



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

ANHANGÁ

Sistema Automático de Prevenção de Incêndio nas Matas

João Antônio do Nascimento Moreira de Jesus

Relatório de Iniciação Científica do
programa PIBIC, orientada pela
Rosemary Aparecida Odorizi Lima
e Prof. Ms Fábio Henrique Moreira
de Jesus

INPE

Cachoeira Paulista

2025

Dedicamos este trabalho a todas as pessoas que fizeram e fazem parte de nossa caminhada, em especial, nossas famílias, nossos professores, coordenadores e outras pessoas que compartilharam parte do seu conhecimento para o nosso desenvolvimento. Assim como constantemente nos apoiaram e nos deram o suporte necessário para que alcançássemos o nosso êxito.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradecemos a Deus por ter nos iluminados, ter dado forças, paciência e coragem para enfrentarmos os obstáculos e conseguirmos vencê-los.

Aos nossos pais, que acreditaram no nosso potencial e estiveram presentes em todos os momentos de nossas vidas, principalmente nas conquistas.

A Etec Prof. Alfredo de Barros Santos de Guaratinguetá pela excelente qualidade de ensino, formando pessoas.

Aos professores Fábio e Rosemary pela excelência na orientação.



RESUMO

As queimadas causam impactos ambientais, econômicos e sociais significativos, especialmente no estado de São Paulo, onde, em 2024, mais de 600 hectares de áreas de proteção foram afetados. Para enfrentar esse desafio, foi desenvolvido o sistema ANHANGÁ, que monitora variáveis ambientais por sensores de umidade e temperatura do ar (DHT11) e do solo (LM393), acionando automaticamente um pulverizador de água para reduzir a inflamabilidade local e prevenir incêndios. O projeto está alinhado com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 13 — Ação contra a Mudança Global do Clima, e 15 — Vida Terrestre, da Organização das Nações Unidas. O desenvolvimento envolveu pesquisa bibliográfica, prototipagem com componentes eletrônicos, testes de calibração e validação, além da criação de um reservatório com comporta para captação de água da chuva, fabricado via impressão 3D. Os resultados preliminares indicam que o ANHANGÁ é uma solução inovadora, eficiente, simples e de baixo custo, com grande potencial para aplicação prática na proteção de áreas naturais vulneráveis a incêndios florestais. Testes em campo estão em andamento para validar a aplicação do sistema em diferentes ambientes, reforçando sua contribuição para a conservação ambiental e a mitigação dos impactos das queimadas.

Palavras-chave: queimadas; prevenção de incêndios; sensores ambientais; desenvolvimento sustentável.



ABSTRACT

Wildfires have significant environmental, economic, and social impacts, especially in the state of São Paulo, where, in 2024, over 600 hectares of protected areas were affected. To address this challenge, the ANHANGÁ system was developed, which monitors environmental variables using air humidity and temperature sensors (DHT11) and soil moisture sensors (LM393), automatically activating a water sprayer to reduce local flammability and prevent fires. The project is aligned with the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs) 13 — Climate Action, and 15 — Life on Land. The development involved literature research, prototyping with electronic components, calibration testing and validation, as well as the creation of a reservoir with a gate for rainwater collection, manufactured via 3D printing. Preliminary results indicate that ANHANGÁ is an innovative, efficient, simple, and low-cost solution with great potential for practical application in protecting natural areas vulnerable to wildfires. Field tests are underway to validate the system's application in different environments, reinforcing its contribution to environmental conservation and the mitigation of wildfire impacts.

Key-words: wildfires; fire prevention; environmental sensors; sustainable development.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Umidade do ar. Fonte:
<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/umidade-ar.htm> Acesso em: 16 mar. 2025..... 11
- Figura 2** - Condições necessárias para o início de um incêndio. Fonte:
<https://www.cpt.com.br/dicas-cursos-cpt/como-a-umidade-relativa-do-ar-influencia-o-fogo-em-queimadas#:~:text=A%20umidade%20relativa%20influencia%20fortemente,par a%20o%20ar%2C%20que%20sobe>. Acesso em: 19 abr. 2025..... 12
- Figura 3** - Erupção vulcânica causando queimadas naturais. Fonte:
<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/queimadas.htm#:~:text=Queimadas%20naturais%3A%20promovidas%20por%20ações,um%20incêndio%2C%20moderado%20ou%20extenso> Acesso em: 19 abr. 2025..... 12
- Figura 4** - Raio causando queimadas naturais. Fonte:
<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/incendios-florestais.htm#Causas+naturais+dos+incêndios+florestais> Acesso em: 19 abr. 2025..... 13
- Figura 5** - Estados brasileiros mais afetados por queimadas. Fonte:
<https://www.uff.br/12-09-2024/biomas-brasileiros-risco-extincao-queimadas/#:~:text=Apesar%20da%20Amaz%C3%B4nia%20ser%20o,do%20Sul%2C%20%C3%A1rea%20de%20Pantanal>. Acesso em: 16 mar. 2025..... 14
- Figura 6** - Quantidade de focos de queimadas em diferentes estados em 2024. Fonte:
<https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/saiba-quais-sao-os-estados-que-mais-registraram-focos-de-queimadas-em-2024/> Acesso em: 16 mar. 2025..... 15
- Figura 7** - Nível pluviométrico dos estados brasileiros. Fonte:
<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/search?keyword=Pluviometria#:~:text=Embora%20a%20chuva%20média%20anual,3.000%20mm%20na%20região%20Amazônica>. Acesso em: 16 mar. 2025..... 16

Figura 8 - Os 17 temas da ODS. Fonte: https://www.een-portugal.pt/info/poliserv/políticas/Paginas/Objetivos-de-Desenvolvimento-Sustentável-%28ODS%291219-1611.aspx	17
Figura 9 - Placa Arduino UNO. Fonte: https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3 Acesso em: 18 mar. 2025	18
Figura 10 - Módulo de cartão USB para Arduino UNO. Fonte: https://www.baudaeletronica.com.br/produto/modulo-cartao-sd-card.html Acesso em: 18 mar. 2025.....	18
Figura 11 - Placa fotovoltaica. Fonte: https://www.portalsolar.com.br/placa-solar-fotovoltaica-o-que-voce-precisa-saber Acesso em: 18 mar. 2025.....	19
Figura 12 - Sensor de umidade do ar DHT11. Fonte: https://www.makerhero.com/produto/sensor-de-umidade-e-temperatura-dht11/ Acesso em 18 mar. 2025.....	20
Figura 13 - Sensor de umidade do ar DHT22. Fonte: https://www.eletrogate.com/sensor-de-umidade-e-temperatura-dht22-am2302 Acesso em: 18 mar. 2025.....	20
Figura 14 - Sensor de umidade do solo LM393. Fonte: https://www.eletrogate.com/modulo-sensor-de-umidade-de-solo Acesso em: 19 mar. 2025.....	21
Figura 15 - Válvula Solenoide. Fonte: https://www.danfoss.com/pt-br/products/sen/valves/solenoid-valves/industrial-solenoid-valves/ev220b/ Acesso em: 19 mar. 2025.....	22
Figura 16 - Sistema de cisterna. Fonte: https://redeconstruniao.com.br/blog/cisterna-o-que-e-e-qual-sua-importancia Acesso em: 19 mar. 2025	23
Figura 17 – Relê. Fonte: https://www.eletrogate.com/modulo-rele-1-canal-5v acesso em: 19 mar. 2025.....	23
Figura 18 - Sensor do nível d'água para Arduino. Fonte: https://www.usinainfo.com.br/sensor-de-nivel-arduino/sensor-de-nivel-de-agua-tipo-boia-2581.html Acesso em: 19 mar. 2025.....	24

