



**ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL
DEP. ARY DE CAMARGO PEDROSO
Técnico em Automação Industrial**

David Ferraz Castanho

Elton Carlos Inacio

Gilson Soares dos Santos

Jhon Kennedy da Silva Lima

DRONE SUPERVISOR TÉRMICO

Piracicaba

2025

David Ferraz Castanho
Elton Carlos Inacio
Gilson Soares dos Santos
Jhon Kennedy da Silva Lima

DRONE SUPERVISOR TÉRMICO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso Técnico em
Automação Industrial da Etec Dep. Ary de
Camargo Pedroso, orientado pela Prof^a
Milene da Silva como requisito para
obtenção do título de técnico em
Automação Industrial.

Piracicaba

2025

RESUMO

Considerando as constantes queimadas, sejam elas criminosas ou não, o superaquecimento global, o desmatamento e a poluição, percebeu-se a necessidade de desenvolver um projeto de prevenção e supervisão de focos de incêndio em plantações agrícolas e matas ciliares, com o objetivo de minimizar os impactos dos desastres ambientais. Em conjunto com a disciplina de TCC, foi elaborado este relatório técnico para o desenvolvimento do projeto, visando sanar ou reduzir os problemas mencionados. A metodologia deste trabalho incluiu pesquisas de arquivo, vídeos e observações diretas sobre o clima, fumaças e ambientes poluídos. É importante ressaltar que o projeto tem o potencial de auxiliar significativamente a humanidade neste momento, pois os custos serão reduzidos, com facilidade de manuseio e excelente precisão nas medições de temperatura, sendo supervisionado por bombeiros ou pela equipe de plantão.

Palavras-Chave: Focos de incêndios, Drone, Supervisor Térmico, Monitoramento Térmico.

ABSTRACT

Thinking about the constant fires, criminal or not, global overheating, deforestation and pollution, the need was felt to develop a project to prevent and supervise fires in agricultural plantations and riparian forests, to minimize the size of environmental disasters. Together with the TCC discipline, we created this technical report for the development of the project, aiming to solve or reduce the problems mentioned above. This work's methodology included archival research, videos and direct observations of the climate, smoke and polluted environments. Aware that our project will greatly help humanity in the times we live in, as costs will be greatly reduced, very easy to handle, and excellent precision in thermal temperature responses, and supervised by the Firefighter or the supervisory team on duty.

Key-Words: Fire outbreaks, Drone, Thermal Supervisor, Thermal Monitoring.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	5
2. OBJETIVOS.....	6
2.1.1. Objetivo geral.....	6
2.1.2. Objetivos Específicos.....	7
3. JUSTIFICATIVA	7
4. REFERENCIAL TEÓRICO	8
4.1. As queimadas estão diretamente ligadas ao aquecimento global	8
4.2. As consequências do aquecimento.....	10
4.3. Aquecimento global e mudanças climáticas.	12
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	13
5.1. Orçamento dos Materiais.....	13
5.2. Materiais.....	13
6. DESENVOLVIMENTO	20
7. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	24
8. CONCLUSÃO	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27

1. INTRODUÇÃO

Segundo o site Modelismo BH (2021), a análise termal consiste na detecção e diagnóstico de altas temperaturas em diversos componentes e equipamentos elétricos. Essa técnica utiliza câmeras infravermelhas especiais que realizam o mapeamento do item analisado, transformando as temperaturas em imagens térmicas. A inspeção é realizada para eliminar riscos, pois é capaz de prever falhas, identificar quais componentes necessitam ser substituídos e o que pode se tornar um problema maior a longo prazo, seja por defeito ou desgaste devido ao tempo de utilização.

Os drones equipados com câmeras de visão térmica capturam imagens térmicas dos itens analisados. Além disso, são utilizados sensores de detecção de calor que registram fotos e vídeos do calor dos equipamentos, e não da luz visível. As câmeras térmicas detectam pequenas diferenças de calor, como as de 0,01 °C. Essas informações são exibidas em várias cores em uma tela, em aplicativos ou softwares de análise térmica.

A partir das imagens mencionadas, os profissionais da área conseguem analisar os componentes internos do que está sendo inspecionado, entendendo o que está funcionando bem e o que precisa de mapeamento, transformando as temperaturas em imagens térmicas por meio da radiação infravermelha. Esse tipo de manutenção evita acidentes e outros riscos. Com os drones, a inspeção é realizada de forma mais rápida, com alta precisão e qualidade de imagens. Eles podem capturar imagens térmicas dos seguintes materiais:

- Edifícios;
- Arranha-céus;
- Fábricas;
- Casas;
- Tendões;
- Maquinários;
- Motores;
- Linhas de produção industrial;
- Redes elétricas;
- Correias transportadoras;
- Aviões;

- Barcos;
- Veículos;
- Circuitos;
- Linhas de energia;
- Capacitores de acoplamento e isolamento;
- Entre outros.

