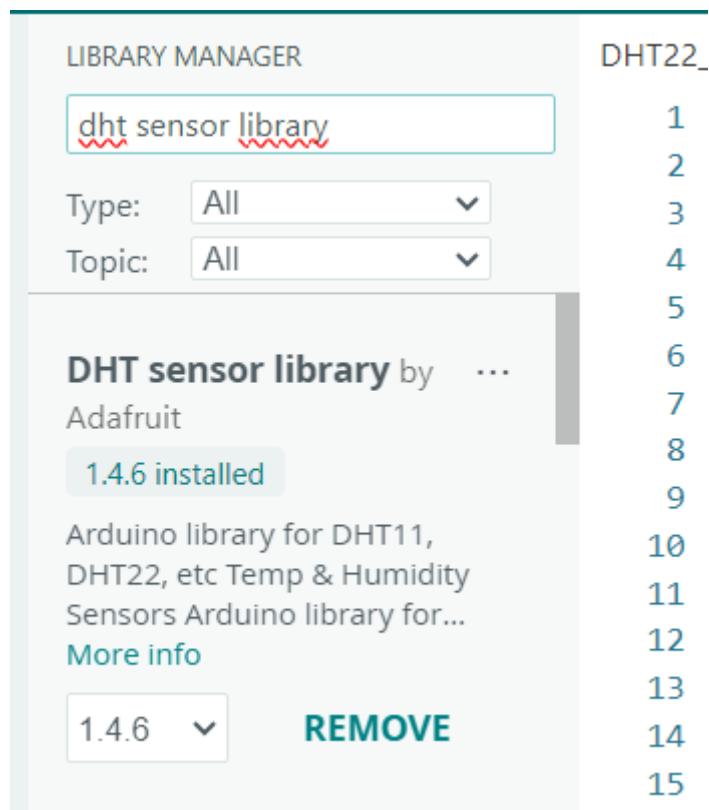
Com a parte física conectada, o próximo passo é configurar o ambiente de programação no Arduino IDE. Primeiramente, é necessário instalar a biblioteca correta. Isso é feito acessando o menu "Sketch" > "Incluir Biblioteca" > "Gerenciar Bibliotecas..." e buscando por "DHT sensor library by Adafruit". Após a instalação, também é recomendável instalar a biblioteca "Adafruit Unified Sensor", que é uma dependência. Com as bibliotecas instaladas, o código pode ser iniciado com os comandos `#include <DHT.h>` e a definição do pino de dados (`#define DHTPIN 2`) e do tipo de sensor (`#define DHTTYPE DHT22`). Em seguida, o objeto do sensor é criado com `DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);`.

Figura 10: Iniciação do código por meio de bibliotecas.

```
DHT22_com_Display_OLED_1.ino  launch.json
1  #include <DHT.h> //Biblioteca com as funções para controlar o DHT22
2  #include <Wire.h> //Biblioteca para comunicação I2C com o Display OLED
3  #include <Adafruit_GFX.h> //Biblioteca com funções gráficas para o Display OLED
4  #include <Adafruit_SSD1306.h> //Biblioteca para comunicação com o hardware do Display OLED
5  #include <Fonts/FreeSerif9pt7b.h> //Biblioteca com a fonte para digitar caracteres no Display OLED
```

Fonte: Os autores

Figura 11: Exemplo de pesquisa da biblioteca.