Figura 19 - Bateria de moto. Fonte: https://www.atacadaobaterias.com.br/produto/bateria-moto-erbs-premium-erx6bs-6ah Acesso em: 19 mar. 2025.....	24
Figura 20 - Protótipo 3D do ANHANGÁ. Fonte: próprio autor.....	28
Figura 21 - Primeiro protótipo do ANHANGÁ. Fonte: próprio autor.....	29
Figura 22 - Entrevista com o brigadista. Fonte: próprio autor.....	29
Figura 23 - Construção do Projeto 1. Fonte: próprio autor.....	30
Figura 24 - Construção do Projeto 2. Fonte: próprio autor.....	30
Figura 25 - Construção do Projeto 3. Fonte: próprio autor.....	30
Figura 26 - Construção do Projeto 4. Fonte: próprio autor.....	31
Figura 27 – Comporta. Fonte: próprio autor.....	32
Figura 28 - Desenho da peça no Thinkercad para imprimir na impressora 3D. Fonte: próprio autor.....	32
Figura 29 - Peça sendo imprimida. Fonte: próprio autor.....	33
Figura 30 - Tampa instalada. Fonte: próprio autor.....	33
Figura 31 – Higrômetro . Fonte: próprio autor.....	34
Figura 32 - Data Log. Fone: próprio autor.....	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 OBJETIVO.....	10
3 DESENVOLVIMENTO	11
3.1 Pesquisa teórica.....	11
3.1.1 O que é umidade do ar.....	11
3.1.2 Umidade necessária para que ocorra queimada.....	11
3.1.3 Fatores que ajudam a proliferação da queimada.....	12
3.1.4 Por que pega fogo nas florestas.....	13
3.1.5 Biomas brasileiros mais afetados pelas queimadas	13
3.1.6 Estados brasileiros que mais registraram focos de queimadas em 2024.....	14
3.1.7 Estações do ano com mais incidências de queimadas.....	15
3.1.8 Nível pluviométrico do Brasil.....	15
3.1.9 ODS.....	16
3.1.10 Arduino.....	17
3.1.11 Módulo Cartão SD Card.....	18
3.1.12 Placa Fotovoltaica para Arduino.....	19
3.1.13 Sensor de umidade do ar e temperatura DHT11 e DHT22	19
3.1.14 Sensor de Umidade do Solo	21
3.1.15 Válvula Solenoide.....	22
3.1.16 Cisterna.....	22
3.1.17 Relê.....	23
3.1.18 Sensor do nível d'água.....	23
3.1.19 Bateria de moto ou de cerca elétrica.....	24
3.2 Entrevista.....	24
4 METODOLOGIA.....	27
5 ELABORAÇÃO DO PROJETO.....	28
6 RESULTADO	34
7 CUSTOS DO PROJETO.....	36
8 EXISTE OUTRO EQUIPAMENTO QUE REALIZE O MESMO MONITORAMENTO QUE O ANHANGÁ?.....	37
9 GRÁFICO.....	37
10 CONCLUSÃO.....	38
REFERÊNCIAS.....	38

1 INTRODUÇÃO

As queimadas vêm se tornando um dos temas mais recorrentes nas manchetes e redes sociais, e não é por acaso. Os danos causados por incêndios em áreas de vegetação atingem proporções alarmantes, afetando ecossistemas, economias locais e a saúde pública. No estado de São Paulo, os prejuízos estimados com as queimadas ultrapassam 1 bilhão de reais, conforme nota enviada pela Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente à CNN. De acordo com a pasta, apenas nas áreas de proteção integral, cerca de 626,9 hectares foram atingidos em 2024, o que representa 0,06% do total dessas áreas no estado. Embora esse percentual pareça pequeno, o impacto ambiental é significativo, especialmente quando se considera a velocidade com que o fogo se alastra e a biodiversidade presente nesses territórios. Além da devastação natural, um dos maiores desafios enfrentados pelos brigadistas está na espontaneidade do fogo e nas dificuldades de acesso às regiões afetadas. Muitas dessas áreas são remotas, de difícil mobilidade, o que compromete a eficácia das ações de contenção. Ainda segundo estimativas de 2024, cerca de 370,4 hectares de terra foram perdidos — e esse número não para de crescer. Diante desse cenário, é inevitável fazer perguntas: seria possível antecipar e evitar tais tragédias? Há como tornar o combate mais eficiente? Em resposta a essas perguntas, e alinhados com as ODS 13 (Combate às alterações climáticas) e 15 (Vida sobre a terra), desenvolvemos o ANHANGÁ – Sistema de Prevenção e Combate a Incêndios nas Matas. Este projeto visa prevenir e combater incêndios em matas por meio da análise das características do ambiente onde é instalado. Se as variáveis monitoradas indicarem condições propícias ao surgimento de um incêndio, o sistema acionará automaticamente, por meio de um relé, nosso pulverizador pressurizado portátil, que irá liberar água ao redor do dispositivo, tornando o local desfavorável à combustão e, assim, preservando o meio ambiente. Essas variáveis são monitoradas por sensores de umidade e temperatura do ar (DHT11) e por um sensor de umidade do solo (LM393). Apresentamos nossa ideia de projeto no III Jovens Cientistas INPE, onde conversamos com os pesquisadores e obtivemos bons comentários e sugestões.

2 OBJETIVO

Construir um sistema de baixo custo para a prevenção de futuras queimadas;

Conscientizar a população sobre as causas e consequências do incêndio.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Pesquisa teórica

3.1.1 O que é umidade do ar

A umidade do ar é um elemento climático que indica a presença de vapor de água na atmosfera. Ela é influenciada principalmente pelas massas de ar úmidas e secas que atuam na atmosfera. A umidade do ar elevada é típica dos climas mais quentes e úmidos, como o tropical. Já a umidade do ar diminuta é característica dos climas mais secos, como o semiárido.

Figura 1 - “Umidade do ar”



Fonte:

<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/umidade-ar.htm> Acesso em: 16 mar. 2025

3.1.2 Umidade necessária para que ocorra queimada

A umidade relativa influencia fortemente no grau de dificuldade de combate aos incêndios e, quando está abaixo dos 30%, torna-se muito difícil o seu controle. Durante o dia, o ar está mais seco e tanto os combustíveis, quanto a vegetação perdem umidade para o ar, que sobe. Durante a noite, esse processo é inverso, tanto que, pela manhã, o combustível e a vegetação estão cobertos de orvalho. O período crítico para se realizar o combate ao incêndio vai de 10h (da manhã) até às 18h (da tarde). O melhor horário para apagar o incêndio é das

18 às 6 horas. Entretanto, não significa que nesse horário o incêndio não deva ser combatido.

Figura 2 - “Condições necessárias para o início de um incêndio”

Umidade necessária para que ocorra queimada	Período crítico para se realizar o combate ao incêndio	Melhor horário para apagar o incêndio
30% ≤	10h até às 18h	18h até às 6h

Fonte:

<https://www.cpt.com.br/dicas-cursos-cpt/como-a-umidade-relativa-do-ar-influencia-o-fogo-em-queimadas#:~:text=A%20umidade%20relativa%20influencia%20fortemente,para%20o%20ar%2C%20que%20sobe>. Acesso em: 19 abr. 2025

3.1.3 Fatores que ajudam a proliferação da queimada

Outro fator que acaba influenciando na propagação de incêndios pelo território brasileiro é o tempo seco e quente, vivenciado em grande parte do país entre agosto e setembro. Esse tempo mais seco, aliado à ação dos ventos, pode fazer as chamas aumentarem-se e proliferarem, e a ausência de chuvas comuns nessa época do ano faz com que as queimadas em larga escala se ampliem.