Além disso, podem ser utilizados para medir a saúde de uma plantação, por exemplo, e são empregados pelo corpo de bombeiros para identificar vítimas durante a noite, entre outras inúmeras atividades. Apresentado na figura 1.

Figura 1: Drone Supervisório



Fonte: <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2024/01/30/piloto-de-drone-e-uma-das-profissoes-em-alta-em-2024-veja-como-sao-as-oportunidades-no-agro.shtml>

2. OBJETIVOS

2.1.1. Objetivo geral

Identificar e monitorar possíveis focos de incêndio a fim de evitar grandes perdas nas plantações, preservar a qualidade do ar, proteger o solo e as agriculturas e promover o desenvolvimento ambiental e agrário.

2.1.2. Objetivos Específicos

- Construir um protótipo funcional de drone equipado com sensores térmicos e microcontroladores para captura e envio de imagens de calor em tempo real.
- Integrar tecnologias de monitoramento térmico com plataformas de visualização gráfica (Virtual Panel) para facilitar a interpretação dos dados captados.
- Testar o sistema em ambientes simulados para verificar sua eficácia na detecção de focos de calor antes do início de incêndios.
- Contribuir para a redução de impactos à saúde pública, provocados pela inalação de fumaça e gases tóxicos decorrentes das queimadas.
- Demonstrar como a automação e a tecnologia podem ser aliadas na preservação ambiental e no fortalecimento do agronegócio sustentável.
- Avaliar a viabilidade econômica do sistema proposto, destacando o custo-benefício frente às perdas causadas por incêndios não controlados.

3. JUSTIFICATIVA

Considerando as constantes queimadas, sejam elas criminosas ou não, o superaquecimento global, o desmatamento e a poluição, percebeu-se a necessidade de desenvolver um projeto de prevenção e supervisão de focos de incêndio em plantações agrícolas e matas ciliares, com o objetivo de minimizar os impactos dos desastres ambientais. Em conjunto com a disciplina de TCC, foi elaborado este relatório técnico para o desenvolvimento do projeto, visando sanar ou reduzir os problemas mencionados. A metodologia deste trabalho incluiu pesquisas de arquivo, vídeos e observações diretas sobre o clima, fumaças e ambientes poluídos. É importante ressaltar que o projeto tem o potencial de auxiliar significativamente a humanidade neste momento, pois os custos serão reduzidos, com facilidade de manuseio e excelente precisão nas

medições de temperatura, sendo supervisionado por bombeiros ou pela equipe de plantão.

De acordo com as mudanças climáticas e suas consequências, como queimadas, temperaturas elevadas e tempestades, percebeu-se a necessidade de integrar a um drone câmeras térmicas para auxiliar os bombeiros de plantão, fazendeiros e empresários do agronegócio, assim como toda a comunidade civil, no combate aos focos de incêndio, contribuindo diretamente para o enfrentamento do aquecimento global.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1. As queimadas estão diretamente ligadas ao aquecimento global

As queimadas têm um impacto significativo no aquecimento global, conforme evidenciado por dados recentes. De acordo com o site ECOA (2022), o Brasil registrou um aumento de 100% nos focos de calor nos últimos meses em comparação com os dados de 2023. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) reportou que, desde o início de 2024, o país já contabilizou 159.411 focos de queimadas, enquanto no mesmo período do ano anterior, esse número era de apenas 79.315.

Dentre as queimadas deste ano, 50% ocorreram na Amazônia e 32% no Cerrado, indicando que esses biomas concentram quase a totalidade do fogo no Brasil. A proporção de focos de incêndio foi semelhante ao ano anterior, com 52% na Amazônia e 33% no Cerrado.

Kyle Hilburn, um cientista atmosférico, utiliza dados de satélites para prever fenômenos climáticos extremos relacionados a incêndios. Ele observa que as tempestades geradas pelo fogo são mais frequentes do que se pensava há alguns anos (O Globo, 2024).

Historicamente, as temperaturas da Terra começaram a aumentar de forma significativa após a Primeira Revolução Industrial na Inglaterra, no século XIX. Esse período foi crucial para o desenvolvimento do sistema econômico capitalista, mas também resultou em uma intensificação da emissão de gases

de efeito estufa (GEE), como o dióxido de carbono (CO₂), e na exploração comercial do meio ambiente.

Figura 2 - Queimada no Cerrado.



Fonte: <https://www.todamateria.com.br/queimadas/>

Figura 3 - Bombeiros trabalhando no combate a incêndio.



Fonte: <https://www.todamateria.com.br/queimadas/>

As queimadas contribuem para a degradação ambiental e iniciam processos que levam ao aquecimento global. As causas desse fenômeno estão diretamente ligadas às atividades humanas, que se tornaram cada vez mais complexas ao longo do tempo. Segundo o Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM, 2024), as atividades antrópicas que causam o aquecimento global incluem:

- Aumento da queima de combustíveis fósseis (petróleo, carvão mineral, gás natural): através de veículos a combustão e atividades industriais, incluindo a geração de eletricidade.
- Remoção da cobertura vegetal e ampliação das áreas desmatadas: o que resulta na liberação de grandes quantidades de carbono na atmosfera.
- Promoção de queimadas na vegetação: frequentemente associadas à abertura de áreas para infraestrutura ou produção agropecuária.