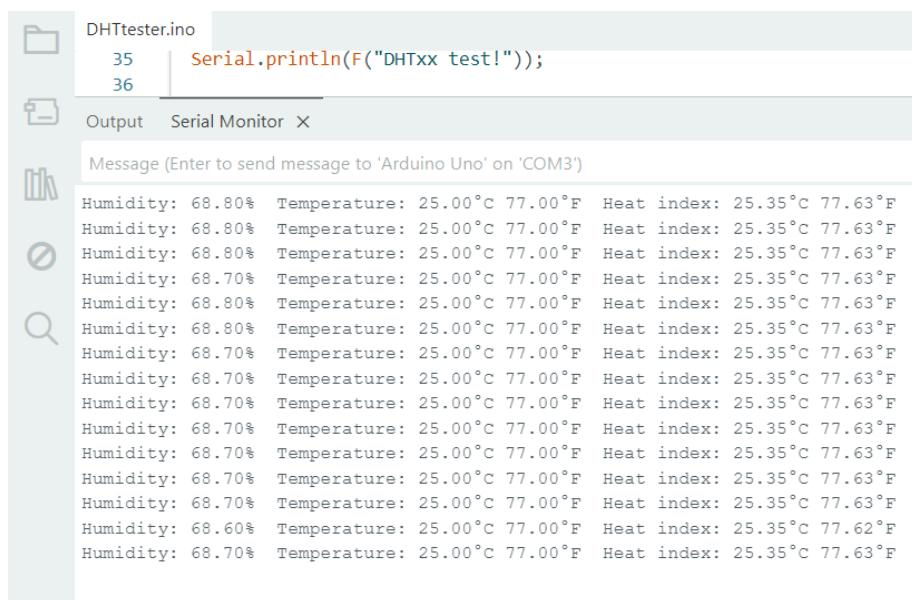
Fonte: Os autores

Na função `setup()`, o sensor é inicializado com o comando `dht.begin()`, e o monitor serial pode ser iniciado com `Serial.begin(9600)`. Já na função `loop()`, as leituras de temperatura e umidade são feitas com `dht.readTemperature()` e `dht.readHumidity()`, e podem ser exibidas no monitor serial. Com isso, o sensor começa a fornecer dados ambientais de forma digital e precisa, permitindo aplicações em monitoramento climático, automação residencial e projetos educacionais com Arduino. Essa configuração básica serve como base para projetos

mais complexos que envolvem sensores ambientais e comunicação com outros dispositivos. A temperatura foi captada em graus celsius e fahrenheit.

O resultado final no Serial Monitor se assemelha a este:

Figura 12: Medições no Monitor Serial.



The screenshot shows the Arduino IDE's Serial Monitor window. The title bar says 'DHTtester.ino'. The code area contains the following code:

```
Serial.println(F("DHTxx test!"));

35
36
```

The 'Output' tab is selected, and the 'Serial Monitor' tab is open. The message input field is empty, showing 'Message (Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'COM3')'. The data output window displays a series of temperature and humidity readings:

```
Humidity: 68.80% Temperature: 25.00°C 77.00°F Heat index: 25.35°C 77.63°F
Humidity: 68.80% Temperature: 25.00°C 77.00°F Heat index: 25.35°C 77.63°F
Humidity: 68.80% Temperature: 25.00°C 77.00°F Heat index: 25.35°C 77.63°F
Humidity: 68.70% Temperature: 25.00°C 77.00°F Heat index: 25.35°C 77.63°F
Humidity: 68.80% Temperature: 25.00°C 77.00°F Heat index: 25.35°C 77.63°F
Humidity: 68.80% Temperature: 25.00°C 77.00°F Heat index: 25.35°C 77.63°F
Humidity: 68.70% Temperature: 25.00°C 77.00°F Heat index: 25.35°C 77.63°F
Humidity: 68.70% Temperature: 25.00°C 77.00°F Heat index: 25.35°C 77.63°F
Humidity: 68.70% Temperature: 25.00°C 77.00°F Heat index: 25.35°C 77.63°F
Humidity: 68.70% Temperature: 25.00°C 77.00°F Heat index: 25.35°C 77.63°F
Humidity: 68.70% Temperature: 25.00°C 77.00°F Heat index: 25.35°C 77.63°F
Humidity: 68.70% Temperature: 25.00°C 77.00°F Heat index: 25.35°C 77.63°F
Humidity: 68.60% Temperature: 25.00°C 77.00°F Heat index: 25.35°C 77.62°F
Humidity: 68.70% Temperature: 25.00°C 77.00°F Heat index: 25.35°C 77.63°F
```

Fonte: Os autores

4.5 ENTREVISTA

No dia 3 de junho de 2025 foi realizada uma entrevista com o comandante do Corpo de Bombeiros Jardel Varias, em São Leopoldo, Av João Corrêa, no segundo batalhão dos Bombeiros Militares. A entrevista foi conduzida pelos membros Gustavo Lauermann e Cassiano Scherer de Moraes, enquanto a análise mais técnica para implementação de mudanças no projeto foi realizada pelo membro Giovanni Fiorino.