Figura 3 - “Erupção vulcânica causando queimadas naturais”



Fonte: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/queimadas.htm#:~:text=Queimadas%20naturais%3A%20promovidas%20por%20ações,um%20incêndio%2C%20moderado%20ou%20extenso> Acesso em: 19 abr. 2025

3.1.4 Por que pega fogo nas florestas

As causas naturais dos incêndios florestais são, principalmente, as descargas elétricas (raios) que caem sobre a vegetação. Quando essa vegetação está muito ressecada, o fogo pode se espalhar rapidamente e sair do controle, caracterizando assim um incêndio florestal. No entanto, exceto em condições atmosféricas específicas, os raios costumam vir acompanhados de chuvas e tempestades, que auxiliam no controle do incidente.

Ocasões como atividade vulcânica e ondas de calor muito intensas, aliadas à ausência de chuvas e ao ressecamento tanto dos solos quanto da vegetação, podem dar origem a fagulhas que iniciam incêndios florestais. Apesar disso, a ação do ser humano é a principal causadora desse tipo de desastre ambiental.

Figura 4 - Raio causando queimadas naturais”



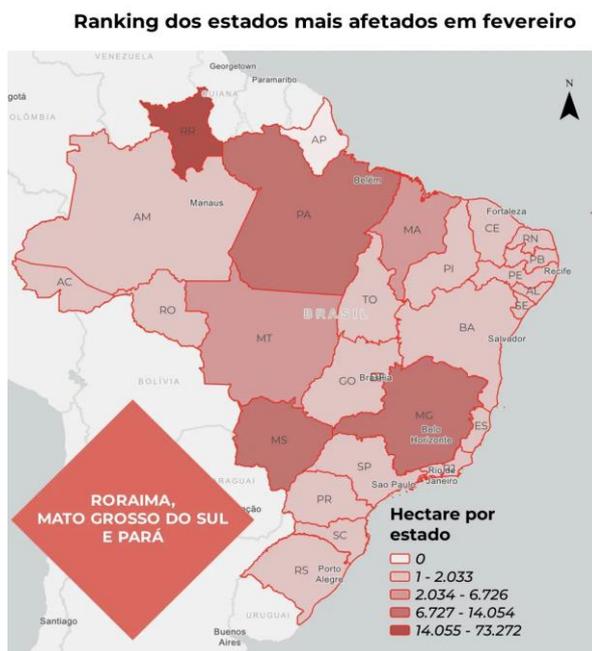
Fonte: <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/incendios-florestais.htm#Causas+naturais+dos+incendios+florestais> Acesso em: 19 abr. 2025

3.1.5 Biomas brasileiros mais afetados pelas queimadas

Os biomas com maior perda de florestas naturais foram a Amazônia, com 13%, e Cerrado, com 27%. O município com o maior número de queimadas é Corumbá, em Mato Grosso do Sul, área de Pantanal. A desertificação é um problema de degradação das áreas áridas, semiáridas e subsumidas secas causadas por ação humana ou mudança climática, nesse sentido, o Nordeste, o norte de Minas Gerais e a região sub-seca do norte capixaba são os locais do país mais suscetíveis à ocorrência de desertificação. Pode-se acrescentar que

a Caatinga tem 112 municípios classificados como Áreas Suscetíveis à Desertificação (ASD) com status muito grave e grave.

Figura 5 - “Estados brasileiros mais afetados por queimadas”



Fonte: <https://www.uff.br/12-09-2024/biomas-brasileiros-risco-extincao-queimadas/#:~:text=Apesar%20da%20Amaz%C3%B4nia%20ser%20o,do%20Sul%2C%20C3%A1rea%20de%20Pantanal>. Acesso em: 16 mar. 2025

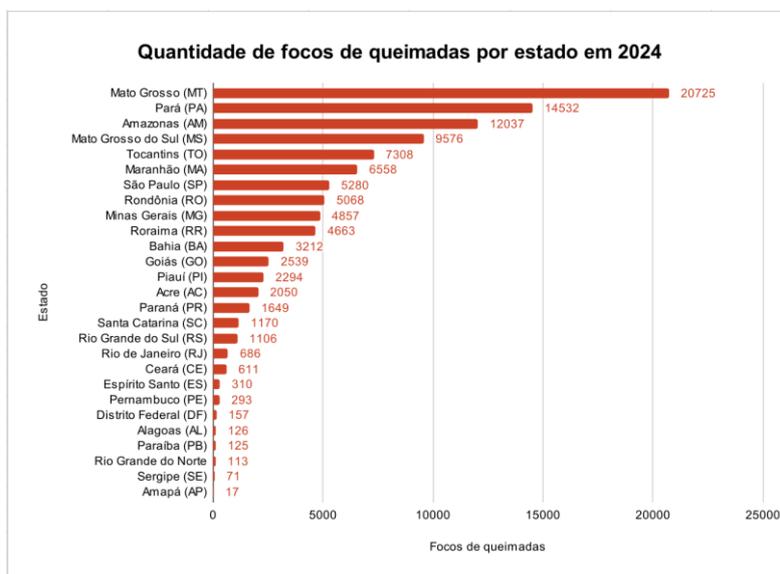
3.1.6 Estados brasileiros que mais registraram focos de queimadas em 2024

O primeiro colocado, Mato Grosso, registrou 20.725 focos de incêndios, apresentando crescimento de 109%. O aumento também foi registrado no Pará, que ocupa a segunda posição. Em 2023, foram 9.330 registros, cerca de 55% a menos do que em 2024.

O Amazonas aparece na terceira posição, e registrou 6.581 focos em 2023, crescimento de 82%. No Mato Grosso do Sul e Tocantins, o aumento é expressivo. Em MS foram incríveis 605%, maior aumento percentual entre os 26 estados e o Distrito Federal. No Tocantins, o aumento foi de 46% nos registros.

Depois do Mato Grosso do Sul, São Paulo apresenta o segundo maior crescimento percentual de focos de incêndio. O estado paulista registrou 378% de aumento, de 1.104 para 5.280 focos de incêndio. Em seguida, Roraima registra com 254%, de 1.314 para 4.663 focos. O Rio de Janeiro registrou 153% de crescimento, com 686 este ano diante de 271 no período anterior.

Figura 6 - Quantidade de focos de queimadas em diferentes estados em 2024



Fonte:

<https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/saiba-quais-sao-os-estados-que-mais-registraram-focos-de-queimadas-em-2024/> Acesso em: 16 mar. 2025

3.1.7 Estações do ano com mais incidências de queimadas

O inverno é marcado por ser um período do ano em que o clima é mais seco, sendo mais suscetível a queimadas no mês de agosto. Pode-se complementar que, no mês de setembro, para a Região Nordeste, a primavera representa uma estação de tempo seco e temperaturas muito altas, facilitando o surgimento de incêndios ambientais.

3.1.8 Nível pluviométrico do Brasil

Embora a chuva média anual do Brasil seja de 1.760 mm, pode-se observar no ano menos de 500 mm de chuva na região Semiárida e mais de 3.000 mm na região Amazônica.

Figura 7 - “Nível pluviométrico dos estados brasileiros”



Fonte:

<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/search?keyword=Pluviometria#:~:text=Embora%20a%20chuva%20média%20anual,3.000%20mm%20na%20região%20Amazônica>. Acesso

em: 16 mar. 2025

3.1.9 ODS

A Organização das Nações Unidas – ONU, no ano de 2015, lançou o desafio aos seus 193 Estados-membros, incluindo o Brasil, de uma nova agenda de desenvolvimento sustentável para os próximos 15 anos, a Agenda 2030, formada pelos chamados 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável foi resultado de um processo participativo mundial, coordenado pela ONU, que durou mais de dois anos. Nele, governos, sociedade civil, iniciativa privada e instituições de pesquisa contribuíram por meio da Plataforma “My World”. O 6º objetivo

da ODS, é o; “Água potável e saneamento; assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos.”