Esses fatores não apenas intensificam o aquecimento global, mas também afetam a biodiversidade e a qualidade do ar, contribuindo para um ciclo vicioso de degradação ambiental.

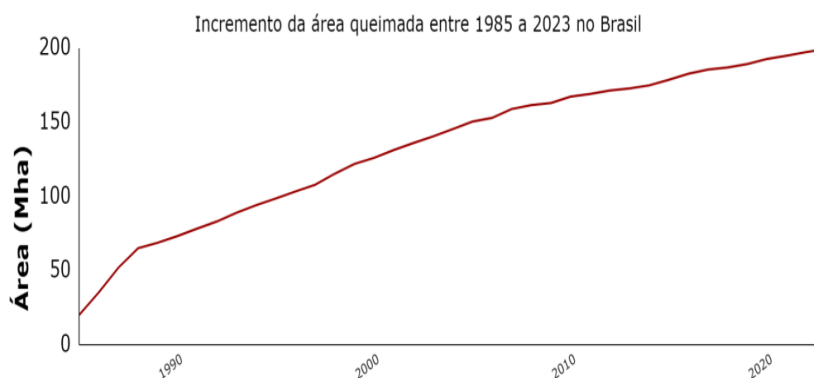
4.2. As consequências do aquecimento

As consequências do aquecimento global têm sido debatidas pela comunidade científica desde meados da década de 1970, quando ocorreu a primeira conferência dedicada à discussão sobre o clima global e o meio ambiente. Muitas das consequências do aquecimento global previstas no passado estão sendo identificadas atualmente, especialmente as alterações na dinâmica climática do planeta. Algumas das consequências da elevação das temperaturas terrestres incluem:

- Derretimento das calotas polares e das geleiras, resultando no aumento do nível dos oceanos;
- Aquecimento das águas dos oceanos, levando à sua acidificação;

- Perda de biodiversidade e extinção de espécies de animais e plantas devido à incapacidade de adaptação às novas condições climáticas impostas pelo aquecimento global;
- Desequilíbrio de ecossistemas e dos ciclos biogeoquímicos que ocorrem na natureza, responsáveis pela manutenção da biota;
- Diminuição das reservas de recursos naturais essenciais para a vida humana;
- Problemas na produção agrícola e perda de lavouras, resultando em menor produção de alimentos e possível escassez de itens;
- Aumento do número de doenças provocadas pela poluição, pelo calor e pelas demais alterações climáticas;
- Crescimento do número de refugiados climáticos, pessoas afetadas por fenômenos extremos decorrentes das mudanças climáticas.

Figura 4 - Gráfico de incremento de área queimada de 1985 a 2023



Fonte: <https://ipam.org.br/fogo-queimou-quase-200-milhoes-de-hectares-do-brasil-nos-ultimos-39-anos>

4.3. Aquecimento global e mudanças climáticas.

O aquecimento global, conforme apontado pela ECOA (2024), está diretamente relacionado às mudanças climáticas. A Organização das Nações Unidas (ONU) define mudanças climáticas como transformações no padrão de temperatura e clima observadas no médio e longo prazo no planeta Terra. Essas mudanças na dinâmica climática em escala global já são identificadas atualmente, resultantes das ações cumulativas dos seres humanos ao longo dos séculos, que se aceleraram a partir da segunda metade do século XX.

Uma das maiores evidências das alterações climáticas é o aumento da temperatura média global, que subiu 1,1 °C desde o início do processo de industrialização. Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2025), caso nada seja feito para impedir o avanço do aquecimento global, o aumento poderá chegar a 1,5 °C nas próximas duas décadas. Acima desse limite, considera-se que o quadro se tornará irreversível.

As mudanças climáticas causam, principalmente, a ocorrência cada vez mais frequente de fenômenos atmosféricos extremos, como:

- Calor exacerbado e ondas de calor cada vez mais duradouras;
- Intensificação do El Niño e da La Niña, que têm se manifestado com maior frequência;
- Chuvas muito volumosas que não se comparam a outras registradas nas mesmas localidades;
- Secas severas que perduram por muito mais tempo do que o considerado normal.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. Orçamento dos Materiais

Orçamento de materiais: Drone Supervisor Térmico	
Componentes	Valor (R\$)
Drone	120,00
Circuitos Eletrônica ESP32	55,80
Jumper MX, MXM, FXF	27,19
Sensores Térmicos AMG 8833	196,00
Módulo térmico DTH22	30,51
Cabo de conexão J8 → ESP32	20,00
Circuito Eletrônico Arduino UNO R3	42,66
TOTAL DOS CUSTOS = R\$ 480,20	

5.2. Materiais

Figura 5: ESP32 devkit v1



Fonte: Vida de Silício: https://vidadesilicio.com.br/produto/esp32-esp-wroom-32-nodemcu/?srsltid=AfmBOooHHK28JORKHlgYrptzyDZg5x8X8wkKdMcvTYRg_FUXm1-e2ZZGsUo.

