



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BAHIA
CAMPUS SEABRA

LAURA DE ARAUJO RODRIGUES

**SISTEMA ELETRÔNICO DE DETECÇÃO E GERENCIAMENTO DE
INCÊNDIOS PARA UNIDADES DE CONSERVAÇÃO: UM PROTÓTIPO
UTILIZANDO O ARDUINO**

Seabra — BA

2023

LAURA DE ARAUJO RODRIGUES

**SISTEMA ELETRÔNICO DE DETECÇÃO E GERENCIAMENTO DE
INCÊNDIOS PARA UNIDADES DE CONSERVAÇÃO: UM PROTÓTIPO
UTILIZANDO O ARDUINO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso Técnico em
Informática do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia
— Campus Seabra, como requisito parcial
para obtenção do diploma Técnico em
Informática.

Orientador: Prof. Msc. Monck Charles
Albuquerque;

Co-orientadora: Rafaelle da Silva Souza.

Seabra — BA

2023



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA)
Coordenação do Curso Técnico em Informática
Campus Seabra

LAURA DE ARAUJO RODRIGUES

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Técnico em Informática, sendo aprovado pela Coordenação do curso Técnico em Informática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Campus Seabra.

Banca examinadora:

Orientador: Prof Mock Charles Albuquerque

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA)

Co-orientadora: Prof^a Rafaelle da Silva Souza

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA)

Eider Esdras Silva Oliveira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA)

Edinelson Pereira dos Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA)

Seabra — BA
2023

À minha querida mãe, Flavia Paiva de Araujo, e à minha amada avó, Nelza Paiva de Araujo, cujo amor incondicional e apoio incansável foram a luz que iluminou cada dia para a realização desse trabalho. Este TCC é dedicado a vocês, as fontes eternas de inspiração e força em minha jornada acadêmica. Muito obrigado por serem os alicerces do meu sucesso.

Agradecimentos

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a todos que de alguma forma ajudaram na realização desse trabalho, em especial, à professora Rafaelle Da Silva Souza, cuja orientação e conhecimento foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Foi sob sua orientação que cultivei um espírito transformador. Gratidão por me guiar a produzir ciência. Aos meus queridos colegas, Styves Barros Miranda e Raiane de Araujo Brandão que estavam ao meu lado no desenvolvimento do projeto. E, por fim, ao Prof. Monck Charles de Albuquerque, pela paciência, orientação valiosa e apoio constante ao longo dessa jornada acadêmica. Este trabalho não seria possível sem a contribuição e apoio de cada um de vocês. Muito obrigado por fazerem parte dessa conquista!

Resumo

Incêndios ambientais destrutivos tem como principais causas as queimadas, técnica agrícola ancestral, ou ações humanas irresponsáveis. Nesse contexto, no Parque Nacional da Chapada Diamantina, na Bahia, a incidência desses incêndios é alarmante e, embora as comuns causas de incêndios, fatores naturais e a localização remota frequentemente complicam os esforços de prevenção, desafiando bombeiros, brigadistas e voluntários que trabalham incansavelmente para conter as chamas. Posto isto, o objetivo desse projeto foi construir um sistema eletrônico que detecta o aumento crescente da concentração de monóxido de carbono (CO) no ar e notifica o órgão responsável pela fiscalização de uma área de preservação ambiental. A ideia é, com a utilização do Arduino, elaborar um sistema eletrônico autossustentável de detecção precoce de incêndios, por meio do uso de placa solar e fonte de alimentação para fazê-lo funcionar dia e noite. Esse sistema serve para monitorar áreas de preservação ambiental e foi testado no Parque Nacional da Chapada Diamantina, Bahia. Para comunicação de um possível incêndio, o sistema detecta o aumento crescente do CO e, por meio do módulo *wireless ESP8266* conectado à placa do Arduino, envia para a central de controle o valor da concentração de CO no ar. A contribuição deste sistema eletrônico repousa no processo inovador adotado através de um sistema de informação associado à prototipagem eletrônica de *hardware* livre com finalidade de melhorar o monitoramento e agilizar a prevenção de incêndios. Entre os resultados, destaca-se a iniciativa de criar meios de maior controle sobre os incêndios das áreas de preservação ambiental, buscando evitar grandes perdas na natureza, bem como evidenciou-se à comunidade iniciativas de prevenção de incêndios.

Palavras-chave: Áreas de preservação ambiental; Incêndios; Arduino UNO.

Lista de ilustrações

Figura 1 - Bahia em regiões, com destaque para a Chapada Diamantina.....	9
Figura 2 - Principais causas do fogo na vegetação.....	11
Figura 3 - Placa eletrônica Arduino.....	13
Figura 4 - Recursos do hardware livre Arduino.....	15
Figura 5 - Captura de tela da primeira oficina.....	17
Figura 6 - Captura de tela dos participantes da oficina.....	17
Figura 7 - Simulação do protótipo e código.....	18
Figura 8 - Queimadas no PNCD.....	21
Figura 9 - Esquema de montagem do dispositivo (fase 2).....	23
Figura 10 - Rastreador solar.....	24
Figura 11 - Base de dados na plataforma ThingSpeak.....	25
Figura 12 - Esquema de montagem do dispositivo (fase 1).....	27
Figura 13 - Protótipo desenvolvido.....	27
Figura 14 - Disposição do sistema (rastreador solar e conexões com o dispositivo).....	28
Figura 15 - Registro fotográfico do momento da testagem.....	29
Figura 16 - Gráfico de Leitura Analógica vs Concentração de CO.....	30
Figura 17 - Gráfico de concentração normal de CO no ambiente.....	30
Figura 18 - Registro fotográfico do momento da testagem.....	31
Figura 19 - Gráfico de concentração de CO em situação de fogo controlada.....	32
Figura 20 - Banco de dados detectados.....	33
Figura 21 - Momento da entrevista com morador da região queimada.....	36
Figura 22 - Captura de tela do perfil do projeto no Instagram.....	37
Figura 23 - 3ª postagem.....	38
Figura 24 - 10ª postagem.....	38
Figura 25 - 10ª postagem.....	39
Figura 26 - Gráfico de Insights das Publicações.....	40
Figura 27 - Brigada Voluntária de combate a Incêndios Florestais de Lençóis.....	41
Figura 28 - Brigada Voluntária de combate a Incêndios Florestais de Palmeiras....	41

Sumário

1. INTRODUÇÃO	8
2. REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1. PARQUE NACIONAL DA CHAPADA DIAMANTINA	11
2.2. DIFERENÇA ENTRE QUEIMADA E INCÊNDIO FLORESTAL	12
2.3. INCÊNDIOS FLORESTAIS E QUEIMADAS EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL	13
2.4. LEGISLAÇÃO	14
2.4.1. Lei de crimes ambientais	14
2.4.2. Lei de regulamentação e suas disposições ao código de proteção da vegetação nativa	14
2.5. ARDUINO UNO	15
2.5.1. Componentes eletrônicos e estrutura	16
2.5.2. Ambiente de programação Arduino	17
3. MATERIAIS E MÉTODOS	17
3.1. Recursos e orçamento	26
6. RESULTADOS	28
6.1. Teste do dispositivo	30
6.2. Outras tecnologias de combate a incêndios	35
6.3. Prevenção de incêndios florestais	36
7. CONSIDERAÇÕES	44
REFERÊNCIAS	44

1. INTRODUÇÃO

A ocorrência de queimadas não é algo recente, sejam elas naturais ou que envolvem ação humana. Segundo Santos, Bahia e Teixeira (1992), a utilização da técnica da queima data desde o surgimento da própria agricultura. Os seres humanos primitivos, principalmente de regiões tropicais e subtropicais, já utilizavam o fogo como forma de renovar pastagens para animais e limpar terrenos para facilitar o plantio, possibilitando controlar vegetação em campos e florestas e, desse modo, garantir a sua sobrevivência e desenvolvimento.

Contudo, o manejo de queimadas pode descontrolar-se, tornando-se um incêndio ambiental, e provocar danos enormes para o meio ambiente. Nesse contexto, é também uma preocupação a ocorrência de incêndios em áreas de preservação, sendo essa uma das graves ameaças à conservação da biodiversidade (IBAMA, 2008).

A presente pesquisa foi realizada com enfoque no Parque Nacional da Chapada Diamantina (PNCD), localizado no estado da Bahia. A criação do Parque teve foco em proteger a Serra do Sincorá e preservar as estruturas sócio-culturais de utilização pública, educacional e científica (BESERRA, 2007; BRASIL, 1985).

Essa região se inclui entre as Unidades de Conservação com maior quantidade de focos de incêndio do Brasil (IBAMA, 2008). Como exemplo, pode-se citar fato ocorrido em outubro de 2020, quando focos de incêndio foram registrados na cidade de Mucugê, na Chapada Diamantina. O fogo se alastrou queimando áreas superiores a 2 mil hectares (PITOMBO, 2020). De acordo com G1-BA (2020), há indícios de que esse incêndio teve causas criminosas, pois o fogo começou às margens de uma rodovia estadual que corta o município de Andaraí e se alastrou para o Parque Municipal Roda das Cachoeiras. Com ajuda dos fortes ventos da região, as chamas se espalharam rapidamente para o Parque Nacional da Chapada Diamantina, no trecho que fica dentro da cidade de Mucugê (G1-BA, 2020).

Por toda a Bahia, essa situação se repete. A cidade de Barra, em 2020, teve queimadas que chegaram ao limite de Morpará, enquanto em Barreiras o fogo queimou uma área extensa de cerrado, sendo estimulado pelos fortes ventos. Na mesma região, em Luís Eduardo Magalhães, as chamas chegaram a invadir o asfalto. No norte da Bahia, em Sento Sé, as queimadas também destruíram várias áreas de vegetação nativa. O principal foco foi no Parque Boqueirão da Onça, que é

área de proteção ambiental cuidada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMbio) (G1-BA, 2020).

Ressalta-se que esse não é um problema isolado da Bahia. Como exemplo recente de incêndios florestais, é importante citar o caso ocorrido no Pantanal e nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, que aumentaram assustadoramente no ano de 2020. Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), desde o dia 1º até o dia 28 de outubro de 2020, foram registrados 2.825 pontos de fogo no bioma, sendo o maior incêndio registrado em 14 anos na região.

Na maioria das vezes, esses incêndios em florestas e áreas rurais têm a causa de origem humana. Porém, como aponta Augusto (2018), são os fatores naturais do local que influenciam a sua propagação e determinam seus efeitos. Outra questão é que o fogo, em alguns casos, se espalha para áreas de difícil acesso, o que dificulta o trabalho de bombeiros, brigadistas e voluntários que trabalham para debelar as chamas.

Nesse contexto, foi investigado a possibilidade de elaborar um protótipo de um sistema eletrônico autossustentável que identifique e informe ao órgão responsável pela fiscalização da área de preservação ambiental indícios de um incêndio na área. O intuito é proteger e assegurar a conservação, recuperação e o uso sustentável do ecossistema, podendo o órgão de fiscalização, assim, tomar as medidas cabíveis e prevenir a propagação do fogo.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Construir protótipo de um sistema eletrônico, usando materiais didáticos como o arduino, que detecta o aumento crescente da concentração de monóxido de carbono no ar em áreas de preservação ambiental e notifica o órgão responsável pela fiscalização a fim de agilizar as medidas de prevenção a incêndios. Assim, auxiliando na proteção, recuperação e promoção do uso sustentável dos ecossistemas terrestres, combatendo a degradação da terra e a perda de biodiversidade.

Objetivos Específicos

- Investigar recursos de hardware e software que possam contribuir para

evitar incêndios em larga escala;

- Elaborar o funcionamento de um dispositivo autossustentável de detecção de incêndios que objetiva monitorar áreas de preservação ambiental;

- Elucidar possibilidades e tecnologias para a prevenção de incêndios florestais;

- Conscientizar a população sobre a importância da conservação da biodiversidade do parque através de educação ambiental.

JUSTIFICATIVA

Os incêndios na vegetação são considerados como uma das maiores causas de danos à conservação da biodiversidade e da geodiversidade, de modo a, frequentemente, constituírem uma perturbação a ecossistemas, principalmente em regiões savânicas e campestres (FRANCA-ROCHA et al., 2017). A degradação causada pelos incêndios florestais afeta desde os micro-organismos até vegetações e animais de maior porte (OLIVEIRA, 2015). A depender da sua frequência e intensidade, os episódios de incêndio podem implicar na redução da densidade arbórea de espécies lenhosas, na perda da diversidade, na capacidade de rebrota, bem como na diminuição da altura e diâmetro dos organismos (SILVA et al., 2011).