Figura 8 - Os 17 temas da ODS

Fonte: <https://www.een-portugal.pt/info/polserv/políticas/Paginas/Objetivos-de-Desenvolvimento-Sustentável-%28ODS%291219-1611.aspx>

3.1.10 Arduino

O Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em hardware e software fáceis de usar, usados para criar projetos eletrônicos. Com o Arduino, você pode planejar e criar dispositivos que possam interagir com os objetos ao seu redor. As placas do Arduino são basicamente uma ferramenta para controlar a eletrônica. Eles são capazes de ler entradas com seu microcontrolador integrado (por exemplo, luz em um sensor, um objeto próximo a um sensor) e transformá-lo em uma saída (acionar um motor, tocar um alarme, ligar um LED, exibir informações em um LCD). Os Arduinos possuem funcionamento semelhante ao de um pequeno computador capaz de interpretar entradas e controlar as saídas a fim de criar sistemas automáticos. Para isso, é necessário programá-lo.

Para programar essas placas, ou seja, ensiná-las a desempenharem as funcionalidades desejadas, basta utilizar a sua IDE (ambiente integrado de desenvolvimento), que por sua vez, é um software onde é possível escrever um

código em uma linguagem semelhante a C/C++, o qual, será traduzido, após a compilação, em um código compreensível pela placa.

No caso do Arduino Uno, o escolhido para esse projeto, é uma placa de microcontrolador baseada no ATmega328P (datasheet). Ela tem 14 pinos de entrada/saída digitais (dos quais 6 podem ser usados como saídas PWM), 6 entradas analógicas, um ressonador cerâmico de 16 MHz (CSTCE16M0V53-R0), uma conexão USB, um conector de energia, um cabeçalho ICSP e um botão de reset. Ela contém tudo o que é necessário para dar suporte ao microcontrolador; basta conectá-lo a um computador com um cabo USB ou ligá-lo com um adaptador CA para CC ou bateria para começar.

Figura 9 - “Placa Arduino UNO”



Fonte: <https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3> Acesso em: 18 mar. 2025

3.1.11 Módulo Cartão SD Card

O Módulo SD Card é um cartão compatível com o Arduino que o possibilita a se conectar com outros microcontroladores.

Figura 10 - Módulo de cartão USB para Arduino UNO



Fonte: <https://www.baudaeletronica.com.br/produto/modulo-cartao-sd-card.html> Acesso em: 18 mar. 2025

3.1.12 Placa Fotovoltaica para Arduino

É um equipamento robusto cuja função é realizar a captura dos raios de sol e transformar em energia elétrica.

Figura 11 - “Placa fotovoltaica”



Fonte: <https://www.portalsolar.com.br/placa-solar-fotovoltaica-o-que-voce-precisa-saber> Acesso em: 18 mar. 2025

3.1.13 Sensor de umidade do ar e temperatura DHT11 e DHT22

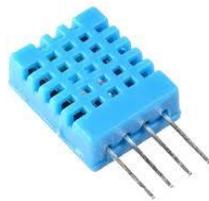
O sensor DHT11 e o sensor DHT22 são sensores básicos e de baixo custo que utilizam um termistor e um sensor capacitivo para medir a temperatura e a umidade do ar ambiente. Esses sensores são bastante simples de usar, mas requer cuidado com o tempo entre duas leituras consecutivas, uma vez que é

necessário um intervalo de, no mínimo, 1 segundo entre uma leitura e outra. Existem diferentes versões do DHT, similares na aparência e na pinagem, porém com características diferentes. As características do DHT11 e DHT22, dois modelos populares desse sensor, são:

Sensor DHT11

- Muito baixo custo
- Tensão de alimentação de 3V a 5V
- 2.5mA de corrente máxima durante a conversão
- Bom para medir umidade entre 20% e 80%, com 5% de precisão
- Bom para medir temperaturas entre 0 e 50°C, com $\pm 2^\circ\text{C}$ de precisão
- Taxa de amostragem de até 1Hz (1 leitura por segundo)
- Dimensões: 15.5mm x 12mm x 5.5mm
- 4 pinos com 0.1" de espaçamento entre eles

Figura 12 - "Sensor de umidade do ar DHT11"



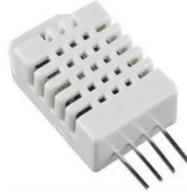
Fonte: <https://www.makehero.com/produto/sensor-de-umidade-e-temperatura-dht11/> Acesso em 18 mar. 2025

Sensor DHT22

- Baixo custo
- Tensão de alimentação de 3V a 5V
- 2.5mA de corrente máxima durante a conversão
- Bom para medir umidade entre 0% e 100%, com 2% a 5% de precisão
- Bom para medir temperaturas entre -40 e 125°C, com $\pm 0,5^\circ\text{C}$ de precisão
- Taxa de amostragem de até 0,5Hz (2 leituras por segundo)
- Dimensões: 15.1mm x 25mm x 7.7mm

- 4 pinos com 0.1" de espaçamento entre eles

Figura 13 - "Sensor de umidade do ar DHT22"



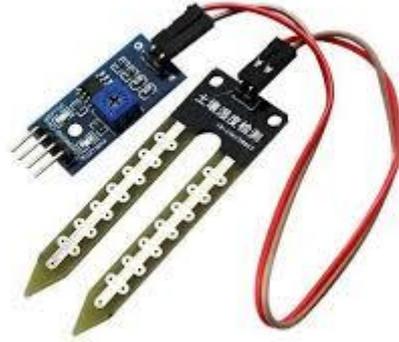
Fonte: <https://www.eletrogate.com/sensor-de-umidade-e-temperatura-dht22-am2302> Acesso em: 18 mar. 2025

Como pode ser observado, o DHT22 é um pouco mais preciso e trabalha em uma faixa um pouco maior de temperatura e umidade. Porém, ambos utilizam apenas um pino digital e são relativamente lentos, visto que é necessário um intervalo de tempo relativamente grande entre cada leitura.

3.1.14 Sensor de Umidade do Solo

Um Sensor de Umidade do Solo é um módulo detector da resistividade da terra, ou seja, são sensores que medem as variações de umidade da terra. O *higrômetro* é um sensor para medição da umidade do solo ou do ar. Um sensor de umidade da terra deve ser enterrado no solo para medição da umidade da terra, funcionando exposto às condições do tempo, sendo um instrumento resistente à corrosão. Ele opera com dois eletrodos para conduzir corrente elétrica pelo solo, fazendo a leitura de umidade relativa por comparação com a resistência, pois a água diminui a resistência, enquanto o solo seco conduz com mais dificuldade.

Figura 14 - Sensor de umidade do solo LM393”



Fonte: <https://www.eletrogate.com/modulo-sensor-de-umidade-de-solo> Acesso em: 19 mar.

2025

3.1.15 Válvula Solenoide

A válvula solenoide é uma bobina eletromagnética. No momento em que a bobina é energizada, ela gera um campo magnético que levanta o pistão (ou êmbolo), abrindo a válvula. Na posição de repouso, o pistão fecha a passagem do fluido. Quando o pistão sobe, o orifício é liberado para a passagem do fluido. Esse equipamento utiliza energia elétrica para controlar a direção ou passagem de um fluido. As válvulas solenoide podem ser usadas para controlar a passagem de diversos tipos de fluidos, como ar (pneumática), óleo (hidráulica) e muitos outros fluidos.