Descrição: Módulo ESP32

O módulo ESP32 é um microcontrolador de baixo custo e baixo consumo de energia, projetado para aplicações de Internet das Coisas (IoT) e comunicação sem fio. O ESP32 oferece uma ampla gama de recursos, incluindo conectividade Wi-Fi e Bluetooth, um controlador de Ethernet, interfaces de câmera e LCD, interfaces de periféricos como I2C, SPI e UART, além de muitos pinos GPIO para expansão de hardware. Além disso, ele suporta diferentes protocolos de segurança, como WPA/WPA2 e TLS/SSL.

O ESP32 pode ser programado usando a plataforma Arduino ou o ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) do Espressif, o ESP-IDF. Ele também é compatível com outras plataformas de desenvolvimento, como MicroPython e Lua.

Com sua ampla gama de recursos e flexibilidade de programação, o ESP32 é uma excelente escolha para projetos de IoT, desde simples sensores até sistemas mais complexos e conectados à internet.

Características:

- Marca: OEM
- Modelo: Esp32DevKit CH9102X
- Cor: Marrom
- Tamanho:
- A.:0.5 x L.:3 x C.: 5 cm
- Peso: 20g
- Memória ROM interna de 448K Bytes (para Boot e Core)
- Memória RAM estática interna de 520K Bytes
- Memória externa (total 4) – suporte para até 16M Bytes Flash e 16M Bytes SRAM
- 1 K Bit de Fusíveis eletrônicos (para segurança e criptografia)
- Real Time Clock com 16K Bytes de SRAM
- Interface WIFI 802.11 b/g/n – 802.11 n (2.4 GHz), até 150 Mbps

- Interface Bluetooth v4.2 BR/EDR e Bluetooth LE (low energy)
- Dois grupos de Timers – 4 timers de 64 Bits
- Aceleradores de hardware (criptografia) – AES, SHA, RSA e ECC
- Alimentação VCC de 2,3V a 3,6V CC
- Consumo de corrente max com WIFI – 240 mA

Compatibilidade:

- Arduino

Itens incluso:

- 1 x Esp32 CH9102X

Figura 6: Sensor AMG8833



Fonte: ConectaBit: https://www.conectabit.com.br/MLB-4165687336-sensor-termico-amg8833-ir-ca-88-i2c-ir-infrared-temperatura-_JM.

Descrição: Sensor Térmico AMG8833 IR CA 8x8 I2C IR Infrared Temperatura

Características Principais:

Resolução Avançada: O sensor térmico AMG8833 oferece uma resolução de 8x8 pixels, permitindo uma detecção precisa e detalhada de variações de temperatura.

Conexão I2C: Integração simples e fácil com microcontroladores e sistemas embarcados através da interface I2C, garantindo uma comunicação eficiente e confiável.

Detecção Infravermelha (IR): Capaz de detectar e medir a temperatura por meio de radiação infravermelha, oferecendo uma ampla gama de aplicações em monitoramento térmico e detecção de calor.

Ampla Faixa de Temperatura: Com sua capacidade de medir temperaturas em uma faixa ampla, o sensor AMG8833 é ideal para aplicações que requerem monitoramento preciso em uma variedade de ambientes e condições.

Alta Sensibilidade: Possui alta sensibilidade para detectar variações sutis de temperatura, tornando-o adequado para aplicações de detecção de movimento, controle de temperatura e segurança.

Design Compacto e Versátil: Com um tamanho compacto e leve, o sensor térmico AMG8833 é facilmente integrado em uma variedade de dispositivos e sistemas, oferecendo flexibilidade de instalação e uso.

Amplas Aplicações: Indicado para uma ampla gama de aplicações, incluindo sistemas de monitoramento ambiental, sistemas de segurança, termografia, automação residencial e industrial, entre outros.

O Sensor Térmico AMG8833 IR CA 8x8 I2C IR Infrared Temperatura é uma solução confiável e precisa para suas necessidades de detecção e monitoramento térmico. Adquira já o seu e leve a precisão da medição de temperatura para o próximo nível.

ESPECIFICAÇÕES:

- Interface: I2C;
- Fonte de alimentação: 3 ~ 5V;
- Margem de Erro: $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$;
- Taxa máxima de quadros: 10Hz;
- Faixa de Medição de temperatura: 0°C a 80°C ;
- Dimensões (CxLxE): $\sim 17,7 \times 17,3 \times 6\text{mm}$;
- Peso: 2g.

