

## SISTEMA PARA DETECÇÃO DE INCÊNDIOS EM ÁREAS RURAIS

Gildo Sargi Neto  
Graduando em Engenharia de software – Uni-FACEF  
gildo-sn@hotmail.com

João Vitor de Oliveira França  
Graduando em Engenharia de software – Uni-FACEF  
joaovitorfranca000@gmail.com

Ely Fernando Prado  
Mestre em Ciência da Computação – Uni-FACEF  
elyprado@facef.br

### Resumo

Este artigo apresenta um estudo referente à análise de viabilidade através do desenvolvimento de um protótipo que utiliza os conceitos de Internet das Coisas (IoT) com o intuito de detectar incêndios em delimitações de áreas rurais, monitorar dados emitidos pelos sensores em tempo real e armazenar as informações em uma plataforma Web para análise e controle do sistema. O sistema é dividido em três partes: o primeiro é composto por sensores responsáveis por medir a temperatura, e a concentração dos gases; o segundo são microcontroladores responsáveis por interligar os sensores e a plataforma Web; o terceiro é um sistema Web (Adafruit), que exibirá os dados coletados pelos sensores fornecendo monitoramento em tempo real, o controle de alarme e um sistema de notificações. O resultado do estudo aponta que o sistema possui a exibição e coleta de dados de maneira eficiente, capaz de notificar o usuário no início de um incidente. Devido as notificações remotas serem totalmente dependentes da conexão com a internet, o sistema também possui um alarme físico, desta forma em caso de falta de conexão a notificação será limitada à área do alarme físico. Nota-se neste projeto que existem melhorias e necessidades para implementação do sistema, apoiando-se em circuitos e dispositivos preparados para o uso.

**Palavras Chave:** Plataforma web. Internet das Coisas. Microcontroladores. Sensores.

### Abstract

*This article presents the results of a study on the feasibility of developing an Internet of Things (IoT) prototype in order to detect fires in rural areas, monitor data emitted by sensors in real time and store the information on a Web platform for system analysis and control. The system is divided into three parts: (1) sensors responsible for measuring the temperature and the concentration of gasses; (2) Microcontrollers responsible for interconnecting the sensors and the Web platform; (3) A Web system (Adafruit), which will display the data collected by the sensors providing real-time monitoring, alarm control and a notification system. The result of the study shows that the system displays and collects data efficiently, capable of notifying the user at the beginning of an incident. Because remote notifications are dependent on the internet connection, the system also has a physical alarm, so in case of a lack of connection the notification will be limited to the physical alarm area. It is also concluded that there*

*are improvements and needs for the implementation of the system, relying on circuits and devices prepared for use.*

**Keywords:** *Web platform. Internet of things. Microcontrollers. Sensors.*

## **Introdução**

Incêndios e queimadas ainda são problemas presentes na sociedade. No campo e na cidade, enfrentamos complicações provocadas por ações humanas ou acidentes como vazamento de gases. Em áreas rurais, quando não há uma intervenção no início de um incêndio, os danos e prejuízos crescem exponencialmente devido ao descontrole da situação e o tamanho da área. Estes danos, podem representar perdas relevantes, como animais, plantações, vegetação, podendo até mesmo se tornar uma ameaça para a vida humana.

Em um país em que o agronegócio é relevante, este tipo de situação pode representar uma perda significativa do PIB do setor, assim como a escassez de produtos internos e externos.

Dado este cenário, surge o anseio de reduzir ou prevenir os danos causados a partir destes incidentes. Este projeto tem como objetivo desenvolver um protótipo capaz de suprir a necessidade de detecção no início do surgimento. Portanto, a detecção poderá ser feita em áreas estratégicas da propriedade, como regiões distantes ou de muita importância, bem como as delimitações do local. Além disso, o sistema precisa de velocidade no envio das informações, portanto deve-se utilizar uma conexão com a internet.

A partir desta explicação, este projeto propõe uma pesquisa com o objetivo de criar uma ferramenta de detecção e notificação de incêndios. Para tal, são utilizados microcontroladores e sensores, juntamente com um sistema de monitoramento e notificação em tempo real.

Ao longo do artigo teremos os seguintes capítulos: referencial teórico, desenvolvimento do projeto apresentando as explicações técnicas e fluxos do sistema, resultados que discutirá a eficiência e o comportamento do sistema, e por fim a conclusão onde entenderemos os resultados obtidos e a viabilidade do projeto.