Neves e Conceição (2010) afirmam que o fogo pode favorecer o florescimento de determinadas espécies vegetativas, em especial fisionomias mais abertas, as quais florescem e frutificam em profusão após a queima. No entanto, a perda da diversidade se torna gradual à medida que essas incidências se tornam muito frequentes (BENFICA, 2019). Segundo Medeiros e Fiedler (2003), o uso incorreto do fogo em atividades antrópicas, como agricultura e pecuária, relacionado à renovação de pastagens e limpeza de restos de culturas por habitantes locais, é a segunda maior causa de incêndios florestais no mundo e a principal causa da ocorrência de incêndios em Unidades de Conservação como o PNCD e têm ocorrido com maior frequência em função do crescimento populacional, ampliação das fronteiras agropecuárias e das cidades (MOURA et al, 2009). De acordo com o INPE, foram um total de 216.488 focos de incêndios no Brasil só no início de 2018, “O índice é 52% maior do que o registrado no mesmo período do ano passado [2017], quando ocorreram 141.726 incêndios” (AUGUSTO, 2018, n.p).

Diante da atual situação, há a necessidade de buscar o desenvolvimento de

meios e recursos para maior controle desses incêndios. Dessa forma, a presente pesquisa se justifica pela importância de identificar e controlar os incêndios em áreas de ocorrência e recorrência, uma vez que o conhecimento das áreas mais assoladas por esses episódios pode contribuir em ações preventivas e planejamento de combate mais eficazes. Assim, criou-se um protótipo de um dispositivo de detecção precoce de incêndios, sendo uma inovação que tem como finalidade melhorar o monitoramento e agilizar o combate ao incêndio para evitar maiores problemas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. PARQUE NACIONAL DA CHAPADA DIAMANTINA

O PNCD foi criado pelo Decreto Federal nº 91.655, de 17 de setembro de 1985, contando com uma área total de 1.520 km². Essa região fica localizada no centro do estado da Bahia (Figura 1), no Nordeste brasileiro, e é muito importante pois é responsável pelo pleno funcionamento dos ecossistemas, atividades socioculturais e econômicas como a agricultura e o turismo na localidade. Ademais, a região integra um conjunto de rochas e sítios arqueológicos de grande importância no estudo da evolução geológica e do relevo do planeta (PEREIRA, 2010).

Figura 1 - Bahia em regiões, com destaque para a Chapada Diamantina



Fonte: <http://www.bahia.ws/mapa-bahia/chapada-diamantina>

De acordo com Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), o PNCD abrange seis municípios (Andaraí, Lençóis, Mucugê, Palmeiras, Ibicoara e Itaetê), e está situado em uma importante área que contribui para a conservação histórica e cultural de toda a região (ICMBIO, 2007). Porém, nos últimos anos, a ocorrência de queimadas tem ameaçado a preservação deste local.

Pode-se citar os casos ocorridos em setembro de 2012, com incêndios florestais em Três Barras, município de Mucugê e na Serra do Esbarrancado, no município de Palmeiras. Ainda nessa localidade, em janeiro de 2013, ocorreu um incêndio que devastou 1028 hectares do Parque (FONSECA, 2013). De acordo com os brigadistas que atuaram na contenção do fogo, as chamas avançaram no Vale do Capão, atingindo a Serra dos Cristais e a Cachoeira da Fumaça.

Outro exemplo é o caso ocorrido entre setembro e dezembro de 2015 em que foram incendiados 51 mil hectares (G1, 2015); e em outubro de 2020, com 2000 hectares afetados, principalmente na área circundante do município de Mucugê (PITOMBO, 2020).

2.2. DIFERENÇA ENTRE QUEIMADA E INCÊNDIO FLORESTAL

Queimadas e incêndios florestais são erroneamente tomados como equivalentes. De acordo com o Decreto nº 2.661 de 8 de julho de 1998, a queimada é uma prática agropastoril ou florestal que utiliza o fogo, de forma controlada, para viabilizar a agricultura ou renovar as pastagens e deve ser feita sob determinadas condições ambientais que permitam que o fogo se mantenha confinado à área que será utilizada para a agricultura ou pecuária. Mesmo assim, segundo Pereira e Silva (2016), esta técnica acaba por gerar graves prejuízos ao meio ambiente, perdas econômicas e danos à saúde humana e é amplamente usada no Brasil por pequenos e grandes produtores.

Os incêndios florestais, por sua vez, segundo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 2009), são a ocorrência descontrolada de fogo em qualquer tipo de vegetação, muitas vezes causados por queimadas que não foram devidamente autorizadas, aceleradas e/ou monitoradas.

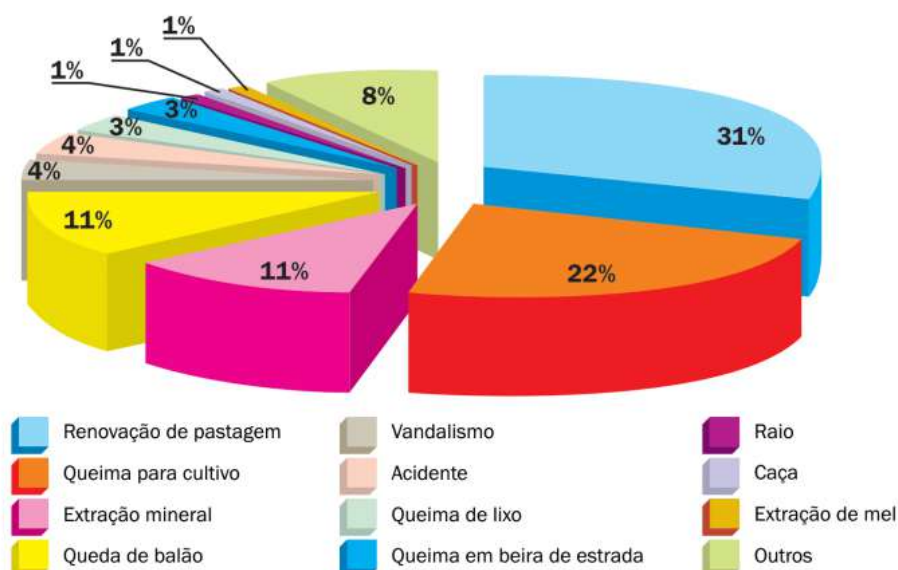
Os incêndios florestais estão entre os principais problemas ambientais enfrentados pelo Brasil. As emissões resultantes da queima de biomassa vegetal colocam o país entre os principais responsáveis pelo aumento dos gases de efeito estufa do planeta, além de contribuir com o aquecimento global e as mudanças climáticas, poluem a atmosfera, causam prejuízos econômicos e sociais aceleram os processos de desertificação, desflorestamento e perda da biodiversidade (IBAMA, 2015, n.p).

2.3. INCÊNDIOS FLORESTAIS E QUEIMADAS EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL

Segundo o Instituto Brasília Ambiental (IBRAM) (2020), as áreas de proteção ambiental (APAs) são uma extensa área natural, com níveis de ocupação humana, que garante a proteção da biodiversidade local, bem como fatores estéticos, econômicos e culturais importantes para a qualidade de vida da população. Desse modo, em áreas de proteção ambiental, o foco é a conservação da natureza e seu uso sustentável, por isso é proibido qualquer atividade que coloque em risco os recursos naturais.

Entretanto, essas áreas são constantemente impactadas por ações humanas, em especial por incêndios. Segundo Dias (2009), as principais causas para essa problemática, somando 64% do total de ocorrências, são a renovação de pastagem, queima para cultivo e extração mineral (Figura 2).

Figura 2 - Principais causas do fogo na vegetação



Fonte: Dias (2009)

Nota-se que as ações humanas correspondem à esmagadora maioria das causas de incêndios, se comparada com as causas naturais como a queda de raios, que corresponde a somente 1% das ocorrências de incêndios, salientando, assim, a importância de controlar essas ações (DIAS, 2009).

2.4. LEGISLAÇÃO

Para a existência humana, é imprescindível a segurança e proteção do meio ambiente. Este é princípio expresso no texto da Constituição Federal que, no seu artigo 225, diz que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988).

2.4.1. Lei de crimes ambientais

De acordo com o artigo 41 da Lei de Crimes Ambientais (9.605/98), provocar incêndio em mata, floresta ou áreas rurais, ou seja, conduta e atividade lesivas ao meio ambiente, é tipificado como crime ambiental, com previsão de pena de reclusão de dois a quatro anos. Ademais, segundo o artigo 250 do Código Penal, causar incêndio expondo a vida, integridade física ou patrimônio de outrem a perigo sujeita o infrator à reclusão de três a seis anos.

2.4.2. Lei de regulamentação e suas disposições ao código de proteção da vegetação nativa

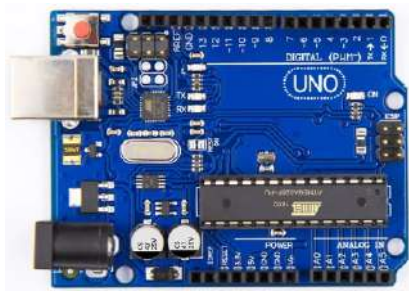
A Lei 12.651, de 25 de maio de 2012, estabelece normas gerais sobre a Proteção da Vegetação Nativa, incluindo Áreas de Preservação Permanente, de Reserva Legal e de Uso Restrito; a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e, com ênfase no tema deste projeto, também dispõe sobre o controle e prevenção dos incêndios florestais.

2.5. ARDUINO UNO

Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em *hardware* e *software* de fácil usabilidade. A principal finalidade do Arduino num sistema é facilitar a prototipagem, implementação ou emulação do controle de sistemas interativos. Desde a sua criação, em 2005, a plataforma vem sendo utilizada em várias aplicações. Por se tratar de uma plataforma livre e de baixo custo é muito utilizada no ensino e na pesquisa (CARLOS, 2016).

Uma vez programado, o Arduino controla uma gama de componentes eletrônicos como LEDs, motores e *displays* com base nas instruções recebidas através de sensores como os de luminosidade e temperatura, acoplados a um dos modelos de *hardware* (Figura 3).

Figura 3 - Placa eletrônica Arduino.



Fonte: Arduino (2021)

Hoje, com mais de uma década desde sua criação, o Arduino transformou-se numa tendência mundial com aplicações em diversos segmentos (música, artes plásticas, educação, meio ambiente, etc.) e com uma infinidade de comunidades pelo mundo trocando experiências sobre seus projetos.

Existem iniciativas como as de Sarik e Kymissis (2010), Barbero e Demo (2011), Rubio, Hierro e Pablo (2013) e Araújo et al. (2015) que fizeram experiências com o uso do Arduino para ensinar conceitos de programação de computadores e robôs móveis. No trabalho de Jamieson (2011), é utilizado o Arduino para ensinar conceitos abordados na disciplina de sistemas embarcados, geralmente ofertada em cursos de Ciência da Computação e Engenharia de Computação.

No Brasil, as tendências são diversas. Por exemplo, Castilho (2020) que usou um *kit* experimental de Arduino para ensinar queda livre e contribuir com o ensino e aprendizagem significativa de Física no ensino médio. E Perez (2013) que usa a

plataforma Arduino para o ensino e aprendizagem de robótica através de oficinas para alunos do ensino médio da rede estadual de educação.

Na área ambiental pode-se citar Vimal e Shivaprakasha (2017) que desenvolveram um protótipo através da placa Arduino, utilizando sensores para fornecer os dados sobre temperatura, umidade, teor de água, intensidade de luz e pH do solo, buscando monitorar os ambientes de estufas para o cultivo de plantas.

2.5.1. Componentes eletrônicos e estrutura

A placa eletrônica possui como elemento principal um microcontrolador da família AVR, fabricado pela empresa ATMEL. São provenientes do microcontrolador os recursos do Arduino (Figura 4) como conversores e entradas analógicas e digitais. Além disso, a placa eletrônica ainda possui interface serial/USB para comunicação com o computador de desenvolvimento e um regulador de voltagem para adequação da tensão elétrica necessária ao funcionamento do sistema.

Figura 4 - Recursos do hardware livre Arduino.