PROGRAMAÇÃO COM VIRTUAL PANEL

```
#include "VirtualPanel.h"

#include <Wire.h>
#include <Adafruit_AMG88xx.h>

uint16_t x = 0;
uint16_t y = 0;

Adafruit_AMG88xx amg;

float pixelDaVez;

void setup() {
  Panel.begin();
  amg.begin();
}

void loop() {
  Panel.receive();

  float pixels[AMG88xx_PIXEL_ARRAY_SIZE];
  amg.readPixels(pixels);

  for (int i=0; i < AMG88xx_PIXEL_ARRAY_SIZE; i++){

    x = (i % 8) * 16;
    y = (i / 8) * 16;

    pixelDaVez = pixels[i];
    if(pixelDaVez < 04.00){
      Panel.send(GraphDrawPixel, "$BLUE");
    }
    if(pixelDaVez > 00.00 && pixelDaVez < 27.00){
```

```

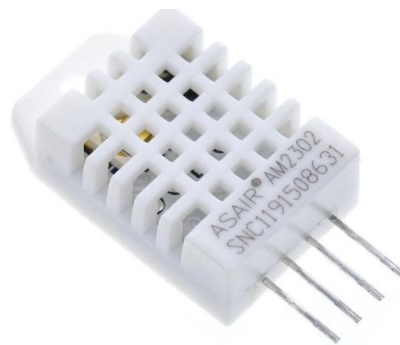
        Panel.send(GraphDrawPixel, "$GREEN");
    }
    if(pixelDaVez > 27.00 && pixelDaVez < 30.00){
        Panel.send(GraphDrawPixel, "$YELLOW");
    }
    if(pixelDaVez > 30.00 && pixelDaVez < 45.00){
        Panel.send(GraphDrawPixel, "$ORANGE");
    }
    if(pixelDaVez > 45.00){
        Panel.send(GraphDrawPixel, "$RED");
    }
    Panel.send(GraphDrawPixel, "$16PX");
    Panel.send(GraphDrawPixel, _Point(x, y));
}
}

void PanelCallback(vp_channel event){

}

```

Figura 7: sensor de temperatura e umidade DHT22



Fonte: Curto Circuito: <https://curtocircuito.com.br/sensor-temperatura-dht22.html>

Descrição: Sensor de temperatura e umidade DHT22, ideal para leitura de temperaturas e umidade, fácil instalação.

Capaz de fazer leituras de temperaturas entre -40 a +80 graus Celsius e umidade entre 0 a 100%. Informação técnica do produto:

Modelo: DHT22/AM2302

Tensão de operação: 5V DC

Faixa de medição de umidade: 0 a 100% UR

Faixa de medição de temperatura: -40° a +80°C

Corrente: 2,5mA max durante uso, em stand by de 100uA a 150 uA

Precisão de umidade de medição: $\pm 2,0\%$ UR

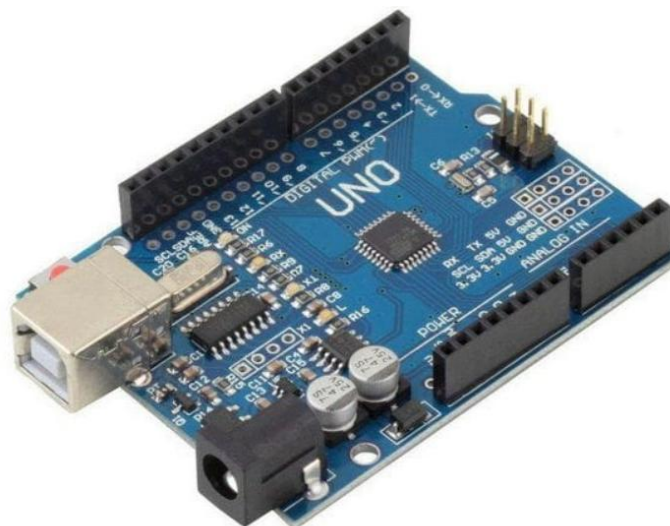
Precisão de medição de temperatura: $\pm 0,5$ °C

Resolução: 0,1

Tempo de resposta: 2s

Dimensões: 25 x 15 7mm (sem terminais)

Figura 8: Arduino UNO R3



Fonte: Eletronica Colitec: <https://colitec.com.br/arduino-uno-r3-smd-ch340-p105>

Descrição: Circuito Eletrônico Arduino UNO R3

A Placa UNO R3 + Cabo USB (Arduino Compatível) é uma placa de desenvolvimento de alta performance, amplamente utilizada em diversas aplicações de prototipagem, robótica, automação e IoT. Esta placa é conhecida por sua compatibilidade com a plataforma Arduino, sendo ideal para projetos que requerem facilidade de programação e expansibilidade. A Placa UNO R3 é baseada no microcontrolador ATmega328P, que oferece um excelente desempenho e baixo consumo de energia. Com uma ampla gama de pinos de

entrada/saída digitais e analógicos, além de interfaces de comunicação como UART, SPI e I2C, esta placa permite a conexão com uma variedade de sensores, atuadores e módulos externos. Seu design compacto e robusto, aliado à montagem SMD, garante maior confiabilidade e durabilidade para os projetos.