Figura 15 - “Válvula Solenoide”



<https://www.danfoss.com/pt-br/products/sen/valves/solenoid-valves/industrial-solenoid-valves/ev220b/>

Acesso em: 19 mar. 2025

3.1.16 Cisterna

Uma cisterna é um depósito ou reservatório que serve para captar, armazenar e conservar a água, semelhante a uma caixa d'água, podendo ser água potável, água da chuva ou água de reuso. Existem diversos tipos de cisternas. O modelo de cisterna de alvenaria precisa ser enterrado no solo e exige obras de engenharia. Há também opções de cisterna compacta, usada por casas e edifícios com menos espaço ou que não tem interesse em fazer reformas.

Figura 16 - “Sistema de cisterna”



Fonte: <https://redeconstruniao.com.br/blog/cisterna-o-que-e-e-qual-sua-importancia> Acesso em: 19 mar. 2025

3.1.17 Relê

O Módulo Relê é ideal para acionar uma lâmpada ou outra carga que exija até no máximo 10A contínuos utilizando o Arduino ou qualquer outro microcontrolador.

Figura 17 - “Relê”



Fonte: <https://www.eletrogate.com/modulo-rele-1-canal-5v> acesso em: 19 mar. 2025

3.1.18 Sensor do nível d'água

O monitoramento do nível de água em uma caixa d'água é uma aplicação importante e prática para garantir o uso eficiente desse recurso vital. Este projeto propõe uma solução prática e acessível para o monitoramento do nível

de água em uma caixa d'água, utilizando tecnologia Arduino e sensor de nível de água.

Figura 18 - “Sensor do nível d'água para Arduino”



Fonte: <https://www.usinainfo.com.br/sensor-de-nivel-arduino/sensor-de-nivel-de-agua-tipo-boia-2581.html> Acesso em: 19 mar. 202

3.1.19 Bateria de moto ou de cerca elétrica

Figura 19 - “Bateria de moto”



Fonte: <https://www.atacadaobaterias.com.br/produto/bateria-moto-erbs-premium-erx6bs-6ah>

Acesso em: 19 mar. 2025

3.2 Entrevista com um especialista

Entrevista com o Sargento Gilcemar Theodoro, Bombeiro e brigadista do Corpo de Bombeiro do Estado de São Paulo.

Conversa realizada na cidade de Lorena, no dia 18 de abril de 2025.

Entrevistador: Tem muita queimada na região do Vale do Paraíba?

Entrevistado: Sim, aqui na região tem muita queimada, especialmente nessa época. Praticamente 90% a 95% das queimadas da mata são criminosas, ou seja, foi alguém com intenção de colocar fogo na mata. Às vezes para limpar o pasto.

Entrevistador: Quais equipamentos são utilizados no combate aos incêndios nas matas?

Entrevistado: Um dos métodos utilizados para o combate aos incêndios é a bomba, que tem de 15 a 25 litros e um pulverizador de água. Ela fica localizada na costa bombeira.

Entrevistador: Além dessa queimada criminosa, quais são os outros fatores que influenciam as queimadas?

Entrevistado: Existe o fator do tempo, o clima muito seco sendo o principal fator que faz com que tenha queimada. Um período de estiagem bem longo, sem chuva, já é o suficiente para deixar a mata em condições suscetíveis de pegar fogo.

Entrevistador: Já que o incêndio acontece no meio da mata e é um lugar isolado, de difícil acesso, qual é a dificuldade que vocês encontram?

Entrevistado: A maior dificuldade que a gente tem é atravessar algum rio, além de existir uma probabilidade de 80% a 90% de não ser possível chegar com o caminhão de bombeiros. A logística para chegar ao incêndio é feita a pé ou com o auxílio de algum fazendeiro por tração de animais, como cavalos.

Entrevistador: Por onde vocês pegam a água para apagar o incêndio já que não dá para levar o caminhão de bombeiros?

Entrevistado: Temos o método de abafadores e o método de aceiro, onde você tende a isolar o foco de incêndio com a utilização desses dois recursos. O método de aceiro é feito por meio da limpeza do terreno, impedindo que o fogo se alastre para outra área. Logo, os abafadores são confeccionados por nós mesmos com restos de mangueiras.

Entrevistador: Qual é o período e as estações do ano que mais ocorrem queimadas?

Entrevistado: O período de estiagem, que chove pouco, vindo depois do verão.

Entrevistador: Você tem uma média do número de incêndios que acontecem?

Entrevistado: Não tenho estatísticas, pois tem que ficar ligando para a central de São José dos Campos para realizar estatísticas, porém posso afirmar que são muitos os casos de queimadas no mato.

Entrevistador: O que o senhor achou do projeto Anhangá, que além de impedir o surgimento de um incêndio também regula a umidade? Acredita que irá ajudar os brigadistas?

Entrevistado: Com certeza. Esses reservatórios bem distribuídos em áreas estratégicas na mata facilitariam bastante no combate aos incêndios, pois não seria necessário se deslocar tanto até um certo lugar para buscar água.

Entrevistador: Vocês têm uma boa estrutura?

Entrevistado: Sim, temos uma boa estrutura que é primordial para atendimentos desse tipo de ocorrência. Temos equipamentos de proteção individual, e inclusive agora, nas grandes ocorrências que tivemos, as aeronaves desempenharam um papel fundamental.

Entrevistador: Quais são os riscos para a saúde humana?

Entrevistado: Queimaduras, intoxicação por inalação de fumaça, ferimentos provocados por animais peçonhentos se a pessoa estiver na mata e cair em algum buraco.

Entrevistador: Quando acionam vocês é porque a situação saiu do controle. Enfrentar essas situações mais difíceis afetam seus psicológicos?

Entrevistado: Como já somos treinados, são ocorrências como qualquer outra, só muda o tipo. Então não há necessidade de nenhum tratamento para isso.

Entrevistador: Tem participação da população ou não?

Entrevistado: Muitas das ocorrências há o apoio dos próprios moradores que formam grupos de brigadas das cidades e defesa civil.

Entrevistador: Você acredita que seja viável o nosso projeto conversar com a defesa civil?

Entrevistado: Seria interessante também, porque eles têm seus grupos de brigadista e o papel deles, que é monitorar áreas de risco.

Entrevistador: O senhor tem alguma sugestão para o nosso projeto, algo que poderia ajudar vocês?

Entrevistado: Essa ideia de ter esses reservatórios é interessante, visto que são muitos os locais de preservação que sofrem com essas queimadas. Ter esses reservatórios em locais estratégicos na hora do combate seria muito viável, com certeza.

Entrevistador: Para pegar fogo, compreendemos que o combustível no calor permite que isso se desenvolva. Você considera que o começo da aspersão de água ajudará a diminuir a tendência de pegar fogo no local?

Entrevistado: Acredito que sim, tem que fazer teste. É um projeto que demanda medição, fazer em campos menores e a proporção de acordo com o tamanho. Deixar essa área mais umidificada no período de estiagem fará com que o fogo não se alastre.

4 METODOLOGIA

- Pesquisas em sites, livros e revistas sobre: conceitos básicos arduino; tipos de solos; conhecimentos básicos sobre umidade do ar; nível pluviométrico dos estados brasileiros; estações do ano com maior índice de queimadas; o que causa queimadas; umidade mínima necessária para a ocorrência de queimadas; relê; sensor de umidade do solo LM393; Sensor de umidade de ar e de temperatura ambiente DHT11; características climáticas que propiciam a ocorrência de queimadas; análise e interpretação de dados do ANHANGÁ.

- Elaboração do projeto;
- Execução do projeto;
- Coleta de dados;
- Apresentação dos dados em forma de banner.

5 ELABORAÇÃO DO PROJETO

Como participantes do PBIC INPE, era necessário que elaborássemos um projeto científico. Após uma análise, lembramos das queimadas que aconteceram e acontecem na nossa região e as que ocorreram na sede do INPE, então decidimos elaborar o ANHANGÁ, um sistema de análise e prevenção de incêndios em áreas florestais.