## **1. Referencial Teórico**

Neste capítulo, serão apresentados os seguintes subcapítulos: Internet das coisas; Internet das coisas no agronegócio; Sistemas embarcados; Interface

Arduino; Queimadas em áreas rurais. Desta forma, neste capítulo são apresentados os temas pertinentes à construção do projeto.

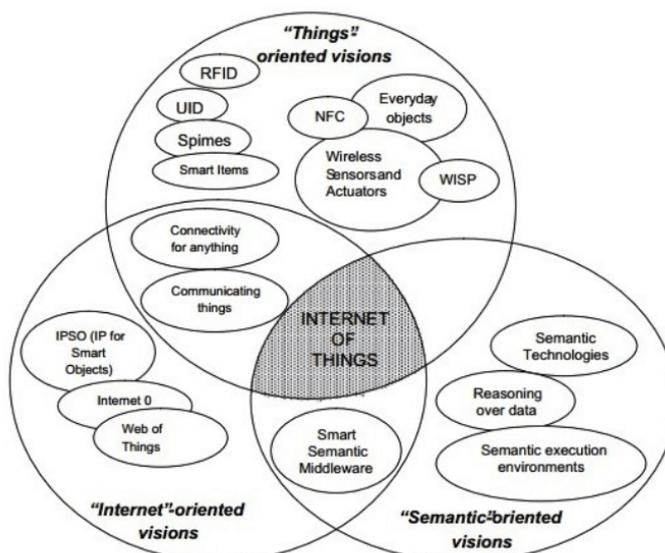
### 1.1 Internet das coisas

Itu (2005) define que a internet das coisas como uma teia de objetos conectados, a fim de agirem de forma inteligente acerca de nossas vidas. Constituída por dispositivos e objetos do dia a dia, com sensores, transmissores e receptores, seja para entender a física ao redor, rastrear os movimentos do usuário ou outras diversas finalidades, assim permitindo a comunicação entre pessoas e objetos.

Definir internet das coisas como uma rede mundial de objetos é muito ampla e dá margem para que diferentes aplicações também atendam pelo nome. Desde os anos 80, conceitos deste mesmo segmento eram denominados de diferentes maneiras. Até hoje nos Estados Unidos, encontra-se pesquisas mais concentradas em conceitos específicos da área, como computação em nuvem, objetos inteligentes e redes inteligentes (KRANENBURG, 2011).

Adotar uma definição para internet das coisas não é simples, quando observamos a quantidade de assuntos e temas envolvidos. Para, Atzori (2010), Internet das coisas é a presença ubíqua de objetos, com endereços únicos (sensores, celulares), a fim de interagir e cooperar entre si. Pode-se observar na Figura 1, uma maneira de sintetizar as questões a respeito da área, onde podemos ver catalogadas as principais áreas de pesquisa e tipos de aplicação.

Figura 1 - O paradigma da Internet das Coisas



Fonte: ATZORI, 2010, p. 2.

## 1.2 Internet das coisas no agronegócio

O Brasil participa da lista dos maiores produtores e consumidores de cereais e grãos, e segundo a pesquisa realizada em 2022 pelo CEPEA/CNA (2022), o agronegócio representa 27,4% do PIB brasileiro, o maior desde 2004.

A agricultura de precisão está diretamente conectada com a evolução nas operações agrícolas, pois quando as práticas são aplicadas em grande escala podemos observar um impacto significativo na eficiência da operação, de modo a reduzir o desperdício de alimentos, e a quantidade de insumos por área. Com a internet das coisas aplicada à agricultura, podemos obter mais precisão em diversos aspectos, como irrigação, plantio, monitoramento de umidade e redução de danos. A evolução constante da Tecnologia da Informação dentro do agronegócio, pressiona grandes empresas a inovarem em áreas como “big data” e automatização. Empresas de tratores como John Deere, estão investindo em equipamentos neste sentido (EMBRAPA, 2017).

Segundo (SANTOS et al., 2019), podemos por meio de sensores, câmeras e dispositivos detectar diversas situações, como, PH da água, umidade do solo, anomalias na plantação, regulação de temperatura e queimadas. A partir destas conexões podemos evitar falhas que ocasionam desperdícios ou controlar comportamentos que não são evitados em campos onde não há sistemas inteligentes, como exageros na aplicação de agrotóxicos prejudiciais ou irrigação inadequada.