Especificações Técnicas da Placa UNO R3 + Cabo USB (Arduino Compatível):

- Microcontrolador: ATmega328P.
- Tensão de operação: 5V.
- Tensão de entrada (recomendada): 7-12V.
- Pinos de E/S digitais: 14 (dos quais 6 podem ser usados como saídas PWM).
- Pinos de entrada analógica: 6.
- Corrente DC por pino de E/S: 20 mA.
- Corrente DC para o pino de 3,3V: 50 mA.
- Flash: 32 KB (0,5 KB usados para o bootloader).
- SRAM: 2 KB.
- EEPROM: 1 KB.
- Velocidade do Clock: 16 MHz.
- Dimensões: 68,6 x 53,4 mm.

6. DESENVOLVIMENTO

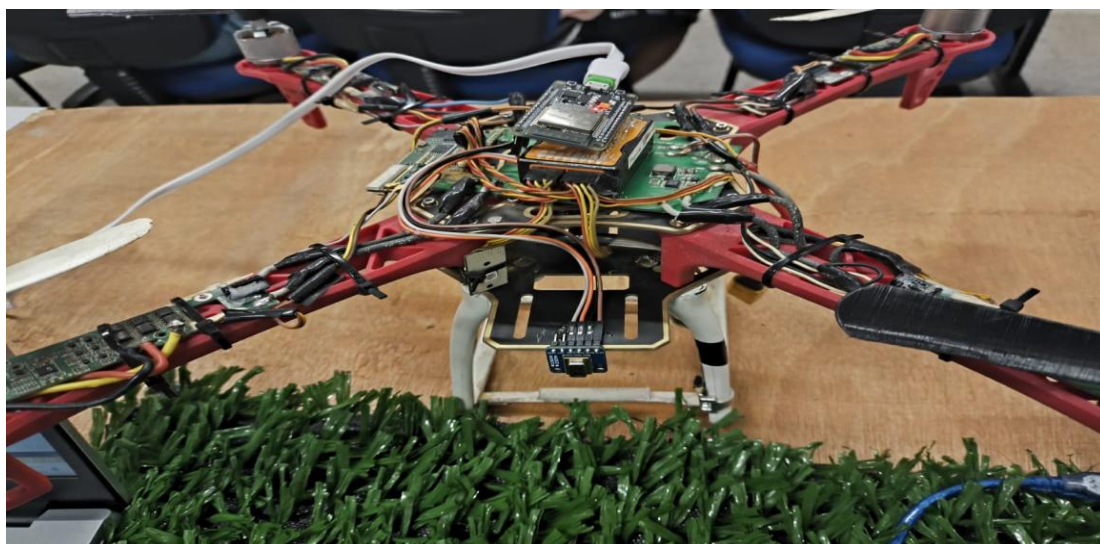
Figura 9: Placa sendo personalizada.



Fonte: Autoria própria

Utilizou-se uma chapa de madeirite de 570 mm x 1000 mm para servir de mesa, com uma placa de MDF marrom simulando o chão, um pedaço de grama sintética simulando o plantio a ser supervisionado e algumas árvores para dar uma aparência de área rural.

Figura 10: Drone com o módulo AMG8833 e ESP32.

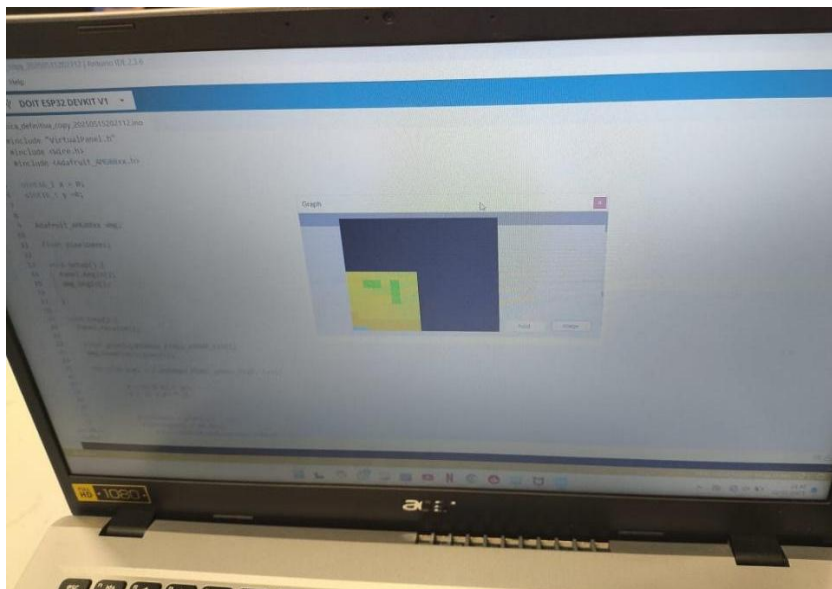


Fonte: Autoria própria

Na ponta do drone foi fixado o módulo térmico AMG8833, coligado com o microcontrolador ESP32 (figura 10), que está fixado em cima do drone. Este

microcontrolador ESP32 recebe as cores coletadas pelo sensor AMG8833 e as envia para o notebook (figura 11).