Fonte: Arduino (2021), com indicações dos autores

Na plataforma Windows, a conexão do Arduino é identificada como uma porta serial tipo COM (ex.: COM3). O cabo utilizado para interconexão é do tipo UBS A/B (o mesmo usado para impressoras e scanners). A alimentação elétrica padrão da placa Arduino é 5V (necessária ao funcionamento do microcontrolador) e pode ser obtida de duas formas: do próprio cabo USB ou através de uma fonte externa, tais como baterias ou eliminadores de pilha que são ligados ao conector de energia externa. Nos casos de alimentação elétrica com fonte externa, pode-se aplicar

tensões entre 7V e 20V, pois a placa possui um dispositivo regulador de voltagem que faz a adequação necessária para entregar ao microcontrolador a tensão de trabalho de 5V.

2.5.2. Ambiente de programação Arduino

O projeto Arduino também envolve um ambiente de desenvolvimento integrado ao *hardware* (IDE – *Integrated Development Environment*) para geração dos programas que serão enviados para a placa eletrônica. O IDE do Arduino foi desenvolvido em linguagem baseada em C e no projeto Processing, na biblioteca AVR-gcc (para microcontroladores da família AVR) e em outros *softwares* livres. A linguagem de programação do Arduino é baseada no projeto Wiring e pode ser executada nas plataformas Windows e Linux.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Este é um projeto de pesquisa de iniciação científica que contou com fomento inicial do Departamento de Estado dos EUA, a Embaixada dos EUA no Brasil, por meio do Laboratório de Sistemas Integráveis Tecnológico (LSI-TEC) através do Edital STEAM TechCamp Brasil 2021. O recurso disponibilizado foi destinado para compra dos *kits* Arduino e componentes eletrônicos complementares. Além da obtenção de outros componentes eletrônicos e de suporte adquiridos com recursos próprios. O projeto foi dividido nas etapas seguintes:

a) Estrutura e programação do Arduino

A capacitação inicial, no que tange aos conteúdos relacionados à montagem do protótipo, aconteceu através de dois cursos *online* e gratuitos. O primeiro curso proposto foi o “Introdução a Arduino” (20h) pela plataforma Lumina¹ com uma abordagem inicial sobre o tema. Posteriormente, com a conclusão deste, seguiu-se para o curso “Introdução a Arduino” (30h) da plataforma MOOC².

Dentre os assuntos abordados nos cursos, estavam a preparação e instalação básica dos *softwares* que seriam necessários para a consumação dos estudos e testes: Arduino IDE 1.8.16 e Tinkercad³; a abordagem inicial de eletrônica com apresentação dos conceitos básicos sobre tensão, corrente elétrica e resistência, buscando garantir a segurança dos alunos e preservação dos materiais utilizados; além dos estudos sobre os componentes e a linguagem de programação baseada em C.

Realizados os cursos, foram organizadas quatro oficinas com profissionais da área (Figura 5). O objetivo foi auxiliar os alunos com possíveis dúvidas que tiveram ao longo da realização dos cursos e exercitar os conhecimentos obtidos. Foram quatro encontros realizados durante quatro semanas. Ressalta-se que foi oportunizado a outros estudantes da instituição de ensino a participação nas oficinas (Figura 6) com o intuito de divulgar as ações de extensão e promover aprendizagem em áreas das ciências da computação. A adesão aconteceu de forma voluntária,

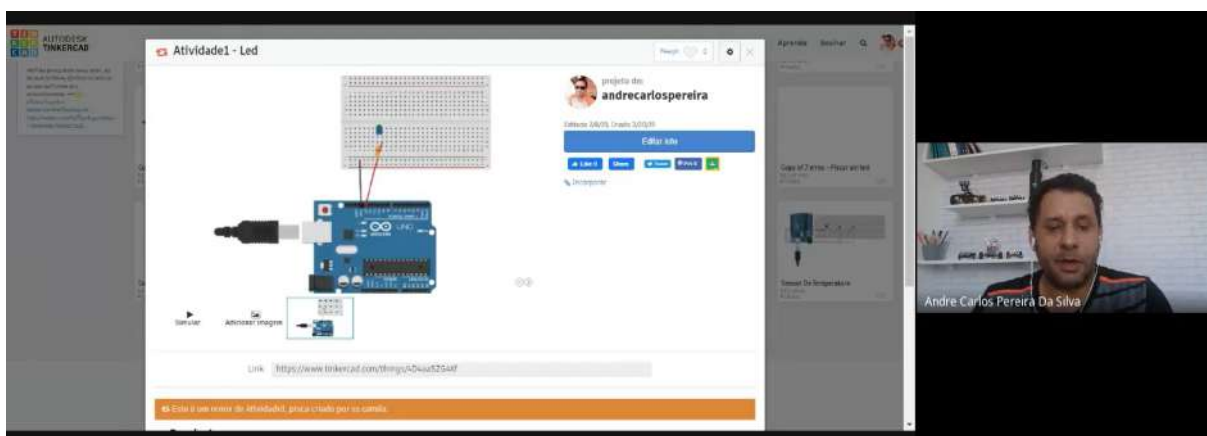
¹ Introdução a Arduino (20h). Disponível em: <https://lumina.ufrgs.br/course/view.php?id=30#section->

² Arduino (30h):. Disponível em: <https://mooc.cps.sp.gov.br/ead/login/index.php>

³ Programa Tinkercad: <https://www.tinkercad.com/>

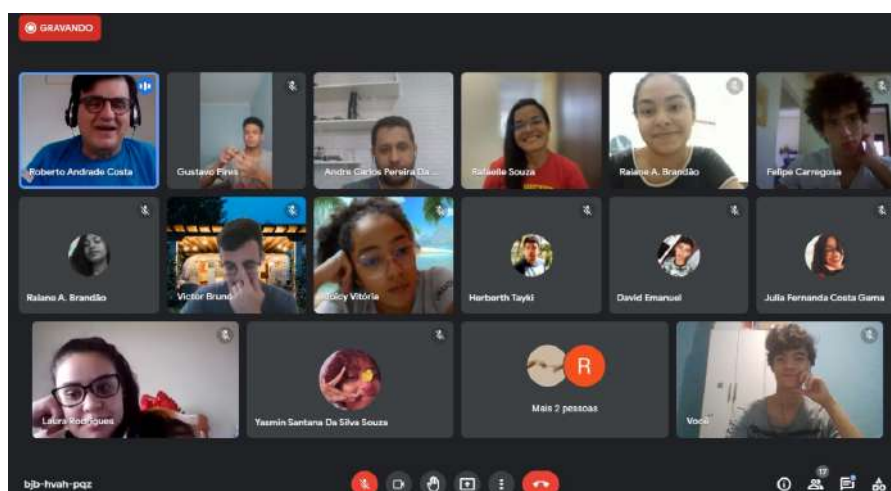
contando com 10 estudantes, além dos pesquisadores vinculados ao presente projeto.

Figura 5 - Captura de tela da primeira oficina



Fonte: autoria própria

Figura 6 - Captura de tela dos participantes da oficina

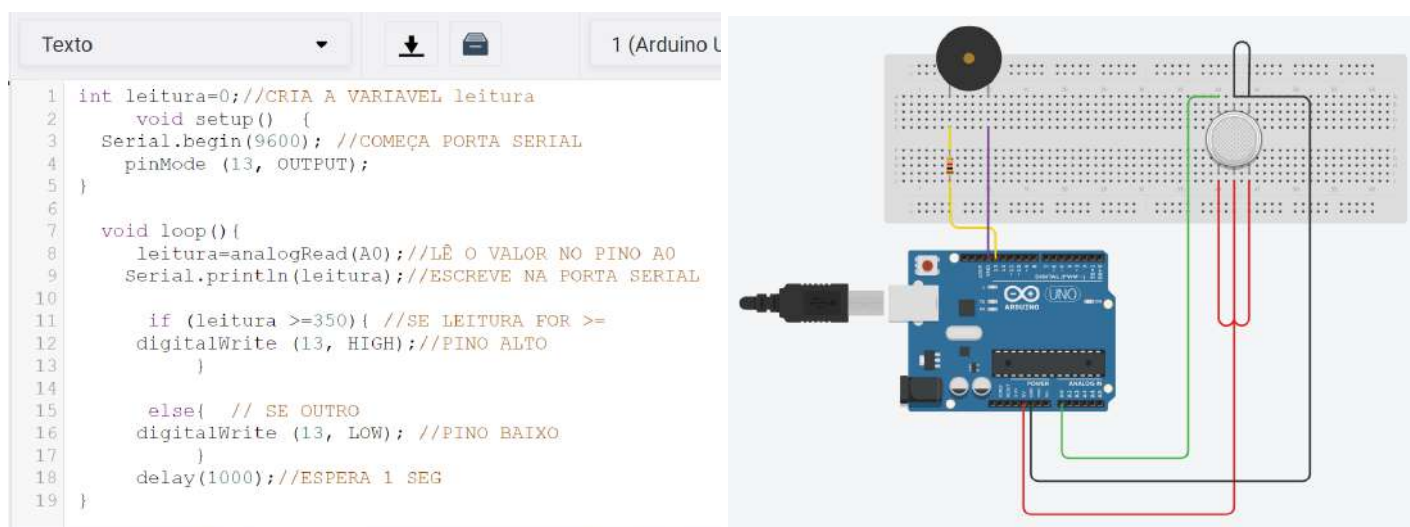


Fonte: autoria própria

b) Montagem experimental (fase 1)

Após os cursos e a oficina, foi possível reunir o conhecimento necessário para montar o protótipo do projeto e desenvolver o código responsável por controlar o funcionamento dos componentes e suas interações. De posse do código de funcionamento, foi simulado o dispositivo no Tinkercad (Figura 7).

Figura 7 - Simulação do protótipo e código



Fonte: autoria própria

A saída GND da placa Arduino foi conectada a saída GND do sensor de gás (cabo preto), a saída 5V do Arduino foi conectada à entrada VCC do sensor de gás (cabo vermelho). Para comunicação entre os componentes, a saída analógica do sensor de gás foi ligada ao pino analógico A0 (cabo verde) e o pino de comunicação do buzzer Ativo 5V (polo positivo) ao pino digital 13 (cabo amarelo) fazendo uso de resistor 1 k Ω , já o pino terra foi conectado ao pino GND (polo negativo) da placa (fio roxo). Todas as ligações foram feitas utilizando a *protoboard* (placa de testes) através de cabos *jumper*.

c) Calibração do dispositivo e concentração de CO

O dispositivo detector de fumaça MQ-9, quando conectado ao pino analógico da placa Arduino, retorna resultados que variam entre 0 e 1023. Esses números, porém, precisam ser convertidos para uma unidade de medida de concentração antes de poderem ser propriamente analisados. Para isso, foram realizados os ajustes apresentados a seguir.

A calibração do dispositivo foi a primeira etapa a ser realizada. Ela deve acontecer em ar limpo e tem o objetivo de calcular a resistência do sensor a 1000 ppm de GLP (gás liquefeito de propano) no ar limpo (R_o). Para isso, segundo a documentação do MQ-9 (ELETRONICS, [201-]), primeiramente deve-se calcular a resistência do sensor em ar limpo puro ($R_{s_{ar\ limpo}}$).

Utiliza-se a resistência de carga na placa (que, segundo sua documentação, é de 10 k Ω) e a leitura analógica (LA) do sensor no momento da medida (que pode ser obtido utilizando-se a função analogRead). Assim, tem-se a equação:

$$Rs_{ar_limpo} = \frac{Resistencia_de_carga \times (1023 - LA)}{LA}$$

Posteriormente, é possível calcular R_o através da seguinte equação, em que $(Rs/R_o)_{ar_limpo}$ é uma constante igual a aproximadamente 9,799 (ELETRONICS, [201-]).

$$R_o = \frac{Rs_{ar_limpo}}{(Rs/R_o)_{ar_limpo}} = \frac{Rs_{ar_limpo}}{9,799}$$

Para um resultado mais preciso de calibração, definiu-se que seriam retiradas 50 amostras de leitura analógica, com 0,5 segundo de diferença entre cada uma delas. Posteriormente, Rs_{ar_limpo} foi calculada 50 vezes para, então, ser retirada a média simples entre os valores obtidos.