## 1.3 Sistemas Embarcados

Um Sistema Embarcado ou Sistema Embutido, é um sistema computacional que participa de um sistema mais complexo ainda maior e implementa frações deste sistema. O termo embutido simboliza que este sistema, está embutido em um ambiente totalmente interligado. Embora outros autores tenham complementado esta definição, ela continua válida há décadas (IEEE, 1990).

O desenvolvimento constante de semicondutores, tem garantido uma diminuição considerável no custo para se produzir hardware, e ao mesmo tempo os processadores têm aumento significativo em sua capacidade, possibilitando que este tipo de sistema seja entregue para o mercado com custo aceitável. Este mercado, é o que mais utiliza os chips produzidos pelos fabricantes de processadores, consumindo 98% do que é disponibilizado, desta forma microprocessadores para uso doméstico

(computadores, celulares), representam apenas 2% dos microprocessadores (TURLEY, 2002).

Ao contrário dos dispositivos de uso pessoal, um Sistema Embarcado não é pensado para usuários e não possui muitas interfaces para o indivíduo, geralmente eles são caracterizados por sua especificidade. Mesmo não se comunicando diretamente com o usuário, este sistema está presente nos mais diversos produtos, como demonstra a Tabela 1 (SILVA et al., 2013).

Tabela 1: Exemplos de Sistemas Embarcados

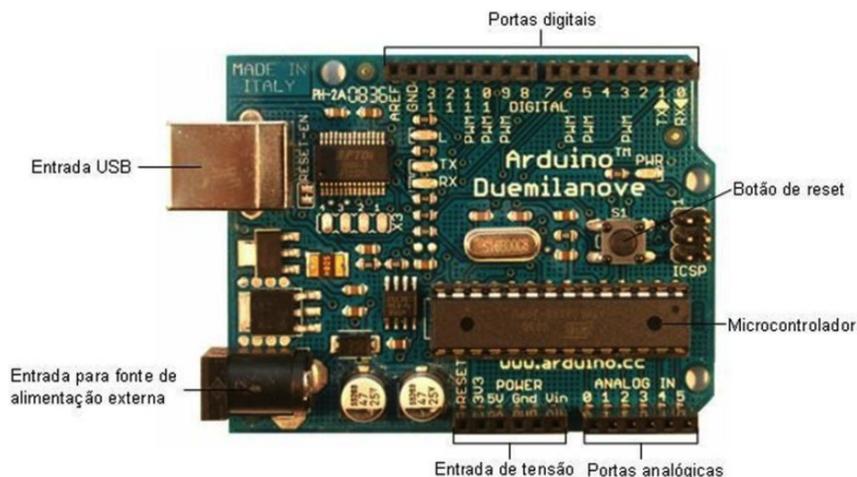
Aviões e Sistemas de defesa	piloto automático, sistemas de navegação, controle de motores, sistemas de aterrissagem
Sistemas Biomédicos	Ultrassom e CAT, monitores para pacientes, marcapassos
Automóveis	controle do motor, sistemas ABS e de tração, controle de <i>air-bags</i> , diagnóstico embarcado
Comunicações e Redes	satélites, roteadores de rede, switches, modems
Wireless	Pontos de acesso, adaptadores, rede de sensores sem fio
Eletrônica de Consumo	TV, tocadores de DVS e Blue-ray, fornos de micro-ondas, câmeras, linha branca
Dispositivos de E/S	teclados, mouse, impressoras, escaneadores, modems
Instrumentos Eletrônicos	Osciloscópios, Multímetros, analisadores lógicos
Equipamentos Industriais	controlador de elevadores, robôs, sistemas de segurança, PLC, máquinas CNC
Escritório	FAX, copiadoras, telefones, calculadoras, máquinas registradoras
Dispositivos Pessoais	celulares, relógio de pulso, tablets
Dispositivos Bancários	cartão bancário ou de crédito, ponto-de-venda, terminal de acesso
Brinquedos	Video games (XBox, Wii, etc.), Furby, Nintendo DS

Fonte: SILVA et al., 2013, p.3.

#### 1.4 Interface Arduino

Arduino é uma plataforma eletrônica *open-source*, que foi pensada para incentivar a interação física entre o dispositivo e o ambiente, de maneira simples, onde um usuário iniciante consegue desenvolver uma aplicação ou projeto de maneira livre. O dispositivo possui processador e memória e suporta diversos periféricos, como sensores, botões alarmes, LEDs, e pode ser programado livremente para recursos como controle ou automação (CAVALCANTE, 2011). Na Figura 2, podemos observar a estrutura do microcontrolador.