4.5.1 PERGUNTAS

- Em que situações um bombeiro mais sentiria falta de informações meteorológicas precisas?
- Quais ou qual dado seria o mais necessário em uma situação real de incêndio florestal?

- Como o uso de estações meteorológicas em geral auxiliam o serviço dos bombeiros em áreas florestais?
- Quais características vocês consideram essenciais em um dispositivo destinado a prever o comportamento de incêndios?
- Preferem um equipamento portátil, fixo em campo ou integrado a sistemas digitais (como centrais de comando)?
- Esse tipo de tecnologia seria mais relevante para combate direto (no local) ou para planejamento e prevenção de incêndios?
- Quais informações meteorológicas são, hoje, mais difíceis de obter no local de operação?
- A equipe dispõe de tempo e recursos durante a operação para consultar dados meteorológicos detalhados?
- Seria importante que o dispositivo enviasse dados em tempo real para uma central de comando ou outros dispositivos?
- Existe a necessidade de que os dados sejam compartilhados com outras equipes (ex.: Defesa Civil, brigadas, órgãos ambientais)?
- Na percepção da equipe, vocês considerariam viável e relevante incluir um dispositivo desse tipo nas operações de incêndio?
- Existem preocupações quanto à robustez, resistência, confiabilidade ou manutenção de um dispositivo desse tipo em campo?
- Há resistência no uso de novas tecnologias no ambiente de combate ou a equipe está aberta a inovações desse tipo?

- Acreditam que isso poderia melhorar a eficiência no controle de incêndios? Se sim, de que forma?

4.5.2 RESULTADOS

Durante a conversa, o mesmo destacou que a distância até o local de um incêndio pode dificultar bastante o combate, principalmente quando a comunicação com a base é limitada. Outro ponto levantado foi que a Defesa Civil não recebe informações diretas sobre os incêndios, o que acaba atrapalhando a atuação conjunta. Segundo o comandante, é essencial ter rapidamente dados como: quantidade de residências envolvidas, o que está em chamas, a possível origem do incêndio, o que existe no entorno e a direção do vento. Esses fatores fazem diferença no planejamento, mas quase nunca chegam de forma completa ao Corpo de Bombeiros. Quando questionado sobre o dispositivo proposto, o comandante afirmou que ele seria muito útil e viável, podendo ajudar tanto os bombeiros quanto a Defesa Civil, já que poderia permitir o acompanhamento da situação em tempo real. As informações coletadas pelo dispositivo serão aplicadas diretamente durante o combate, facilitando as decisões no momento da ocorrência.

Por fim, o comandante comentou que medir a umidade não teria grande utilidade nesse contexto. Em vez disso, sugeriu a inclusão de um sensor infravermelho, que poderia oferecer dados mais relevantes para a equipe.

5. CRONOGRAMA

Tabela 2 - Cronograma

6. RECURSOS

Tabela 3 - Recursos

Material	Valor unitário	Quantidade	Valor total	Fonte	Data
Uno R3 SMD CH340 + Cabo Usb para Arduino	49,90	1	49,90	Eletrogate	26/08/2025
Sensor de Umidade e Temperatura I2C AM2320	26,90	1	26,90	Eletrogate	26/08/2025
Jumpers - Macho/Macho - 20 Unidades de 20cm	4,90	2	9,80	Eletrogate	26/08/2025
Mini Turbina Eólica Gerador com Led	78,50	1	78,50	Arduino Belém	26/08/2025
Módulo WiFi ESP8266 ESP-13	42,95	1	42,95	Eletrogate	26/08/2025
Valor final: R\$ 208,50					

7. RESULTADOS ESPERADOS OU PARCIAIS

O SMC é um dispositivo pensando no âmbito ambiental regional local, desenvolvido para fornecer um dispositivo que faça juz a sua função principal, com uma qualidade boa e preço acessível às populações locais. Em termos gerais, o SMC deve ser capaz de medir variáveis climáticas como temperatura e umidade do ar, de forma constante e eficiente, armazenar e compartilhar estes dados com organizações locais que façam bom proveito de tais informações, como o corpo de bombeiros, ao mesmo tempo que oferece estes serviços de forma acessível e pouco custosa a seja qual for a situação em que esteja sendo utilizada.