Figura 20 - “Protótipo 3D do ANHANGÁ



Fonte: próprio autor

Com essa ideia em mente, partimos para a fase de pesquisa bibliográfica, buscando entender quais eram os fatores necessários para a ocorrência de queimadas, qual era o prejuízo da falta, ou baixa, de umidade do ar, como um Arduino funcionava, entre outros. Com as pesquisas terminadas, partimos para a elaboração de um pequeno protótipo a ser demonstrado na Terceira Edição do Encontro de Jovens Cientistas, onde recebemos inúmeros feedbacks, a maioria deles positivos, e sugestões para o aprimoramento do ANHANGÁ.

Figura 21 - “Primeiro protótipo do ANHANGÁ”



Fonte: próprio autor

Após o evento, realizamos uma entrevista com um brigadista (descrita na seção 3.2); dessa forma, pudemos identificar quais funções deveriam ser aprimoradas ou implementadas na primeira versão funcional do **ANHANGÁ**.

Figura 22 - “Entrevista com o brigadista”



Fonte: Próprio autor

Com as informações coletadas, iniciamos a construção do protótipo em escala maior

Figura 23 - “Construção do Projeto 1”



Fonte: Próprio autor

Figura 24 - “Construção do Projeto 2”



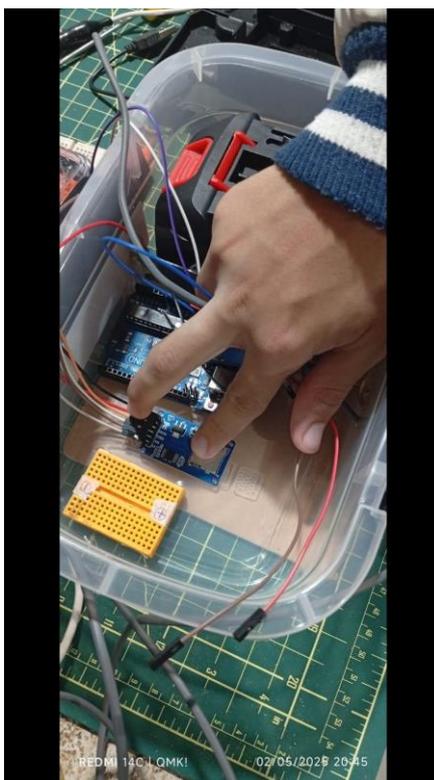
Fonte: Próprio autor

Figura 25 - “Construção do Projeto 3”



Fonte: Próprio autor

Figura 26 - “Construção do Projeto 4”



Fonte: Próprio autor

Como já foi citado, nosso projeto contará com um grande reservatório de água, que poderá ser utilizado para umidificar a região ao redor (dentro de um determinado raio de ação), sempre que necessário. Além disso, esse reservatório também funcionará como uma cisterna, captando a água da chuva para seu próprio abastecimento. No entanto, ao pensarmos nessa funcionalidade, nos deparamos com um problema: não podemos deixar a entrada do reservatório aberta, pois a água poderá evaporar. Mas então, como permitir a entrada da água da chuva? Após longas discussões, elaboramos uma solução: uma tampa que chamamos de comporta. Ela funcionará com um movimento semelhante ao de uma gangorra. Quando a água da chuva cair sobre a tampa, o peso da água fará com que ela se incline, permitindo a entrada da água no reservatório. Graças a uma mola, quando não houver mais água sobre a tampa, ela retornará automaticamente à posição horizontal, fechando a entrada do reservatório e evitando a evaporação

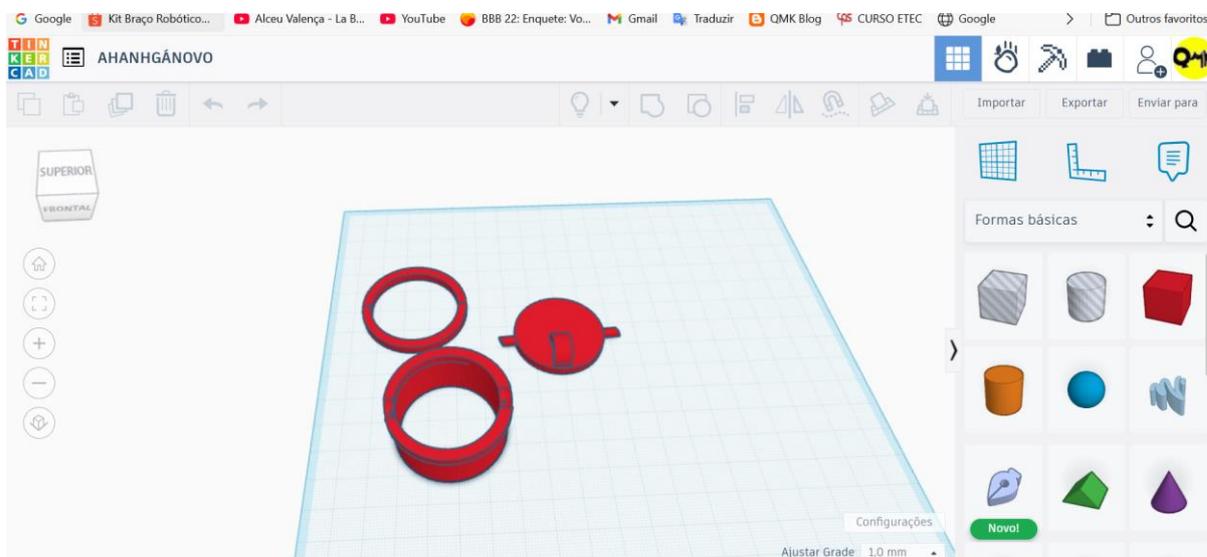
Figura 27 - “Comporta”



Fonte: próprio autor

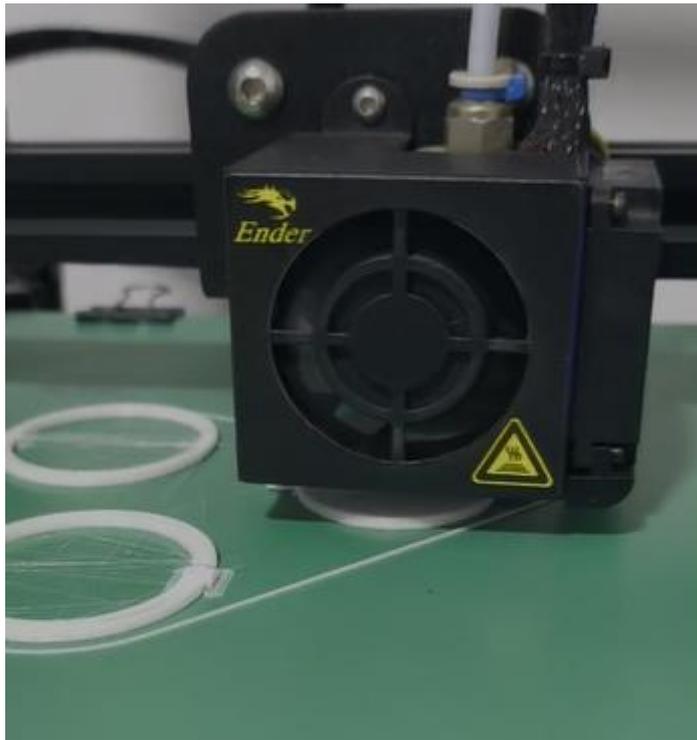
Para a confecção da comporta, foi necessário um treinamento para aprender a utilizar o software TINKERCAD (Tinkercad.com), e com isso, foi realizado o desenho da peça e posteriormente a sua impressão em 3D.