- Cálculo da resistência do sensor em presença de CO

Da mesma forma que foi calculada a resistência do sensor em ar limpo puro, ela pode ser calculada na presença de CO. O sensor ainda foi configurado para retirar 50 amostras e realizar a média entre elas, a única diferença é que o tempo entre cada medida foi diminuído para 0,005 segundo, para que fosse possível obter resultados em tempo real.

$$Rs_{CO} = \frac{Resistencia_de_carga \times (1023 - LA)}{LA}$$

- Cálculo da concentração de CO em ppm

Sabendo os valores de R_o e Rs_{CO} , é possível finalmente calcular a concentração de CO em ppm fazendo uso da seguinte fórmula:

$$CO = 10^{-2,199 \times (\log_{10}(\frac{R_{s_{CO}}}{R_o})) + 2,766}$$

d) Locais para testes do dispositivo

Para os testes do dispositivo na região da Chapada Diamantina, elencou-se as áreas que sofreram incêndios nos últimos dois anos (Quadro 1). Dos locais listados, por questão de logística, foram escolhidos aqueles que estavam mais próximos da instituição de ensino: o Morro do Pai Inácio, em Palmeiras, e o Rio Mucugezinho, em Lençóis.

Quadro 1 - Principais incêndios dos últimos 2 anos na Chapada Diamantina

Data	Localidade	Hectares devastados
11/10/2020	Mucugê e Andaraí ⁴	2.000
26/03/2021	Serra do Mandassaia - Lençóis ⁵	700
29/09/2021	Poço dos Patos ⁶	800
11/09/2021	Morro do Pai Inácio - Palmeiras ⁷	s/i
25/09/2021	Rio Mucugezinho - Lençóis ⁸	s/i
01/10/2022	Ibicoara, Mucugê e trecho de Andaraí ⁹	s/i
12/12/2022	Serra do Mucugezinho - Lençóis ¹⁰	s/i

Em outubro de 2020, as áreas de Mucugê e Andaraí sofreram com um dos piores incêndios dos últimos 20 anos. O acúmulo da biomassa por tanto tempo, unido à imprudência humana, foram os responsáveis pela queima de mais de 2000 hectares de área de proteção ambiental. Já em março de 2021, na região da Serra do Mandassaia, em Lençóis, cerca de 700 hectares foram impactados pelas chamas. O incêndio contou com a participação de ao menos 100 brigadistas voluntários e bombeiros civis e militares. Além disso, a dimensão do fogo cresceu

⁴ Disponível em: [Folha de São Paulo \(2020\)](#)

⁵ Disponível em: [Agência Brasil \(2021\)](#)

⁶ Disponível em: [G1 \(2021\)](#)

⁷ Disponível em: [iBahia \(2021\)](#)

⁸ Disponível em: [G1 \(2021\)](#)

⁹ Disponível em: [G1 \(2022\)](#)

¹⁰ Disponível em: [G1 \(2022\)](#)

tão rápido que a secretaria de Meio Ambiente da Bahia disponibilizou duas aeronaves para contê-las.

Em setembro de 2021, em área próxima ao Poço de Patos, foram devastados 800 hectares pelo fogo. No mesmo período, um novo foco de incêndio foi registrado próximo à rodovia do Morro do Pai Inácio. A prioridade foi impedir que o fogo se alastrasse para o Orquidário e outras regiões próximas. Ainda, com a ajuda dos militares, foi realizada uma campanha conscientizadora para orientar os moradores da região sobre como impedir incêndios florestais. Por fim, ainda em setembro de 2021, um foco de incêndio atingiu a área próxima ao Rio Mucugezinho. O incêndio durou 5 dias e foi contido graças a atividade de bombeiros e brigadistas que fizeram uma limpeza ao redor da área afetada para evitar a propagação das chamas (Figura 8).

Figura 8 - Queimadas no PNCD

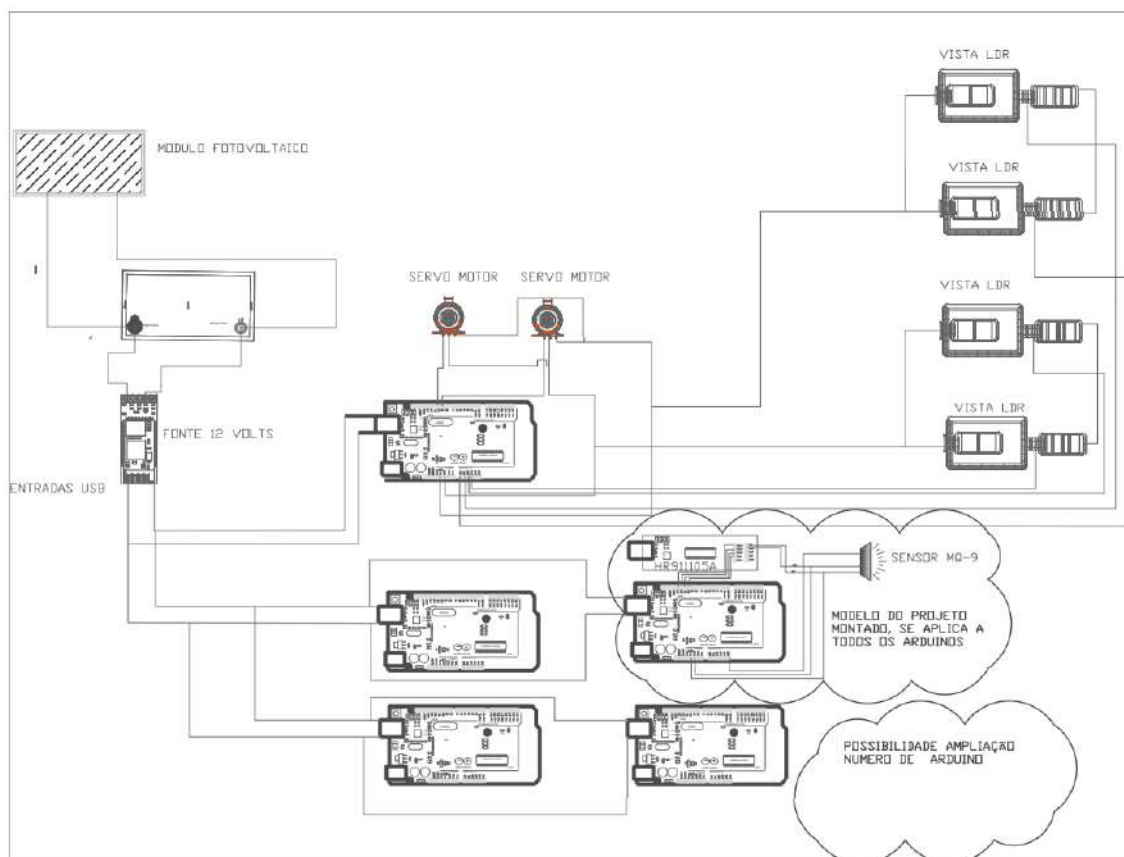


Fonte: [Se liga Chapada](#), [G1](#), Rafael Sena/Arquivo Pessoal, Reprodução/TV Bahia

e) Adequações e montagem experimental (fase 2)

Posteriormente, para a realização da fase 2, realizou-se atualizações no dispositivo para torná-lo autossustentável. A princípio, construiu-se um diagrama com as adaptações necessárias (Figura 9).

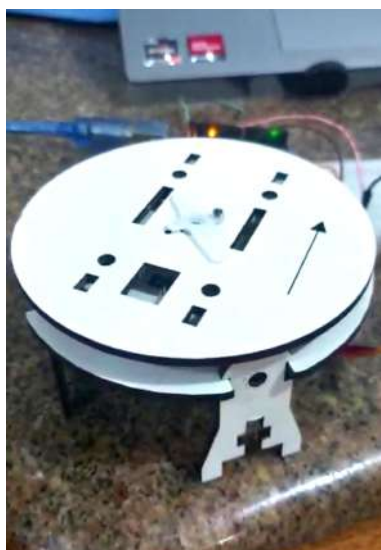
Figura 9 - Esquema de montagem do dispositivo (fase 2)



Fonte: autoria própria

Entre as atualizações, tem-se a construção de um rastreador de luz solar para uma melhor qualidade na captação da energia solar através de um sistema via sensores LDR. Através de quatro sensores LDR rastreia-se a posição do sol e através de dois servos motores controla-se os movimentos na horizontal e na vertical em busca de maior intensidade luminosa. Usa-se uma placa Arduino que lê, interpreta e executa os movimentos. Tem-se uma base para a placa solar desenvolvida de forma que proporcione os movimentos tanto na horizontal quanto na vertical para poder acompanhar o movimento do sol detectado pelos sensores LDR (Figura 10).

Figura 10 - Rastreador solar



Base inferior giro 360°



Base completa



Disposição da placa solar

Fonte: autoria própria

Para a alimentação do circuito, o rastreador solar foi conectado a uma bateria de 12 Volts reutilizada. Essa bateria está conectada a fonte de 12V que permite que a tensão e a corrente necessárias para alimentar os arduinos sejam fornecidas a eles. Além disso, foram utilizados dois carregadores de bateria de celular para possibilitar a conexão das placas de arduino. Com o sistema montado, realizou-se testes para verificar a capacidade de alimentação. Em decorrência, verificou-se que o sistema construído é capaz de alimentar até 10 placas de arduino, ou seja, pode-se ter até 10 pontos de detecção precoce de incêndios.

f) Gerenciamento do sistema de detecção

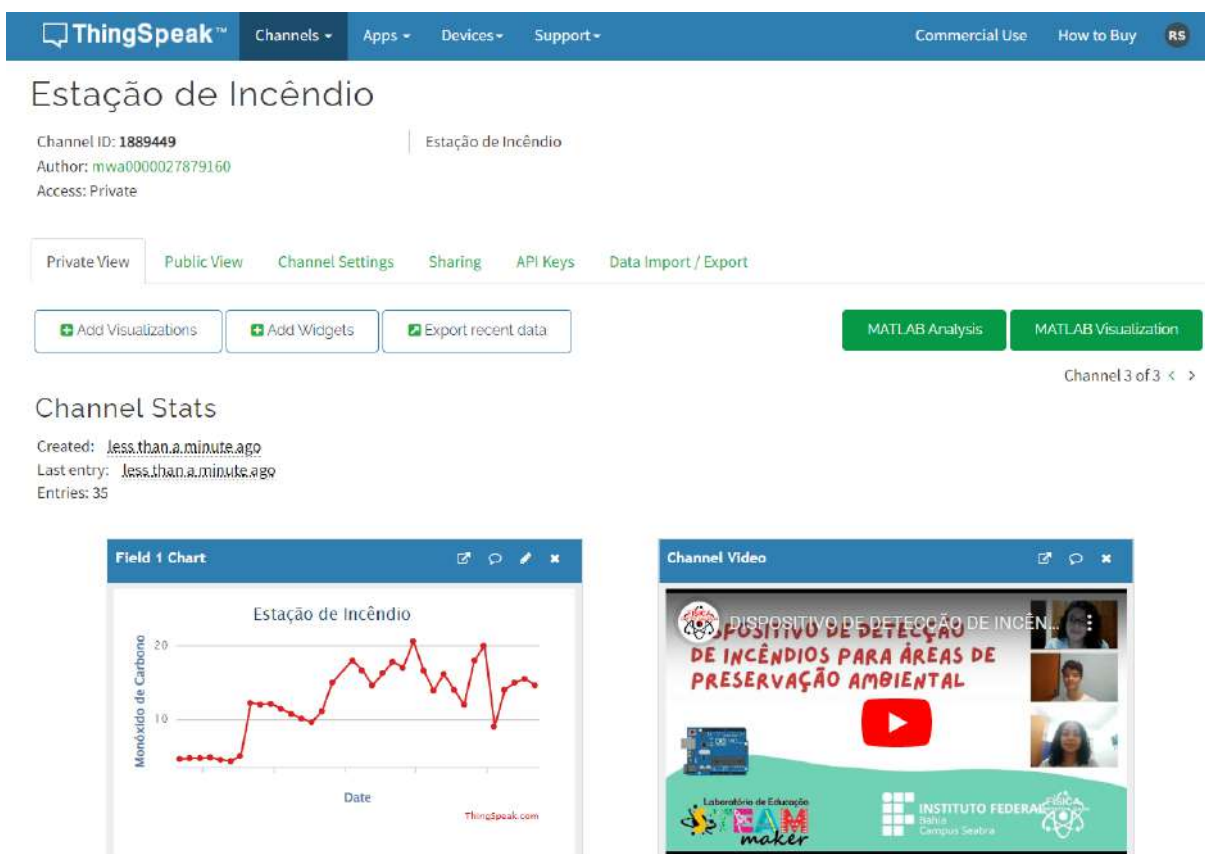
Após verificar a funcionalidade e eficácia do sensor de fumaça, seguiu-se para adequação ao monitoramento remoto. Isso permitiria que os dados coletados pelos sensores fossem enviados diretamente a um servidor que, por sua vez, pode ser acessado pelos órgãos competentes ao combate das chamas.