7.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE O PROTÓTIPO INICIAL

A carcaça inicial do SMC não foi definitivamente decidida, existem algumas possibilidades de estruturação do protótipo que podem ser mais exploradas, visando um melhor armazenamento dos componentes. Os materiais que a compõem podem ter uma ampla variedade de opções. Em relação a captação das variáveis climáticas, o protótipo obteve êxito em suas primeiras tentativas, um resultado positivo e indicador de um bom direcionamento de projeto.

7.2 MELHORIAS E INTEGRAÇÕES AO DISPOSITIVO

Observou-se principalmente que o SMC pode se tornar um dispositivo ainda mais completo e utilitário, não só na estrutura que o compõe, como na inclusão de novos componentes. A implementação de um sensor infravermelho e detectores de partículas em suspensão no ar, como MQ-135, MQ-7 e MQ-2 tem sido amplamente considerada. Explora-se também a possibilidade da adição de uma placa solar para uma maior sustentabilidade e durabilidade da vida útil do SMC.

Foi analisada também, a interessante possibilidade da criação de um medidor de periculosidade para a possibilidade de incêndio e alastramento de fogo com base em dados captados pelo SMC. Entretanto, essa ideia se encontra em um campo mais especulativo, porém promissor.

7.3 ÁREAS DE ATUAÇÃO

Acredita-se que o SMC tenha grande capacidade de resultados positivos ao ser instalado em áreas de vulnerabilidade social maior, menor interferência governamental e grande exposição a fatores de risco para inícios de incêndio em áreas florestais. Tem-se também que a sua utilização possa ser de caráter substituidor para dispositivos mais caros e não tão direcionados a esta área específica.

REFERÊNCIAS

CHRISTOFF, Peter. Black summer mostrou que somos bons em emergências, mas ruins em crises: University of Melbourn, 2023. Disponível em: <https://pursuit.unimelb.edu.au/articles/black-summer-showed-we-re-good-in-an-emergency-but-bad-in-a-crisis>. Acesso em 19 de maio de 2025.

OLHAR DIGITAL. Amazônia registra o maior número de incêndios florestais em 17 anos. Olhar Digital, 2025. Disponível em: <https://olhardigital.com.br/2025/01/02/ciencia-e-espaco/amazonia-registra-o-maior-número-de-incendios-florestais-em-17-anos>. Acesso em: 19 maio 2025.

AGÊNCIA BRASIL. Mais de 17,3 milhões de hectares foram queimados em 2023 no país. Agência Brasil, 2024. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2024-01/mais-de-173-milhoes-de-hectares-foram-queimados-em-2023-no-pais>. Acesso em 19 de maio de 2025.

BBC NEWS BRASIL. Fogo em Los Angeles: as razões que levaram o incêndio atual a se tornar o pior da história da cidade. [S.I.], 2025. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=AfQ_HpNGFs0. Acesso em: 10 de abril de 2025.

BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. Resultados da Operação Guardiões do Bioma são apresentados durante Conferência do Clima. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/justica-e-seguranca/2021/11/resultados-da-operacao-guardioes-do-bioma-sao-apresentados-durante-conferencia-do-clima>. Acesso em: 28 abr 2025.

BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. Operação Guardiões do Bioma na defesa do meio ambiente. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/meio-ambiente-e-clima/2022/09/operacao-guardioes-do-bioma-na-defesa-do-meio-ambiente>. Acesso em: 28 abr 2025.