Figura 28 - “Desenho da peça no Thinkercad para imprimir na impressora 3D”



Fonte: próprio autor

Figura 29 - “Peça sendo imprimida”



Fonte: Próprio autor

Figura 30 - “Tampa instalada”



Fonte: próprio autor

7. RESULTADO

Após a montagem e a instalação dos sensores e atuadores no sistema, foi iniciada a fase de testes com o objetivo de validar o funcionamento correto de cada componente. Para essa etapa, foi desenvolvido um código-fonte específico, implementado na plataforma Arduino, cuja função principal foi realizar a leitura e o registro das variáveis monitoradas por meio do sistema Data LOG, viabilizando a posterior análise dos dados coletados. Durante os testes, observou-se que os sensores e atuadores apresentaram desempenho compatível com suas respectivas especificações técnicas. Em especial, o sensor DHT11, responsável pela medição da temperatura e da umidade relativa do ar, demonstrou estar adequadamente calibrado. Para verificação da precisão dos dados fornecidos por esse sensor, foi utilizado um higrômetro externo, adotado como instrumento de referência. A comparação entre as medições de ambos os dispositivos revelou uma variação mínima, indicando boa confiabilidade e precisão nas leituras realizadas pelo DHT11. Esses resultados preliminares validam a eficiência do sistema de monitoramento implementado, servindo como base para as etapas posteriores do projeto.

Figura 31 - “Higrômetro”



Fonte: próprio autor

Higrômetro utilizado como referência para ajuste dos sensores de umidade e temperatura do ar. Segue um exemplo do Data Log

Figura 32 - "Data Log"

DADOS 18 de maio - Bloco de Notas

Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda

PROJETO ANHANGÁ - LOG DE SENSOR

[00:00:02]	Temperatura: 20.6 °C, Umidade: 59.0 %, Solo: 1021, Evento: Rele por clima
[00:00:13]	Temperatura: 20.6 °C, Umidade: 59.0 %, Solo: 1022, Evento: Rele por clima
[00:00:24]	Temperatura: 20.6 °C, Umidade: 59.0 %, Solo: 1022, Evento: Rele por clima
[00:00:35]	Temperatura: 20.6 °C, Umidade: 59.0 %, Solo: 1022, Evento: Rele por clima
[00:01:56]	Temperatura: 21.8 °C, Umidade: 57.0 %, Solo: 1022, Evento: Rele por clima
[00:02:08]	Temperatura: 21.8 °C, Umidade: 57.0 %, Solo: 1022, Evento: Rele por clima
[00:02:19]	Temperatura: 21.7 °C, Umidade: 57.0 %, Solo: 1022, Evento: Rele por clima
[00:00:02]	Temperatura: 21.5 °C, Umidade: 57.0 %, Solo: 1019, Evento: Rele por clima
[00:00:02]	Temperatura: 21.4 °C, Umidade: 57.0 %, Solo: 1020, Evento: Rele por clima
[00:03:12]	Temperatura: 21.8 °C, Umidade: 56.0 %, Solo: 1022, Evento: Rele por clima
[00:03:12]	Temperatura: 21.8 °C, Umidade: 56.0 %, Solo: 1022, Evento: Leitura periódica
[00:06:22]	Temperatura: 22.2 °C, Umidade: 56.0 %, Solo: 1022, Evento: Rele por clima
[00:06:22]	Temperatura: 22.2 °C, Umidade: 56.0 %, Solo: 1022, Evento: Leitura periódica
[00:09:32]	Temperatura: 22.2 °C, Umidade: 55.0 %, Solo: 1022, Evento: Rele por clima
[00:09:32]	Temperatura: 22.2 °C, Umidade: 55.0 %, Solo: 1022, Evento: Leitura periódica
[00:12:42]	Temperatura: 22.2 °C, Umidade: 55.0 %, Solo: 1022, Evento: Rele por clima
[00:12:42]	Temperatura: 22.2 °C, Umidade: 55.0 %, Solo: 1022, Evento: Leitura periódica
[00:15:53]	Temperatura: 22.6 °C, Umidade: 54.0 %, Solo: 1021, Evento: Rele por clima
[00:15:53]	Temperatura: 22.6 °C, Umidade: 54.0 %, Solo: 1021, Evento: Leitura periódica
[00:19:03]	Temperatura: 23.0 °C, Umidade: 54.0 %, Solo: 1021, Evento: Rele por clima
[00:19:03]	Temperatura: 23.0 °C, Umidade: 54.0 %, Solo: 1021, Evento: Leitura periódica
[00:22:13]	Temperatura: 23.0 °C, Umidade: 53.0 %, Solo: 1022, Evento: Rele por clima
[00:22:13]	Temperatura: 23.0 °C, Umidade: 53.0 %, Solo: 1022, Evento: Leitura periódica
[00:25:23]	Temperatura: 23.0 °C, Umidade: 53.0 %, Solo: 1022, Evento: Rele por clima
[00:25:23]	Temperatura: 23.0 °C, Umidade: 53.0 %, Solo: 1022, Evento: Leitura periódica
[00:28:33]	Temperatura: 23.4 °C, Umidade: 52.0 %, Solo: 1022, Evento: Rele por clima
[00:28:33]	Temperatura: 23.4 °C, Umidade: 52.0 %, Solo: 1022, Evento: Leitura periódica
[00:31:44]	Temperatura: 23.4 °C, Umidade: 51.0 %, Solo: 1022, Evento: Rele por clima
[00:31:44]	Temperatura: 23.4 °C, Umidade: 51.0 %, Solo: 1022, Evento: Leitura periódica
[00:34:54]	Temperatura: 23.7 °C, Umidade: 51.0 %, Solo: 1022, Evento: Rele por clima

Fonte: próprio autor

8 CUSTOS DO PROTÓTIPO

Tabela 1 - “Preço dos componentes do protótipo”

	Material	Qtde	Preço unitário	Preço total
1	Arduino UNO	1	R\$ 37,99	R\$ 37,99
2	ProtoBoard	1	R\$ 16,99	R\$ 16,99
3	Sensor de Umidade DH11	1	R\$ 32,26	R\$ 32,26
4	Cartão SD	1	R\$ 62,00	R\$ 62,00
5	Sensor de Umidade do Solo	1	R\$ 12,90	R\$ 12,90
6	Módulo de SD Card	1	R\$ 15,00	R\$ 15,00
7	Relê	1	R\$ 31,27	R\$ 31,27
8	Jumper Kit	1	R\$ 14,00	R\$ 14,00
9	Pressurizador	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00
10	Galão d'água	2	R\$ 10,00	R\$ 20,00
11	Mangueira	1	R\$ 05,00	R\$ 5,00
12	Tábua de Madeira Kit	1	R\$ 42,00	R\$ 42,00
13	Pote Plástico	1	R\$ 12,00	R\$ 12,00
			Total:	R\$ 401,41

Fonte: Próprio autor

9. EXISTE OUTRO EQUIPAMENTO QUE REALIZE O MESMO MONITORAMENTO QUE O ANHANGÁ?

Tendo em vista o volumoso número de incêndios já ocorridos no Brasil, que lidera o ranking de queimadas no mundo, e, especificamente, no Vale do Paraíba, surge o questionamento se já não existe algum outro equipamento que faça o mesmo monitoramento que o ANHANGÁ. Devido à entrevista, foi comprovada a existência de um equipamento denominado bomba costal, o qual é composto por um reservatório que contém alças e que pode ser carregado nas costas. De toda forma, o pulverizador costal precisa ser carregado por um operador. Por isso, é impossível que ele seja usado em aplicações grandes de terra. Outro exemplo é o pinga-fogo, equipamento usado para a prática do contrafogo, que consiste em queimar uma área evitando que as chamas se alastrem, já que o fogo cessa ao não encontrar mais combustível (vegetação) à frente. Ademais, há técnicas que consistem no uso de enxadas, foices, machados e rastelo para construir um aceiro, com o intuito de a limpeza de uma parte do terreno evite a propagação de um incêndio. Todavia, todos estes casos citados neste parágrafo envolvem a danificação da mata, seja desmatando ou queimando. Tendo em mente a bomba costal, que evita incêndios, porém possui um armazenamento muito pequeno de água, faltando com eficiência para aplicar em grandes áreas; e o pinga-fogo, que serve apenas para o combate e não para a prevenção, podemos dizer que não, não há nenhum outro equipamento que se compare ao ANHANGÁ.