Figura 11: Imagem termal enviada para o notebook.

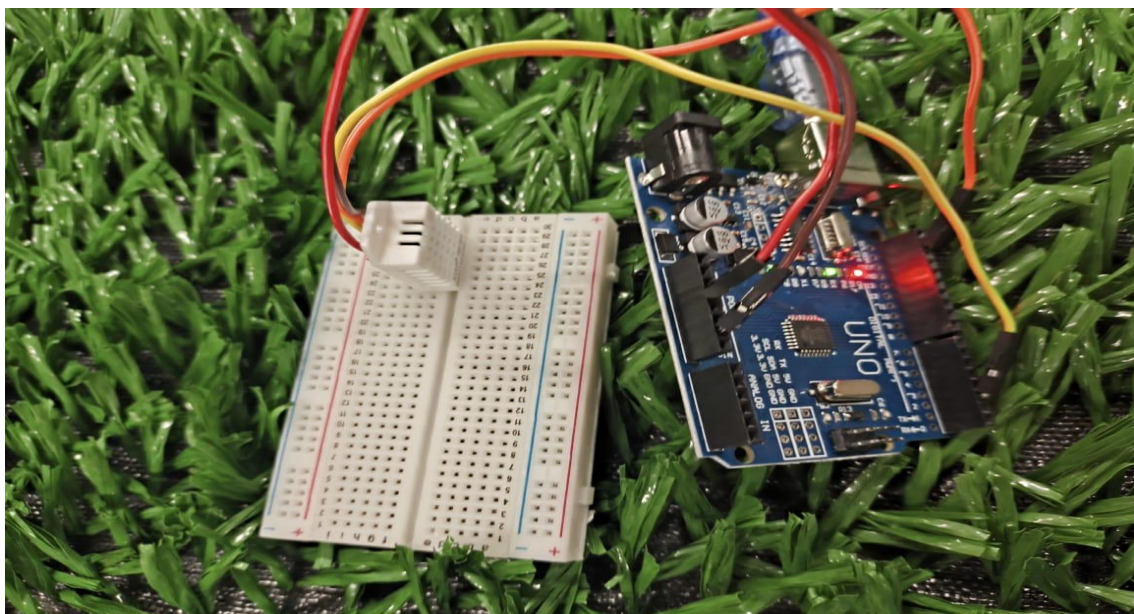


Fonte: Autoria própria

A imagem termal é enviada para o notebook através de um programa chamado Virtual Panel, que comunica com o programa Arduino, transformando sinais em cores.

Tem-se também outro microcontrolador Arduino UNO, que receberá as informações de um módulo térmico DHT22 e enviará para o notebook a temperatura e a umidade do solo. Apresentado na figura 12.

Figura 12: Arduino UNO com o módulo térmico DHT22 na protoboard.



Fonte: Autoria própria

De forma detalhada, após adquirir o módulo térmico AMG8833, a orientadora Milene ajudou a buscar a programação compatível no site GitHub para comunicar com o programa IDE Arduino, carregando bibliotecas e dispositivos compatíveis. Realizaram-se as ligações físicas no ESP32 até o sensor, que forneceu resultados em forma numérica, mostrando valores térmicos como 38°, 35°, 42°, etc.

Após conversas com o auxiliar docente Gabriel Martins Pinto e o co-orientador José Carlos, com o auxílio dos professores Adilson Rodrigues e Rubens Serafim, foi possível, através do painel virtual (Virtual Panel), comunicar as temperaturas com o notebook através de cores, sem a necessidade de um IHM externo.

Nesse código, utilizou-se um sensor especial, o AMG88xx, que funciona como uma pequena câmera térmica para "ver" o calor. Conectou-se esse sensor a um microcontrolador ESP32, que é o cérebro da operação. A ideia é que o ESP32 leia as temperaturas que o sensor detecta e, em seguida, envie esses dados para o computador. No computador, utilizou-se um programa chamado Virtual Panel para mostrar essas temperaturas de forma visual, em um mapa colorido.

Para captar essas leituras de temperatura, primeiro é necessário que o ESP32 se conecte ao sensor AMG88xx. Em seguida, a biblioteca Wire.h faz a comunicação interna usando um protocolo chamado I2C, semelhante a uma linha telefônica, estabelecendo as regras para o ESP32 e o sensor trocarem informações corretamente. Depois, utilizou-se a biblioteca Adafruit_AMG88xx.h, que interpreta e traduz as informações do sensor AMG88xx. Ela sabe exatamente como solicitar ao sensor as leituras de temperatura de cada um dos 64 pontos que consegue medir e já entrega esses dados de forma compreensível, geralmente como valores de temperatura em graus Celsius.