Para tal, foi utilizado, de modo temporário, o *Módulo Ethernet W5500* que permite que a placa Arduino se conecte à internet via cabo de rede. Ademais, foi

analisada a viabilidade de utilizar a plataforma *ThingSpeak*¹¹ como um servidor para armazenar os dados coletados. Esse é um serviço de análise que faz uso da Internet das Coisas (IoT) para agregar, visualizar e analisar fluxos de dados ao vivo na nuvem, criando visualização instantânea de dados em tempo real e enviando alertas.

Unindo ambas as ferramentas, e fazendo uso de suas respectivas bibliotecas no ambiente de programação Arduino, foi possível construir um código que envia os dados coletados pelo sensor diretamente ao servidor do *ThingSpeak* que, por sua vez, constrói automaticamente um gráfico com os valores recebidos (Figura 11).

Figura 11 - Base de dados na plataforma *ThingSpeak*



Fonte: Autoria Própria

¹¹ Disponível em: <https://thingspeak.com/>

3.1. Recursos e orçamento

A Tabela 1 mostra os materiais adquiridos para utilização na construção do protótipo da fase 1. Salienta-se que esses recursos foram adquiridos com o fomento do Edital STEAM Tech Camp Brasil.

Tabela 1 - Recursos adquiridos

Qtd.	Componente	Preço
1	Kit Arduino Start + Caixa organizadora	R\$ 134,00
1	Resistor de 10 kΩ	incluso no kit
1	Protoboard 830 Furos / Pontos	R\$ 21,61
1	Arduino Uno R3 DIP Atmega328	incluso no kit
1	MQ9 sensor de CO (monóxido de carbono) e CH4 (metano)	R\$ 17,91
1	Módulo Ethernet W5500	R\$ 90,27
2	Servo Motor	incluso no kit
4	Sensores LDR	incluso no kit
TOTAL		R\$ 263,79

Na Tabela 2, constam componentes que serão, *a priori*, adquiridos com recursos próprios para a fase 2 do projeto.

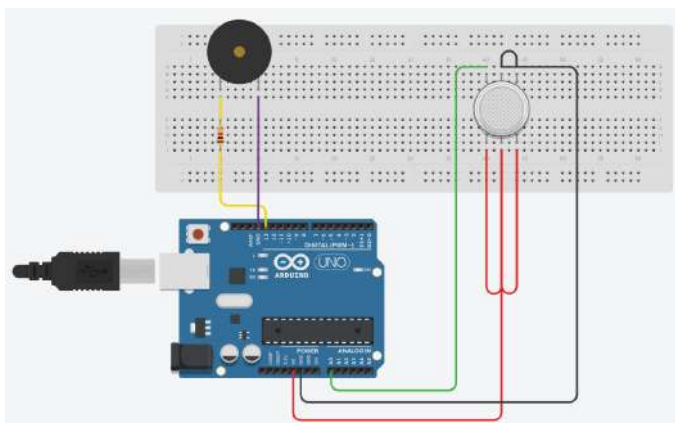
Tabela 2 - Orçamento do protótipo 2

Materiais	Quantidade	Preço
Bateria 12V	1	Reutilizável
Mini placa solar fotovoltaica	1	R\$ 53,27
Carregador de bateria	1	R\$ 43,31
Caixa de passagem (20cmx20cm)	1	Reutilizável
Painel MDF	1	Reutilizável
TOTAL		R\$ 96,58

6. RESULTADOS

A partir dos cursos *online* de introdução ao Arduino, das práticas experimentais e das oficinas realizadas, foi possível obter conhecimentos suficientes de programação e eletrônica. Para a montagem do dispositivo, foram necessários os seguintes materiais: Arduino Uno R3; fios *jumpers*; resistor de 10 k Ω ; *protoboard*; sensor de gás MQ-9; e um *buzzer* Ativo 5V; que resultou na prototipagem esquematizada na Figura 12.

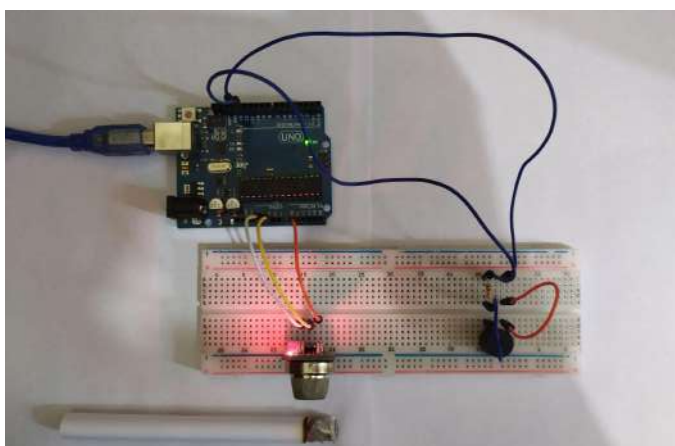
Figura 12 - Esquema de montagem do dispositivo (fase 1)



Fonte: autoria própria

Na Figura 13, tem-se a montagem do protótipo físico, que é capaz de detectar concentrações de gases inflamáveis e de monóxido de carbono (CO) no ar até uma faixa de 1000 ppm.

Figura 13 - Protótipo desenvolvido

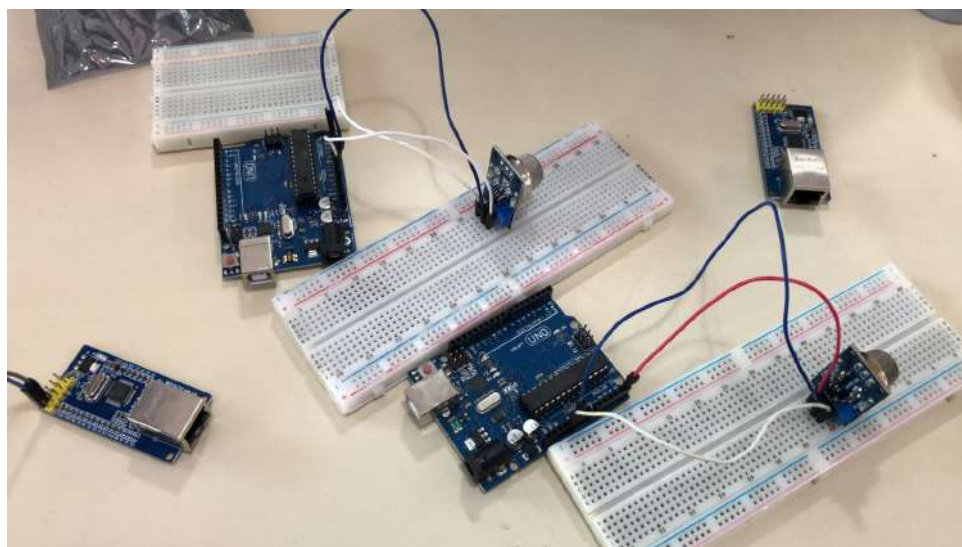


Fonte: autoria própria

Considerando as dimensões do PNCD, é evidente que apenas um dispositivo não é suficiente para cobrir e monitorar toda a área deste. Segundo testes, cada dispositivo tem alcance de detecção de aproximadamente 3 m, ou seja, cobrem uma área circular de aproximadamente 28,26 m². Outra característica é que os incêndios florestais ocorrem, de maneira muito frequente, nos mesmos locais. Por isso, pensou-se em cobrir áreas de maior recorrência de fogo, mais especificamente a área do Orquidário, próxima ao Morro do Pai Inácio - BA.

O dispositivo criado tem capacidade de até 10 placas, mas por limitações de recursos do projeto, foi possível utilizar 1 placa de arduino responsável por controlar o sistema de rastreamento solar e outras 4 placas equipadas com os sensores de CO responsáveis pela detecção da fumaça, cobrindo uma área total de 113,04 m².

Figura 14 - Disposição do sistema (rastreador solar e conexões com o dispositivo)



Fonte: autoria própria

6.1. Teste do dispositivo

Com a montagem física do detector finalizada, partiu-se para a etapa de testagem. Os testes aconteceram no Morro do Pai Inácio, mais especificamente no Orquidário, a 26 km de Palmeiras, área devastada por incêndios em setembro de 2021 (Figura 15).

Figura 15 - Registro fotográfico do momento da testagem



Fonte: Autoria própria

Primeiramente, foi feita a calibração do dispositivo. O valor encontrado para R_0 foi de, aproximadamente, 8,4702. Fazendo uso da fórmula que relaciona $R_{s_{CO}}$ e a concentração de CO e uma substituição simples, foi possível criar uma função que associa diretamente a leitura analógica do detector (LA) com a concentração de CO em ppm. Posteriormente, foi feita a simplificação da equação e a criação de um gráfico (Figura 16) com o auxílio da ferramenta gratuita de computação matemática WolframAlpha¹²:

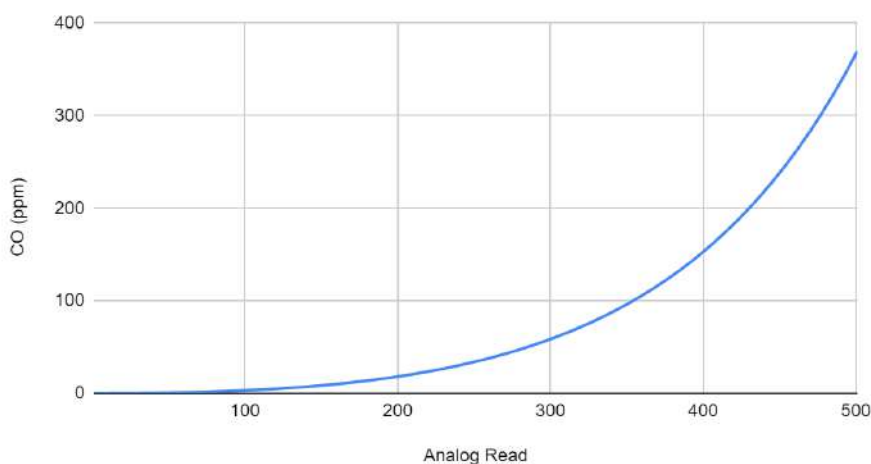
$$10^{-2,199 \times (\log_{10}(\frac{R_{s_{CO}}}{8,4702})) + 2,766} \Rightarrow$$

$$f(LA) = 10^{-2,199 \times (\log_{10}(\frac{10(1023-LA)}{8,4702})) + 2,766} \Rightarrow$$

¹² Disponível em: <https://www.wolframalpha.com/>

$$f(LA) = \frac{404,984}{\left(\frac{1023-LA}{LA}\right)^{2,199}}$$

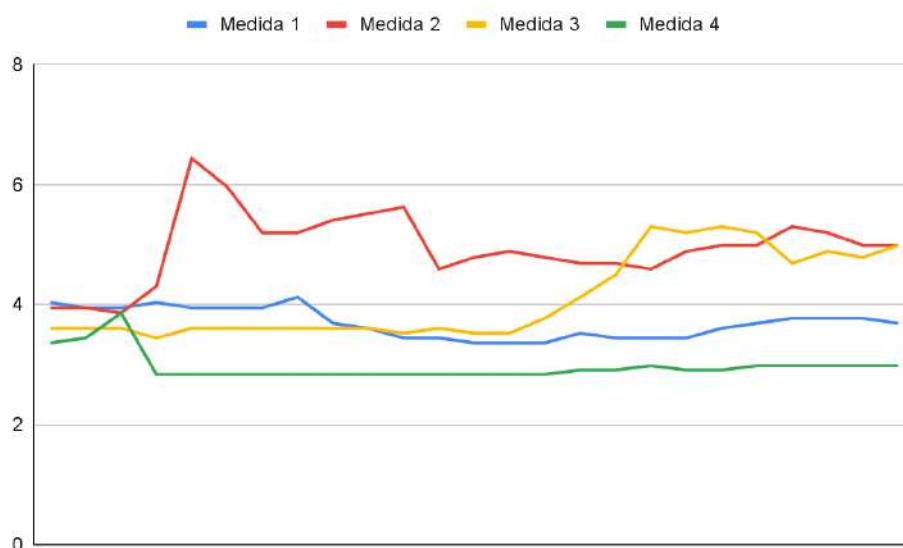
Figura 16 - Gráfico de Leitura Analógica vs Concentração de CO



Fonte: Autoria própria

Para conseguir calcular a variação da concentração de CO na presença de fumaça, é necessário primeiramente conhecer a sua concentração normal no ambiente. Para isso, foram escolhidos 4 locais do Orquidário, cada um a 100 metros de distância do outro. 25 leituras analógicas foram tiradas de cada local, com um tempo de 5 segundos de intervalo entre cada uma delas. Por fim, cada valor foi substituído em $f(LA)$ e um gráfico foi construído (Figura 17).