Kovalskyi, Bruna et al. Inflamabilidade de Espécies Arbóreas para Uso em Cortinas de Segurança na Prevenção de Incêndios Florestais. Brazilian Journal of Forestry Research, Curitiba/PR; 30/12/2016. Acesso em 03 jun 2025.

Alcarde A., Clayton et al. Forest fire danger: application of Monte Alegre Formula

and assessment of the historic for Piracicaba, SP. Scientia Forestalis, Piracicaba/SP; 03/07/2014. Acesso em 04 jun 2025.

Eghonghon, Kingsley et al. Analyzing the uncertainties between reanalysis meteorological data and ground measured meteorological data, ELSEVIER, Benin City/Nigéria, 30/06/2020. Acesso em 12 jun 2025.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Instrumentos meteorológicos. Disponível em: https://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=institucional/sobre_inmet. Acesso em: 22 ago. 2025.

Junior L.L., Abisaer. O Uso do Geoprocessamento na Prevenção a Incêndios Florestais no Cerrado Maranhense, https://repositorio.uema.br/jspui/bitstream/123456789/1489/1/MONOGRAFIA_ABISAPER_LIMA_LAGO_JUNIOR_FINAL_IMPRESSAO%20%281%29.pdf, São Luís/MA, 28/06/2021. Acesso em 12 jun 2025.

Carta, Francesco et al. Advancements in Forest Fire Prevention: A Comprehensive Survey, <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/14/6635>, Cagliari, Italy, 24/07/2023. Acesso em 12 Jun 2025.

IBERDROLA. A importância das florestas. Disponível em: <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/importancia-da-floresta>. Acesso em: 18 ago. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Florestas do Brasil: dados e estatísticas. Brasília, DF: MMA, 2007. Disponível em: <https://publicacoes-snif.florestal.gov.br/florestasdobrasil/pt/referencias-bibliograficas/>. Acesso em: 21 jul 2025.

FEARNSIDE, P. M. Fogo na Amazônia: impactos ambientais e sociais. Brasília, DF: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2022. Disponível em: https://philip.inpa.gov.br/publ_livres/2022/Fearnside-2022-Fogo_na_Amazonia-Impactos_ambientais_e_sociais.pdf. Acesso em: 18 jul. 2025.

SENAF-PR. Prevenção e combate aos incêndios florestais. Curitiba, PR: SENAR-PR, 2021. Disponível em: https://www.sistemafaep.org.br/wp-content/uploads/2021/11/PR.0258-Combate-Incendios-Florestais_web.pdf. Acesso em: 19 jul 2025.

INPE. Manual de prevenção e combate a incêndios florestais. Brasília, DF: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1998. Disponível em: https://dataserver-coids.inpe.br/queimadas/queimadas/Publicacoes-Impacto/material_3os/1998_Silva_ManualPrevencaoIncendiosFlorestais_IBAMA_DE3os.pdf. Acesso em: 19 jul.. 2025.

ARDUINO. Referência da linguagem Arduino. Disponível em: <https://docs.arduino.cc/language-reference/pt/>. Acesso em: 21 jul. 2025.

ARDUINO. Arduino Documentation. Disponível em: <https://docs.arduino.cc/>. Acesso em: 20 ago. 2025.

SMARTKITS. Mini turbina eólica gerador com LED. Disponível em: https://www.smartkits.com.br/mini-turbina-eolica-gerador-com-led?srsltid=AfmBOop7Eq5E5KpLFV1H5XzA6P6p3M_-8YvJLPEVnVBqY3Wx3H2UqF2P. Acesso em: 2 ago. 2025.

ELETROGATE. Módulo sensor de temperatura e umidade DHT22. Disponível em: <https://www.eletrogate.com/modulo-sensor-temperatura-e-umidade-dht22>. Acesso em: 2 ago. 2025.

ELETROGATE. Módulo WiFi ESP8266 NodeMCU ESP-12E. Disponível em: <https://www.eletrogate.com/modulo-wifi-esp8266-nodemcu-esp-12e>. Acesso em: 2 ago. 2025.