Diante das temperaturas no ESP32, surgiu a necessidade de visualizá-las no computador. Para essa parte, utilizou-se a VirtualPanel.h. Essa biblioteca trabalha junto com um aplicativo, usado no Windows, para criar uma interface gráfica. Os dados de temperatura do ESP32 foram enviados, pelo cabo USB, para esse aplicativo no computador, que pode mostrar esses dados como um mapa de calor, uma lista de números ou até gráficos. Destaca-se o potencial de adicionar botões, controles deslizantes ou outros elementos nessa interface. A VirtualPanel.h também permite enviar comandos de volta para o ESP32, possibilitando o controle do sistema diretamente do computador.

Em suma, o processo inicia-se na função setup() do código. Nela, prepararam-se todos os canais de comunicação: configurou-se a ligação I2C para o sensor usando a Wire.h, inicializou-se o sensor com a Adafruit_AMG88xx.h e, por fim, estabeleceu-se a conexão com o Virtual Panel no computador. Após a configuração, na função loop() principal, o sistema continuamente solicita novas leituras de temperatura ao sensor (usando a Adafruit_AMG88xx.h), captura esses valores e os envia para o Virtual Panel exibi-los na tela.

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a conclusão das etapas de montagem e programação, os testes demonstraram que o drone supervisor térmico é eficaz na detecção de pontos de calor. O sensor AMG8833 apresentou respostas consistentes, com diferenciação clara de temperaturas, especialmente em ambientes com contraste térmico.

O uso do microcontrolador ESP32, em conjunto com o Arduino UNO e o sensor DHT22, permitiu a coleta simultânea de dados térmicos e de umidade, enriquecendo a análise ambiental. O software Virtual Panel viabilizou a visualização dos dados de forma clara, por meio de escalas cromáticas, sem exigir a implementação de um sistema IHM dedicado.

Além disso, a colaboração entre os alunos e os professores da área técnica foi fundamental para os ajustes no código, integração de sistemas e análise dos dados obtidos.

8. CONCLUSÃO

O projeto de um drone supervisor térmico representou uma solução inovadora, acessível e alinhada às necessidades contemporâneas de proteção ambiental. Em um cenário global marcado por eventos climáticos extremos, desmatamento e crises ecológicas, iniciativas que empregam tecnologias emergentes, assumem um papel de destaque.

O sistema desenvolvido alia baixo custo, facilidade de manuseio e precisão nos dados coletados, podendo ser adaptado a diferentes contextos – do agronegócio à fiscalização ambiental, do monitoramento urbano à atuação preventiva de corpos de bombeiros. Para além do impacto técnico e funcional positivo, este projeto evidencia o potencial formativo e significativo da educação técnica pública, ao possibilitar que estudantes desenvolvam soluções reais para problemas complexos, promovendo a cidadania, a inovação e o compromisso social.

Como possibilidades futuras, recomenda-se o aprimoramento do sistema com algoritmos de inteligência artificial para detecção autônoma de padrões

térmicos, inclusão de geolocalização GPS e transmissão remota via rede ou Wi-Fi de longo alcance, ampliando sua aplicação em grandes áreas e em tempo real.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL ESCOLA. Aquecimento global. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/aquecimento-global.htm>. Acesso em: 24 nov. 2024.

ECO.A. Queimadas urbanas afetam a saúde da população. ECOA. Disponível em: https://eco.a.org.br/queimadas-urbanas-afetam-a-saude-da-populacao/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAuou6BhDhARIsAlfgrn4PEdBp5m7XsUYLgvSgJiHBGOuwsp_NqnirgsLq85vRPHbFYI-EGWoaAuYDEALw_wcB. Acesso em: 24 nov. 2024.

G1. Piloto de drone é uma das profissões em alta em 2024; veja como são as oportunidades no agro. G1 Economia. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2024/01/30/piloto-de-drone-e-uma-das-profissoes-em-alta-em-2024-veja-como-sao-as-oportunidades-no-agro.ghtml>. Acesso em: 24 nov. 2024.

IPAM. Fogo queimou quase 200 milhões de hectares do Brasil nos últimos 39 anos. IPAM. Disponível em: <https://ipam.org.br/fogo-queimou-quase-200-milhoes-de-hectares-do-brasil-nos-ultimos-39-anos>. Acesso em: 24 nov. 2024.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (IPCC). Home page. Genebra: IPCC, 2025. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/>. Acesso em: 15 jun. 2025.

GLOBO, O. “Clima criado pelo fogo”: incêndios florestais e queimadas podem alterar previsão do tempo? Entenda. Rio de Janeiro, 11 set. 2024. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/brasil/noticia/2024/09/11/clima-criado-pelo-fogo-incendios-florestais-e-queimadas-podem-alterar-previsao-do-tempo-entenda.ghtml>. Acesso em: 15 jun. 2025.

TODA MATERIA. Queimadas. Toda Matéria. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/queimadas/>. Acesso em: 24 nov. 2024.