Figura 17 - Gráfico de concentração normal de CO no ambiente



Fonte: Autoria própria

Percebe-se uma variação de mínimo 2,83 ppm e máximo 6,43 ppm de CO

entre as medidas e média de 3,93 ppm. Esses valores estão em concordância com o trabalho de Fazlzadeh *et al.* (2015), que mediu a concentração média de CO no ar externo e, para todos os locais de monitoramento utilizados pelos autores, ela foi estimada em 2,7 ppm, variando entre 1 a 6 ppm.

Posteriormente, foram realizadas medidas em situação controlada de fogo. Para isso, utilizou-se material orgânico inflamável para criar um pequeno foco de fogo, em área aberta e de forma segura e controlada (Figura 18).

Figura 18 - Registro fotográfico do momento da testagem



Fonte: Autoria própria

O detector foi então posicionado a favor do vento, a 3 metros do fogo, e configurado para tirar 50 medidas a cada 0,25 segundo e calcular automaticamente a concentração de CO no ar. A partir dos dados obtidos, foi traçado o gráfico da Figura 19.

Figura 19 - Gráfico de concentração de CO em situação de fogo controlada

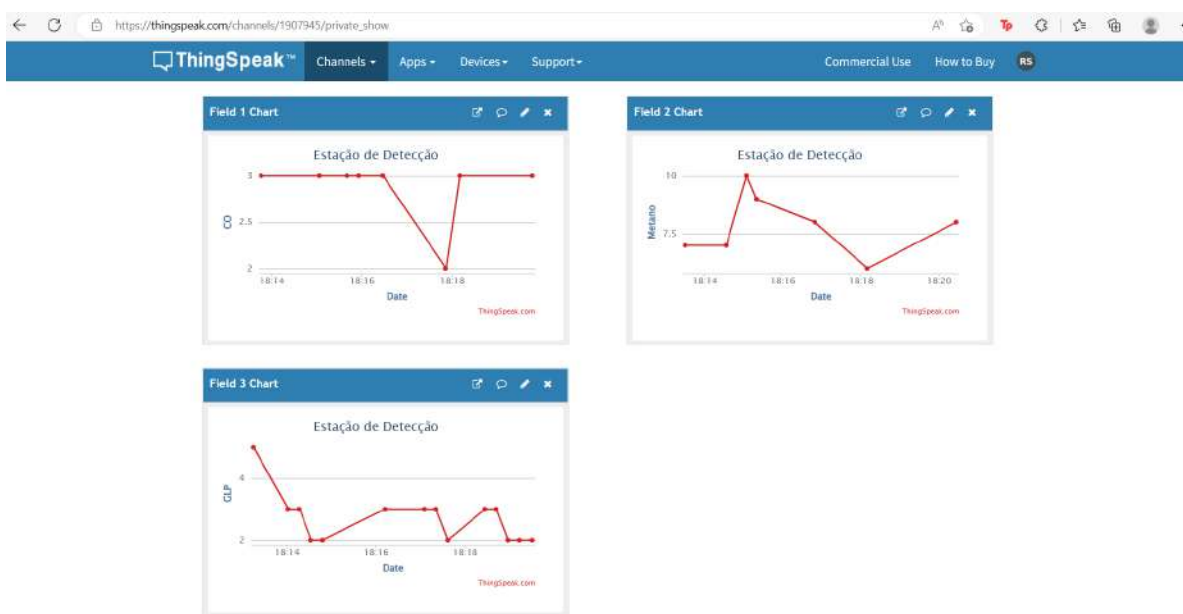


Fonte: Autoria própria

Quando a combustão de material orgânico começou, observou-se um abrupto aumento na concentração de CO no ambiente, que cresceu da média de 3,93 ppm até chegar num pico 22,9 ppm e voltou a baixar quando o fogo se extinguiu. Tais valores estão incontestavelmente acima do normal. Segundo a Organização Mundial de Saúde (2010), por exemplo, concentrações tão próximas de 25 ppm não são recomendadas por períodos maiores de 1 hora para seres humanos.

Dessa forma, essas medidas são sinais claros da existência de um foco de incêndio nas proximidades do detector, principalmente se elas permanecerem altas por um grande período de tempo. Através da estação de incêndio disponível na base de dados da *ThingSpeak*, é possível o acesso aos dados de controle em tempo real. A partir dos testes realizados, evidenciou-se a viabilidade do protótipo e a potencialidade na transmissão e no acesso das informações enviadas por ele que poderão contribuir para a detecção prévia de focos de incêndio. Assim, o detector de incêndios construído e programado mostra-se viável para permitir a rapidez na detecção de um evento (Figura 20).

Figura 20 - Banco de dados detectados



Fonte: [Estação de Detecção - ThingSpeak IoT](#)

Em continuidade, como plano futuro, será implementado o uso do *Shield WiFi ESP8266*, que permite a conexão à internet sem fio, em vez do *Módulo Ethernet* utilizado no protótipo atual. Além disso, existem possibilidades de melhorias para o

gerenciamento do dispositivo como uso das redes Mesh e LoRa.

A rede Mesh é uma rede de computadores que permite o compartilhamento de informações e recursos entre computadores conectados a ela. É uma rede composta por uma série de servidores que hospedam sites e aplicativos, bem como por computadores e dispositivos móveis que se conectam à rede para acessar esses sites e aplicativos. A rede Mesh também pode ser utilizada para compartilhar arquivos e dados, além de permitir a comunicação entre dispositivos.

A implementação da rede Mesh permitirá que vários dispositivos consigam trocar informações e se comuniquem de forma rápida e eficiente entre si, enviando dados para um dispositivo próximo à guarita do parque, conectado à internet, que encaminhará os dados para a plataforma central.

Já a rede LoRa é uma abreviação em inglês que significa “longe alcance”, é uma tecnologia de radiofrequência, o que implica na possibilidade de cobrir grandes distâncias, possuindo consumo mínimo de energia e transmissão segura de dados na hora de conectar aparelhos. Portanto, é necessário utilizar as duas redes em conjunto, pois a rede Mesh irá permitir a comunicação dos dispositivos entre si como uma cascata, interligando todos os dispositivos como uma malha. Somado a isso, a rede LoRa contribuiria para esse processo para deixá-lo seguro e com maior alcance entre os dispositivos.

6.2. Outras tecnologias de prevenção e/ou combate a incêndios

A testagem do dispositivo revela a utilidade prática e efetiva potencialidade para detectar monóxido de carbono em áreas abertas, no caso da pesquisa em áreas de preservação ambiental. Mas é importante reconhecer que o Arduino é apenas uma ideia. Em ampla escala, o ideal é a implementação de redes de controle por Sensoriamento Remoto, bem como investir em medidas de prevenção e proteção das áreas florestais, principalmente por haver relatos de que alguns incêndios são de origem humana.

Uma proposta semelhante a aqui apresentada, desenvolvida por Pang, Shoue, Junchi, Keliang, Yiming, Andre, Nizar e Changyong (2020), pesquisadores da Universidade de Michigan, nos Estados Unidos, é um detector de incêndio autorrecarregável que utiliza um gerador triboelétrico, gerando energia ao oscilar em galhos de árvores. A expectativa dos pesquisadores é de que o equipamento seja

capaz de enviar dados a cada três minutos por meio de um sistema de transmissão sem fio, mas ainda falta ser testado no campo e superar algumas limitações.

Ainda, é importante ter clareza que o dispositivo com Arduino caracteriza um sistema de controle mínimo de danos, baseado em unidade terrestre de prevenção e controle de incêndios florestais. Em ampla escala, a detecção precoce será mais eficaz através de uma extensa rede de Sensoriamento Remoto, pois, com o seu uso, é possível obter resultados mais específicos e minuciosos na identificação de ocorrências de queimadas ou incêndios. Desse modo, é permitido traçar ações preventivas eficientes no local. Ademais, essa geotecnologia mapeia localizações de ocorrência e recorrência do fogo, obtendo dados sobre os rastros e também sobre a variação do tempo, permitindo a sistematização de ações de prevenção e monitoramento da cobertura de terra (BENFICA, 2019). Além disso, o sensoriamento remoto pode dar apoio logístico para o combate aos incêndios, através de helicópteros para transporte dos bombeiros, voluntários, aviões e tanques, por meio de técnicas específicas de combate (SANTANA LEITE, 2017).

6.3. Prevenção de incêndios florestais

Foi feita uma entrevista com morador da região queimada (Figura 21), próxima ao Orquidário, e coletou-se seus relatos. O entrevistado é um ex-brigadista da região, que já participou de combates do fogo e alega: "Não tenho provas, nem testemunhas. Mas creio que todos têm uma mãozinha criminosa no meio." E complementa que já participou de curso e palestras sobre os incêndios e que, para fogo espontâneo acontecer existem três pontos: a temperatura, que precisa ser mais quente do que é normal na região; a pouca umidade que também não condiz com o ambiente, pois a região é bem úmida; e, por último, as investigações do incêndio. Sobre isso ele destaca:

"Sei que essa vegetação aí pega fogo, tanto que queima, mas a maioria desses incêndios quando procuram investigar tem alguma coisinha, tipo vela, um tamborzinho com gasolina, distribuído em alguns lugares. Porque não pega em um lugar só, quando está no combate aqui, já tá pegando fogo em dois, três lugares diferentes, essa é uma estratégia de dificultar o apagar do fogo." - Entrevistado.

Figura 21 - Momento da entrevista com morador da região queimada



Fonte: Autoria própria

Ademais, foi feita uma pergunta sobre a educação ambiental na localidade e ele relatou que, em sua percepção, a consciência das pessoas tem melhorado muito. Exemplo disso é que, em alguns lugares, já não é permitido acampar com equipamentos inflamáveis e, por isso, as pessoas já levam em suas mochilas objetos elétricos, luz a LED, etc. - o que evita, portanto, acidentes. A prevenção de incêndios florestais envolve, além da detecção, a redução das causas através da educação e compromisso do povo contra o problema, legislação específica com penalidades maiores e medidas de controle e redução de risco de propagação (OLIVEIRA, 2005). Qualquer decisão estratégica deve estar de acordo com o contexto de onde surge o problema. Segundo o governo da Bahia, a principal causa dos incêndios é de origem humana (acidental ou proposital) (SANTANA, 2021). Ainda, o sucesso do sistema de proteção, sem dúvida, passa pela otimização e foco das atividades de prevenção, a estrutura de um sistema de detecção precoce, implementação de uma rede de unidades de controle de resposta rápida e estabelecimento de planos de mitigação da perda.

Nesse caso, chama-se atenção para algumas técnicas e abordagens de prevenção, como a educação e conscientização da população. Para isso foi criada a

página @incendioschapada, no *Instagram*, com objetivo de ampliar as ações do projeto na Chapada Diamantina. O perfil traz postagens com linguagem simples e busca conscientizar a população a respeito da ocorrência de incêndios na região (Figura 22).

Figura 22 - Captura de tela do perfil do projeto no *Instagram*



Fonte: [Incêndios Chapada](#)

Até o momento, foram feitas onze postagens, as quais foram compiladas num [e-book educativo](#) disponibilizado aos seguidores do perfil¹³. As postagens contextualizam o problema no PNCD e mostram para o público as dimensões e possíveis razões dos incêndios em áreas de preservação ambiental.

Buscou-se conscientizar a população através das publicações, reunindo informações sobre a atividade desenvolvida pelos brigadistas da região, os métodos de combate aos incêndios, fatores de alerta para a população além de cartilhas voltadas à educação sobre prevenção e combate a incêndio com instruções para: o que é incêndio florestal e suas principais causas, medidas preventivas, alternativas para o uso do fogo, como combater o fogo, como agir em caso de incêndios, os tipos de extinção do fogo e o que fazer após a extinção de incêndios. Abaixo

¹³ Disponível em:

<https://drive.google.com/file/d/1tPDI4TX7F1oArdLKgM8dKftLAspH2k30/view?usp=sharing>

apresenta-se algumas das postagens (Figuras 23, 24 e 25).

Figura 23 - 3ª postagem



O QUE PODE OCASIONAR FOCOS DE INCÊNDIO NESSAS ÁREAS?