8. GRÁFICOS

Até o momento, não se fez necessária a utilização de representações gráficas. Entretanto, com o início desta nova etapa de testes, serão realizados ensaios com o equipamento com o objetivo de verificar sua eficácia na inibição de incêndios. Os dados obtidos serão organizados e apresentados em forma de gráficos, de modo a permitir uma análise mais detalhada e fundamentada dos resultados.

10. CONCLUSÃO

A conclusão do projeto evidencia sua relevância em escala global no enfrentamento às queimadas. Os testes preliminares com sensores e atuadores indicaram resultados promissores quanto à eficiência do sistema proposto. Com o início da fase de aplicação e testes *in loco*, espera-se validar o desempenho do equipamento em condições reais, buscando confirmar sua eficácia. O projeto destaca-se por sua proposta de solução simples, de baixo custo e com elevada aplicabilidade na proteção de áreas de vegetação nativa, especialmente em regiões com alta incidência de incêndios florestais

REFERÊNCIAS

<https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/brasil-registra-crescimento-de-quase-80-nas-areas-queimadas-diz-estudo/> Acesso em: 30 mar. 2025.

<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/umidade-ar.htm>. Acesso em: 16 mar. 2025.

<https://www.cpt.com.br/dicas-cursos-cpt/como-a-umidade-relativa-do-ar-influencia-o-fogo-em-queimadas#:~:text=A%20umidade%20relativa%20influencia%20fortemente,para%20o%20ar%2C%20que%20sobe>. Acesso em: 19 abr. 2025.

<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/queimadas.htm#:~:text=Queimadas%20naturais%3A%20promovidas%20por%20a%3%A7%3%B5es,um%20inc%3%AAndio%2C%20moderado%20ou%20extenso>. Acesso em: 19 abr. 2025.

<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/incendios-florestais.htm#Causas+naturais+dos+inc%3%AAndios+florestais>. Acesso em: 19 abr. 2025.

<https://www.uff.br/12-09-2024/biomas-brasileiros-risco-extincao-queimadas/#:~:text=Apesar%20da%20Amaz%3%B4nia%20ser%20o,do%20Sul%2C%20%3%A1rea%20de%20Pantanal>. Acesso em: 16 mar. 2025.

<https://www.uff.br/12-09-2024/biomas-brasileiros-risco-extincao-queimadas/#:~:text=Apesar%20da%20Amaz%3%B4nia%20ser%20o,do%20Sul%2C%20%3%A1rea%20de%20Pantanal>. Acesso em: 16 abr. 2025.

<https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/saiba-quais-sao-os-estados-que-mais-registraram-focos-de-queimadas-em-2024/>. Acesso em: 16 mar. 2025.

<https://www.joaoneiva.es.gov.br/noticia/ler/3088/atencao-o-inverno-aumenta-o-nivel-das-queimadas>. Acesso em: 16 mar. 2025.

https://www.terra.com.br/noticias/previsao-do-tempo/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-a-primavera-de-2024,67483eaa438d4c6c38e6f52988346b61h52fvzc0.html#google_vignette. Acesso em: 16 mar. 2025.

<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/3ec95f52-d294-4102-807f-e71c56959fde>. Acesso em: 19 abr. 2025.

<https://blog.smartkits.com.br/>. Acesso em: 16 mar. 2025.

<https://portal.vidadesilicio.com.br/o-que-e-arduino-e-como-funciona/>. Acesso em: 16 mar. 2025.

<https://store.arduino.cc/>. Acesso em: 16 mar. 2025.

https://www.baudaeletronica.com.br/produto/modulo-cartao-sd-card.html?srsltid=AfmBOool6xa2a8nfITPw7p0_Fu05Q_7EPrd8Ib_n7ODarK2klxtDOjx. Acesso em: 24 mar. 2025.

<https://www.makehero.com/produto/modulo-cartao-sd-card/?srsltid=AfmBOorG5k1EfUDINVDjriGKmUswRaDkJXNsISzZQ3toRrTj4thGotdz> Acesso em: 24 mar. 2025

<https://casacor.abril.com.br/pt-BR/noticias/sustentabilidade/tudo-sobre-placa-solar> Acesso em: 19 abr. 2025

<https://portal.vidadesilicio.com.br/dht11-dht22-sensor-de-umidade-e-temperatura/#:~:text=O%20sensor%20DHT11%20e%20o,entre%20uma%20leitura%20e%20outra>. Acesso em: 16 mar. 2025

<https://sigmasensors.com.br/sensor-de-umidade-do-solo#:~:text=Um%20Sensor%20de%20Umidade%20do,medi%C3%A7%C3%A3o%20da%20umidade%20da%20terra>. Acesso em: 23 mar. 2025

<https://mtibrasil.com.br/blog/pneumatica-geral/valvulas-pneumaticas/o-que-eh-uma-valvula-solenoid/#:~:text=O%20que%20%C3%A9%20uma%20v%C3%A1lvula,vamos%20mostrar%20aqui%20nesse%20artigo>. Acesso em: 23 mar. 2025

<https://www.ecycle.com.br/cisterna/#:~:text=Uma%20cisterna%20%C3%A9%20um%20dep%C3%B3sito,e%20exige%20obras%20de%20engenharia>. Acesso em: 24 mar. 2025

https://www.robocore.net/tutoriais/modulo-rele-arduino?srsltid=AfmBOor5PmuX4dtWVx9nH1SVJQ8lYTw8na_OaC0iUwVJc8yVQvHCQrhy Acesso em: 19 abr. 2025

https://www.makerhero.com/blog/sensor-de-nivel-de-caixa-dagua-com-arduino/?srsltid=AfmBOookRRuBHWP_Qc_pXe-jB0i3cBE0lZn-j709jCoc6ajzenHjPv-B Acesso em: 19 abr. 2025

https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1950762610-bateria-moto-titan-fan-biz-bros-fazer-125-150-160-mix-flex- JM#polycard_client=search-nordic&position=5&search_layout=stack&type=item&tracking_id=3c545cb6-098f-4be9-b816-89cf21b9bbe6&wid=MLB1950762610&sid=search Acesso em: 19 abr. 2025

<https://www.cnnbrasil.com.br/blogs/caio-junqueira/nacional/sao-paulo-estima-perda-de-r-1-bilhao-com-queimadas-no-estado/> Acesso em: 30 mar. 2025

<https://ndmais.com.br/meio-ambiente/brasil-lidera-ranking-de-queimadas-no-mundo-com-mais-de-200-mil-focos-de-incendio-em-2024/> Acesso em: 12 mai. 2025

<https://cnabrazil.org.br/noticias/organiza%C3%A7%C3%A3o-e-equipamentos-apropriados-evitam-inc%C3%AAndios-em-propriedades-rurais#:~:text=%C3%89%20poss%C3%ADvel%20usar%20enxadas%2C%20foices,o%20fogo%20cessa%20ao%20n%C3%A3o> Acesso em: 12 mai. 2025

<https://maxmaq.com.br/blog/pulverizador-costal/#:~:text=A%20prote%C3%A7%C3%A3o%20da%20lavoura%20contra,pr%C3%A1tica%20antiga%20de%20muitos%20produtores>. Acesso em: 12 mai. 2025