MAKERHERO. Placa UNO R3 com cabo USB para Arduino. Disponível em: <https://www.makerhero.com/produto/placa-uno-r3-cabo-usb-para-arduino/?srsltid=AfmBOorpdd4Z7ARSSeh7WF-hgJPWIzoWMU6eS0NI2sq-bP9qlw7nR1TS>. Acesso em: 2 ago. 2025.

ELETROGATE. Uno R3 SMD CH340 + Cabo USB para Arduino. Disponível em: <https://www.eletrogate.com/uno-r3-smd-ch340>. Acesso em: 28 ago. 2025.

ELETROGATE. Sensor de Umidade e Temperatura I2C AM2320. Disponível em: <https://www.eletrogate.com/sensor-de-umidade-e-temperatura-i2c-am2320>. Acesso em: 28 ago. 2025.

ELETROGATE. Jumpers – Macho/Macho – 20 Unidades de 20 cm. Disponível em: <https://www.eletrogate.com/jumpers-macho-macho-20-unidades-de-20-cm>. Acesso em: 28 ago. 2025.

ARDUINO BELÉM. Mini Turbina Eólica Gerador com Led. Disponível em: <https://www.arduinoabelem.com.br/produto/mini-turbina-eolica-gerador-com-led/?srsltid=AfmBOor3-dXp2eFtknezdFhO9mYbGX-Uj0W17f96LpJKfz2Npj7eqSGR>. Acesso em: 28 ago. 2025.

ELETROGATE. Módulo WiFi ESP8266 ESP-13. Disponível em: <https://www.eletrogate.com/modulo-wifi-esp8266-esp-13>. Acesso em: 28 ago. 2025.

GE PROJETOS E TUTORIAIS. Como utilizar o Módulo DHT22 (Sensor de Umidade e Temperatura) – Tutorial 13. YouTube. Disponível em: <https://youtu.be/m71B6Qvhi9M>. Acesso em: 2 set. 2025.

ANEXOS

ANEXO A - PROGRAMAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO DO MÓDULO SENSOR DHT 22 POR GE PROJETOS E TUTORIAIS.

```
#include <DHT.h> //Biblioteca com as funções para controlar o DHT22
#include <Wire.h> //Biblioteca para comunicação I2C com o Display OLED
#include <Adafruit_GFX.h> //Biblioteca com funções gráficas para o Display OLED
#include <Adafruit_SSD1306.h> //Biblioteca para comunicação com o hardware do
Display OLED
#include <Fonts/FreeSerif9pt7b.h> //Biblioteca com a fonte para digitar caracteres no
Display OLED

#define comprimentoDaTela 128 //Define que o comprimento da tela é de 128 pixels
#define larguraDaTela 64 //Define que a largura da tela é de 64 pixels

#define PinoDHT 2 //Define que o sinal do sensor será conectado no pino 2
#define TipoDHT DHT22 //Define que o DHT é do tipo DHT22, não é DHT11 nem
DHT21

Adafruit_SSD1306 display(comprimentoDaTela, larguraDaTela, &Wire, -1); //Declara
o display com 128x64 pixels e sem pino de reset

DHT ModuloDHT22(PinoDHT, TipoDHT); //Cria uma variável do tipo DHT chamada
ModuloDHT22 no pino digital 2 e do tipo DHT22

float umidade, temperatura; //Variáveis que vão armazenar umidade e temperatura

void setup() {
    ModuloDHT22.begin(); //Inicializa o Módulo DHT22
    display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C); //Inicializa o display com
    endereço I2C 0x3C
}

void loop() {
    umidade = ModuloDHT22.readHumidity(); //lê a umidade no sensor
```

```
temperatura = ModuloDHT22.readTemperature(); //lê a temperatura no sensor

display.setFont(&FreeSerif9pt7b);
display.clearDisplay();
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(0,13);
display.println("Modulo DHT22");
display.setCursor(0,34);
display.print("Umidade ");
display.print(umidade);
display.print("%");
display.setCursor(0,55);
display.print("Temp ");
display.print(temperatura);
display.print("°C");
display.display();
delay(2000);
}
```