[@incendioschapada](#)

incendioschapada • Seguindo
Chapada Diamantina - Bahia

incendioschapada É estimado que a utilização das queimadas data desde o surgimento da agricultura, servindo como forma de renovar as terras, controlar a vegetação, limpar terrenos, entre outros. Mas como na natureza não é possível ter o controle de tudo, muitas vezes pode acontecer um incêndio, devido à grande força dos ventos e a algumas formas de vegetação sensíveis ao fogo.

Enquanto algumas espécies de vegetações podem vir a ser beneficiadas de alguma forma, outras, no entanto, correm um grande risco, além de poderem ser afetadas em áreas próprias para preservação, vindo a causar grandes danos ao meio ambiente.

Segundo Medeiros e Fiedler (2003), o uso incorreto do fogo em atividades antrópicas, como agricultura e pecuária, é a segunda maior causa de incêndios florestais no mundo, além de ser a principal causa de ocorrência de incêndios em unidades de conservação como o PNCD, e tem ocorrido com mais frequência do que nunca, devido ao crescimento populacional (MOURA et al, 2009).

Conforme a defesa civil do Rio de Janeiro (2020), o surgimento de um incêndio florestal está intrinsecamente ligado a redução da umidade do ar do local. Fatores como este, descuidos no momento de manusear queimadas intencionais, fogueiras de fogueiras ou locomotivas, e até causas naturais, como raios ou reações amplificadas decorrentes de concentrações de raios solares, podem propagar as chamas de forma que seja intretável até pelos próprios bombeiros.

Portanto, com o grande crescimento no número de ocorrência de

Curtido por [karenluiza682](#) e outras pessoas
há 7 dias

Adicione um comentário...

Fonte: [Incêndios Chapada](#)

Figura 24 - 10ª postagem



O projeto Sistema Eletrônico de Detecção e Gerenciamento de Incêndios Para Unidades de Conservação Apresenta:

CARTILHAS DE PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIOS

Divulgação de iniciativas

[@incendioschapada](#)

incendioschapada • Seguir

incendioschapada Nos últimos anos foram registrados grandes incêndios por todo o Brasil. Regiões como Pantanal, Amazônia, Cerrado, Chapada Diamantina registram recordes de incêndios.

Sabemos que, os efeitos causados por incêndios podem ser muito graves e, em alguns casos, até fatais. Além disso, o meio ambiente também sofre grandes danos. Não faltam exemplos de matas consumidas pelo fogo, que expulsaram os animais de seu habitat, e destruíram muitos exemplares da flora.

Por conta disso, nós do projeto "Dispositivo de Detecção de Incêndios para áreas de preservação ambiental", fazemos esse post para chamar atenção sobre a importância de ações voltadas ao Combate e Prevenção a Incêndios.

Vamos recomendar a sabedoria popular que já aponta: "prevenir é melhor que remediar".

Fizemos um resgate de cartilhas que versam sobre a prevenção de ocorrências de incêndios, com medidas simples que fazem grande diferença.

Veja a importância da prevenção de incêndio, com a leitura de nosso post!

Referências:
1 - Comunidade: "Caderno Técnico de Conscientização".
<https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/Amb/opa/CARTILHA%20PREVENCAO%20DE%20INCENDIOS%20-%20JAN%202018.pdf>

Curto por [dic.love](#) e outras pessoas
há 17 horas

Adicione um comentário...

Fonte: [Incêndios Chapada](#)

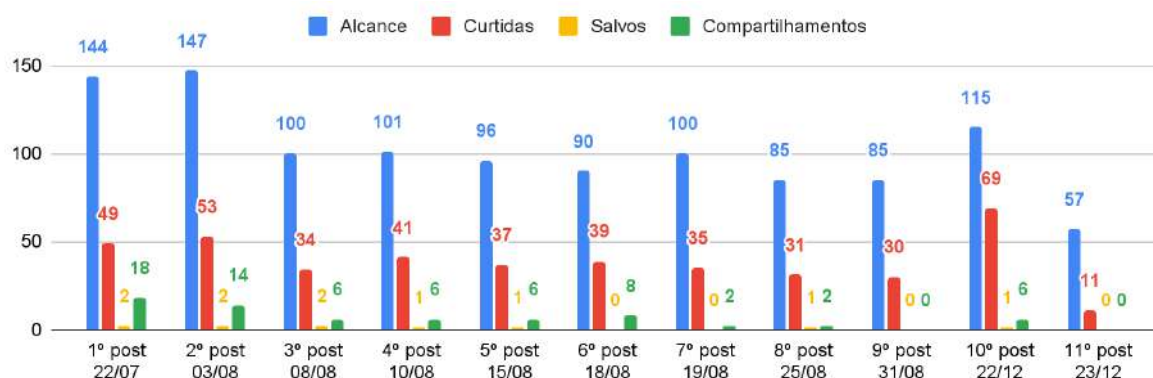
Figura 25 - 11ª postagem



Fonte: [Incêndios Chapada](#)

Ao examinar os *Insights* do *Instagram* durante o período de implementação do projeto, pode-se refletir acerca de alguns aspectos. Conforme Recuero (2012), o *Instagram* torna-se uma rede social a partir dessas interações, que são possíveis a partir de recursos disponíveis no aplicativo. A saber: curtir, significa demonstrar ao autor da postagem o fato de ter apreciado a publicação ou pode ser uma maneira de despertar a atenção do autor da postagem para a existência do seu usuário; compartilhar marca a possibilidade de enviar ou repostar a postagem do autor para visualização de outros atores; e o alcance representa quantas contas únicas viram qualquer uma das publicações sem distinção entre “seguidor” e “usuário novo”.

Considerando essas definições, a partir das categorias Alcance, Curtidas, Salvos e Compartilhamento, traçou-se o gráfico abaixo (Figura 26).

Figura 26 - Gráfico de Insights das Publicações

Fonte: autoria própria. Dados tabulados em: 11 de out. de 2022.

Percebe-se continuidades com uma diferença apenas no padrão do Alcance. De maneira acentuada, a quantidade de pessoas alcançadas no início do projeto teve uma ordem decrescente com o passar das semanas. Esse dado específico significa que o conteúdo veiculado pelo projeto alcançou um bom número de pessoas, ainda que não seguissem o perfil, mas que houveram oscilações durante todo o período.

O presente projeto alcançou um total de 239 contas e, hoje, conta com 131 seguidores ao longo de suas atividades, as quais proporcionaram informações básicas, mas extremamente necessárias para o combate de incêndios e queimadas. Ao analisar as postagens e interações na página do perfil, é notório que a produção científica, apesar do alcance moderado, possibilitou reflexão a respeito do uso sustentável dos ecossistemas terrestres e o modo como a ação humana impacta nas áreas de preservação ambiental.

Além das ações de conscientização, entidades de utilidade pública sem fins econômicos como a Brigada Voluntária de combate a Incêndios Florestais de Lençóis (BVL) ou a situada no Vale do Capão, Palmeiras, atuam no combate direto a diversos incêndios desde a sua criação, incluindo o incêndio de Mucugezinho em 2021 (Figuras 27 e 28).

Figura 27 - Brigada Voluntária de combate a Incêndios Florestais de Lençóis



Fonte: Autoria própria

Figura 28 - Brigada Voluntária de combate a Incêndios Florestais de Palmeiras



Fonte: Autoria própria

A utilização do fogo pelos seres humanos é algo recorrente na agricultura, principalmente para limpeza de terrenos (LARA, 2007), todavia essa utilização, quando feita de maneira irregular e imprudente, pode acarretar danos ao meio ambiente, inclusive em unidades de preservação ambiental, como é o caso do PNCD, por isso, é necessário que ações de conscientização sejam tomadas e, principalmente, que a população geral tenha compromisso para a preservação dessas áreas e manejo correto do fogo.

A conscientização da população para a importância das florestas e dos

prejuízos que os incêndios florestais podem causar pode ser obtida através de contatos individuais ou em grupo, da elaboração e divulgação de material de apoio, da realização de reuniões, seminários, palestras, entrevistas e deve ser encarada como a primeira iniciativa na prevenção dos incêndios. Nesse sentido, realizou-se um levantamento na internet de cartilhas voltadas à educação sobre prevenção e combate a incêndio (Apêndice A) com instruções para: o que é incêndio florestal e suas principais causas, medidas preventivas, alternativas para o uso do fogo, como combater o fogo, como agir em caso de incêndios, o tipos de extinção do fogo e o que fazer após a extinção de incêndios.

O conhecimento prévio das características da população confrontante permitirá a definição da melhor estratégia de abordagem. Já que o contato pessoal com os confrontantes, em particular aqueles situados em áreas de risco, é uma medida reconhecidamente eficaz. Segundo Torres et al. (2020, p. 94), deverá ser realizada pelo menos uma visita antes do período crítico, procurando motivar os confrontantes para o problema, estabelecer laços de parceria, difundir normas legais existentes e distribuir material de apoio.

É preciso reconhecer que os incêndios florestais são um problema não só para a área de preservação, mas se tornaram um problema de grande impacto social e comprometem a segurança interna do país. Portanto, a comunidade não deve ser vista como parte do problema, mas como parte da sua solução. Quando a comunidade é integrada como parte da solução, são obtidos resultados concretos.

Por fim, a avaliação do sistema mostrou-se positiva, tendo bons resultados durante os ensaios de situações adversas que podem ocasionar um incêndio como a ignição de isqueiro, ou até mesmo pós-incêndio como o acúmulo de fumaça no ambiente. Os resultados se mostraram satisfatórios para o funcionamento do sistema, pelo fato de poder gerenciar a detecção de fumaça ou gás inflamável. A utilização do Arduino contribuiu na velocidade de desenvolvimento do projeto, uma vez que não requer conhecimento aprofundado em ligações eletrônicas, tanto para acionar o microcontrolador, quanto para gravação do código desenvolvido. O que tornou também mais simples a ligação do circuito eletrônico e suas modificações.

Para completar a ideia do projeto, o desafio, agora, é criar uma sentinela 24 horas, monitorando o ambiente onde o projeto será instalado, alertando a ocorrência de um evento anormal que indique um vazamento de gás e agindo de forma automatizada para informar sobre focos de incêndio.

7. CONSIDERAÇÕES

Os sistemas de detecção de incêndio têm se modernizado, acompanhando as tecnologias de circuitos microprocessados. Porém ainda existem muitas limitações quando se trata de controle de queimadas e incêndios em áreas de preservação ambiental. Sobre esse problema, esta pesquisa teve como objetivo desenvolver uma interface inteligente a partir do Arduino com capacidade de detecção de focos de incêndio com a função de trazer mais segurança com medidas de proteção automatizadas.

O objetivo deste projeto foi alcançado por meio do desenvolvimento de um sistema eletrônico de detecção precoce de incêndios integrado à base de gerenciamento remota capaz de dar informações claras aos utilizadores sempre que um incêndio ou ameaça for detectada. Então, foi verificado que esta poderá ser uma solução simples, fácil e acessível e para uma aplicação real. Sendo, assim, uma informação adicional para o brigadista de incêndio, que poderá se dirigir ao local do detector acionado com maiores informações e com os equipamentos corretos para a extinção daquele tipo de incêndio.

Como trabalhos futuros, sugere-se o estudo aprofundado para facilitar a instalação em ambientes naturais e criar uma interface gráfica Android e/ou IOS para facilitar o acesso à informação. Ainda, além de investir em ações de divulgação do projeto, é importante chamar atenção das autoridades competentes em gestão ambiental para repensar a relação do ser humano com o meio ambiente, os recursos naturais e as medidas oficiais de redução dos impactos ambientais produzidos pela exploração do homem.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, André et al. Integrating Arduino-based educational mobile robots in ROS. **Journal of Intelligent & Robotic Systems**, v. 77, n. 2, p. 281-298, 2015.

ARDUINO. **Arduino Products**. 2022. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Main/Products>. Acesso em 30 de nov. de 2021.

AUGUSTO, O. **Em 2018, o programa do Inpe já registrou mais de 216.488 focos de incêndio no Brasil**. Correio Braziliense, 2018. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/brasil/2018/06/27/interna-brasil,691195/em-2018-programa-do-inpe-ja-registrou-216-488-focos-de-incendio.shtml> Acesso em: 30 de abril de 2021.

BARBERO, Alberto; DEMO, G. Barbara. The art of programming in a Technical Institute after the Italian secondary school reform. **Proceedings ISSEP 2011**, 2011.

BENFICA, N. S. **Ocorrência de Queimadas no Parque Nacional da Chapada Diamantina**. – Nyanne Silva Benfica. – Itapetinga, BA: UESB, 2019.

BESERRA, M. M. L. et al. Plano de manejo para o Parque Nacional da Chapada Diamantina. **Instituto Chico Mendes, Brasília, Brazil**, 2007.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. **Decreto de Criação do Parque Nacional da Chapada Diamantina**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/1985-1987/D91655.htm. Acesso em: 13 de jun. de 2019.
ICM

BRASIL. Decreto nº 91.655, de 17 de setembro de 1978. **Cria o Parque Nacional da Chapada da Diamantina**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/1985-1987/d91655.htm. Acesso em: 10 de out. de 2021.

Brasília Ambiental. **Você sabe o que é uma APA?**. Disponível em: <https://www.ibram.df.gov.br/voce-sabe-o-que-e-uma-apa/>. Acesso em: 12 de novembro de 2021.

CARLOS, L. H. **Arduino #6: Introdução ao Arduino**. 2016. Disponível em: <https://hardwarelivreusp.org/tutoriais/2016/11/20/arduino-6intro/>. Acesso em: 10 de out. de 2021.

CASTILHO, Weimar Silva; OLIVEIRA, Denise Lima; OIV3BVGS DUTRA, Marco Vinicius Gome. O ENSINO DE FÍSICA E A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: UM KIT EXPERIMENTAL COM ARDUINO PARA O ENSINO DE QUEDA LIVRE. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 3, p. 247-262, 2020.

DIAS, Genebaldo Freire. Queimadas e incêndios florestais: cenários e desafios: subsídios para a educação ambiental. **Brasília: IBAMA**, v. 2, 2009.

ELETRONICS, Hanwei. Technical Data MQ-9 Gas Sensor. **HWSENSOR**. [201-].

FAZLZADEH, Mehdi et al. Concentrations of carbon monoxide in indoor and outdoor air of Ghalyun cafes. **Atmospheric Pollution Research**, v. 6, n. 4, p. 550-555, 2015.

FONSECA, Vandr . Termina incêndio na Chapada Diamantina. **O eco**, cidade de public  o, 13, janeiro de 2013. Notícias. Disponível em: <https://oeco.org.br/noticias/26832-termina-incendio-na-chapada-diamantina/>. Acesso em: 26 de fev. de 2021.

FRANCA-ROCHA, W. J. S.; SANTOS, S. M. B.; GONCALVES, A. J. B.; FERREIRA-LEITE, F. **Are There Mega Fires in Brazilian Savannas? The National Park of Chapada Diamantina Case (Bahia, Brazil)** In: Ant nio José Bento Gonçalves; Ant nio Avelino Batista Vieira; Maria Rosário Melo Costa; José Tadeu Marques Aranha. (Org.). *Wildfires: Perspectives, Issues and Challenges of the 21st Century*. 1ed. Hauppauge, NY: Nova Science Publishers, Inc. v. 1, 2017, p. 29-54.

G1-BA, 2015. **Incêndio devastou 51 mil hectares na Chapada em 3 meses, diz secretário**. Disponível em :<https://g1.globo.com/bahia/noticia/2015/12/incendio-devastou-51-mil-hectares-na-chapada-em-3-meses-diz-secretario.html>. Acesso em: 12 de novembro de 2021.

G1-BA, 2020. **Incêndio que atinge Chapada Diamantina tem indícios de crime ambiental; área estava preservada havia 20 anos**. Disponível em: <https://g1.globo.com/ba/bahia/noticia/2020/10/08/avioes-dos-bombeiros-auxiliam-em-combate-a-incendio-em-andarai-na-chapada-diamantina.ghtml>. Acesso 30 de abril de 2021.

G1-BA, 2021. **Incêndio atinge áreas do Parque Nacional da Chapada Diamantina**. Disponível em : <https://g1.globo.com/ba/bahia/noticia/2021/09/29/incendio-atinge-areas-do-parque-nacional-da-chapada-diamantina.ghtml>. Acesso em: 12 de novembro de 2021.

G1-BA,2021. **Novos focos de incêndio são encontrados na Chapada Diamantina; chamas atingem área perto da sede do ICMBio**. Disponível em: <https://g1.globo.com/ba/bahia/noticia/2021/10/04/novos-focos-de-incendio-sao-encontrados-na-chapada-diamantina-chamas-atingem-area-perto-da-sede-do-icmbio.ghtml> . Acesso em: 15 de fevereiro de 2022.

Governo da Bahia. **Combate a incêndio na Chapada Diamantina recebe apoio aéreo do Bahia Sem Fogo**. Disponível em: <http://www.bahia.ba.gov.br/2021/03/noticias/meio-ambiente/combate-a-incendio-na-chapada-diamantina-recebe-apoio-aereo-do-bahia-sem-fogo/>. Acesso em: 18 de fevereiro de 2022.

GUIMARÃES, F. **Curso de Arduino**. 2018. Disponível em: <https://www.editorainformal.com.br/curso-de-arduino/curso-de-arduino-metodo-prof-flavio-guimaraes-2018/>. Acesso em: 10 de out. de 2021.

IBAMA. **Incêndios florestais**. 2015. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/perguntas-frequentes/incendios-florestais>. Acesso em: 10 de out. de 2021.

IBAMA. Parque Nacional da Chapada Diamantina – BA. **Relatório de combate ampliado**. IBAMA – PREVFOGO: Brasília, 2008, 11p.

IBAMA. 2009. **Roteiro metodológico para a elaboração de Plano Operativo de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais**. Brasília: IBAMA/PREVFOGO. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/areas-tematicas/planos-operativos-de-prevencao-e-combate-aos-incendios-forestais>. Acesso em 11 de out. de 2021.

ICMBIO PLANO DE MANEJO PARA, O. Parque Nacional Da Chapada Diamantina 2007. **ICMBIO: Brasília, Brasil**, 2007.

INPE. **Monitoramento dos Focos Ativos por Bioma**. Disponível em: https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal-static/estatisticas_estados/.

JAMIESON, Peter. Arduino for teaching embedded systems. are computer scientists and engineering educators missing the boat?. In: **Proceedings of the international conference on frontiers in education: computer science and computer engineering (FECS)**. The Steering Committee of The World Congress in Computer Science, Computer Engineering and Applied Computing (WorldComp), 2011. p. 1.

LARA, Daniel Xavier; FIEDLER, Nilton César; MEDEIROS, Marcelo Brilhante de. Uso do fogo em propriedades rurais do Cerrado em Cavalcante, GO. **Ciência Florestal**, v. 17, p. 9-15, 2007.

MEDEIROS, M. B. FIEDLER, N. C. **Incêndios florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra: Desafios para a conservação da Biodiversidade**. Revista Ciência Florestal, 14(2), 2003, p. 157-168.

MOURA, W. S.; RIBEIRO, C. C.; TEODORO, T. S.; FAGUNDES, R. R. **Conservação e combate aos incêndios florestais no Parque Estadual do Lajeado-TO**. Lajeado, Rio Grande do Sul. 2009.

NEVES, S. P. S.; CONCEIÇÃO, A. A. **Campo rupestre recém-queimado na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil: plantas de rebrota e sementes, com espécies endêmicas na rocha**. Acta Botânica Brasílica, 24 (3), 2010, p. 697- 707.

OLIVEIRA, Itamar Pereira de et al. Queimadas e suas conseqüências na região centro oeste. 2005.

OLIVEIRA, S. F. **Ocorrências de Incêndios Florestais no Parque Nacional da Chapada Diamantina, BA, no período de 2010 a 2014**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Florestal). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2015, 60p.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE et al. **WHO guidelines for indoor air**

quality: selected pollutants. World Health Organization. Regional Office for Europe, 2010.

PANG, Yaokun et al. Multilayered cylindrical triboelectric nanogenerator to harvest kinetic energy of tree branches for monitoring environment condition and forest fire. **Advanced functional materials**, v. 30, n. 32, p. 2003598, 2020.

PEREIRA, José Antônio Vilar; DA SILVA, Janaína Barbosa. Detecção de Focos de Calor no Estado da Paraíba: um estudo sobre as queimadas. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 10, n. 1, p. 5-16, 2016.

PEREIRA, Ricardo Galeno Fraga de Araújo. **Geoconservação e desenvolvimento sustentável na Chapada Diamantina (Bahia-Brasil)**. 2010.

PEREZ, Anderson Luiz Fernandes et al. Uso da Plataforma Arduino para o Ensino e o Aprendizado de Robótica. In: **International Conference on Interactive Computer aided Blended Learning**. 2013.

PITOMBO. **Incêndio na Chapada Diamantina é controlado, diz Corpo de Bombeiros, 2020**. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2020/10/incendio-na-chapada-diamantina-e-controlado-diz-corpo-de-bombeiros.shtml#top-signup-collapse?>. Acesso em: 04 de novembro de 2021.

RUBIO, Miguel A.; HIERRO, Carolina Mañoso; PABLO, A. P. D. M. Using arduino to enhance computer programming courses in science and engineering. In: **Proceedings of EDULEARN13 conference**. IATED Barcelona, Spain, 2013. p. 1-3.

SANTANA LEITE, Cândida Caroline Souza. ANÁLISE DOS GRANDES EPISÓDIOS DE INCÊNDIOS NO PARQUE NACIONAL DA CHAPADA DIAMANTINA: UMA ABORDAGEM POR SENSORIAMENTO REMOTO. **Anais dos Seminários de Iniciação Científica**, n. 21, 2017.

SANTANA, Sanny. Combate a incêndios florestais atinge 14 cidades baianas. **SOCIEDADE**, Salvador, 28, set. de 2021. Disponível em: <https://sociedadeonline.com/combate-a-incendios-florestais-atinge-14-cidades-baianas/>. Acesso em: 10 e out. de 2022.

SANTOS, Djail; BAHIA, Vicror Gonçalves; TEIXEIRA, Wellceslau Geraldês. Queimadas e erosão do solo. **Informe Agropecuário, Belo Horizonte**, v. 16, n. 176, p. 62-68, 1992.

SARAVATI. **Placa Solar**. 2020. Disponível em: <https://www.saravati.com.br/painel-solar>. Acesso em: 10 e out. de 2021.

SARIK, John; KYMISSIS, Ioannis. Lab kits using the Arduino prototyping platform. In: **2010 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)**. IEEE, 2010. p. T3C-1-T3C-5.

SILVA, D. M.; LOIOLA, P. de P.; ROSATTI, N. B.; SILVA, I. A.; CIANCIARUSO, M. V.; BATALHA, M. A. **Os Efeitos dos Regimes de Fogo sobre a Vegetação de**

Cerrado no Parque Nacional das Emas, GO: Considerações para a Conservação da Diversidade. Biodiversidade Brasileira, I(2), 2011, p. 26-39.

TORRES, Fillipe Tamiozzo Pereira; LIMA, Gumercindo Souza; et al. Manual de Prevenção e Combate de Incêndios Florestais / Editores Fillipe Tamiozzo Pereira Torres e outros – Viçosa, MG: Os Editores, 2020. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2021/03/manual-prevencao-combate-incendios-florestais.pdf>

USAINFO. **Módulo Wireless**. 2020. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/>. Acesso em: 10 de out. de 2020.

VIMAL, PV; SHIVAPRAKASHA, KS IOT baseado em sistema de monitoramento e controle de ambiente de estufa usando a plataforma Arduino. In: **2017 Conferência Internacional sobre Computação Inteligente, Instrumentação e Tecnologias de Controle (ICICT)** . IEEE, 2017. p. 1514-1519.

APÊNDICE A

LISTA DE CARTILHAS SOBRE PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIOS

Título	Link
Caderno Técnico de Conscientização	https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/CARTILHA%20PREVENCAO%20DE%20INCENDIOS%20-%20JAN%202018.pdf
Manual de prevenção e combate a princípios de incêndio	http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/marco2015/cursobrigada/modulo6_combateincendios.pdf
Crianças: Gibi da operação corta fogo	https://smastr16.blob.core.windows.net/cortafogo/2017/01/gibi-corta-fogo-jun-2013.pdf
Cartilha de prevenção e combate a incêndio	http://www.aprosoja.com.br/storage/site/files/CARTILHADEPREVENCAOECOMBATEAINCENDIODigital(1).pdf
Incêndios florestais	https://institutoespinhaco.org.br/cartilha-de-prevencao-e-combate-a-incendios-florestais/
Incêndios florestais: causas, consequências e como evitar	https://www.ibram.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/02/Cartilha-Inc%C3%AAndios-Florestais-Causas-Consequ%C3%AAncias-e-Como-Evitar.pdf