Figura 2: Placa Arduino com especificações de entradas e saídas



Fonte: CAVALCANTE, 2011, p. 3.

Este dispositivo, atualmente está presente em diversos segmentos, até mesmo para ensino e robótica, e para programar essas placas, utiliza-se a linguagem de programação C/C++ para escrever o algoritmo, que após a compilação será interpretado pela placa (MOTA, 2021). A Figura 3 ilustra um programa de exemplo desenvolvido para o Arduino.

Figura 3: Carregando programa.

```

Blink | Arduino 1.8.13
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda
Blink
// the setup function runs once when you press reset or power th
void setup() {
  // initialize digital pin LED_BUILTIN as an output.
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
}

// the loop function runs over and over again forever
void loop() {
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // turn the LED on (HIGH is
  delay(1000); // wait for a second
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW); // turn the LED off by maki
  delay(1000); // wait for a second
}
    
```

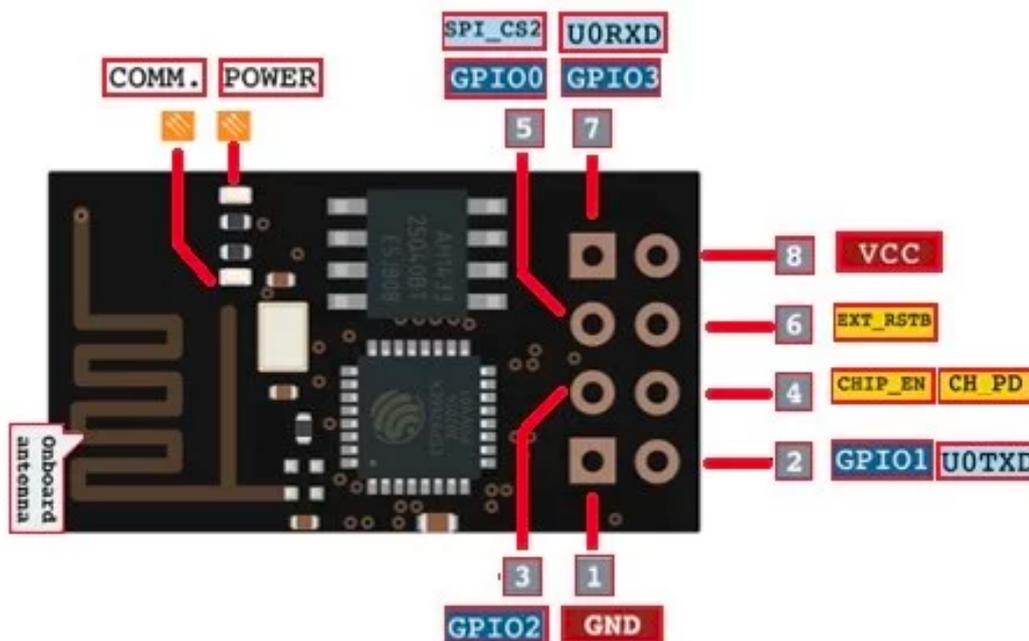
Fonte: MOTA, 2020, p. 11.

## 1.5 ESP-01

Curvelo (2015), define que o módulo ESP-01 é uma das variações mais simples do microcontrolador ESP8266, que utiliza o Arduino como plataforma principal, possuindo a capacidade de estabelecer comunicação com a internet (via WI-FI). Em relação às conexões, este módulo atua como uma “Ponte Serial-WIFI”, recebendo comandos via Serial e interagindo com a rede WI-FI.

Este dispositivo é composto por uma memória externa de 512 KB ou 1 MB, 8 pinos com comunicação UART (Universal asynchronous receiver/transmitter) e alimentado por 3,3 Volts de tensão. A figura 4 apresenta o módulo e as conexões.

Figura 4: Microcontrolador ESP-01



Fonte: Gustavo Nery, 2022.

## 1.6 Queimadas em áreas rurais

O fogo é utilizado por diversos fazendeiros e agricultores com o intuito de eliminar pragas que possam estar no terreno de forma rápida e barata, fertilizando o solo com as cinzas originadas das árvores e vegetações que foram queimadas. Porém com as queimadas vem a grande possibilidade de um acidente devido ao negligenciamento de ações básicas de controle que gera prejuízos enormes aos agricultores vizinhos. Quando o incêndio perde o controle pode levar a queimadas de grande escala destruindo cercas, arames e pastos (LARA et al., 2007)

## 1.6.1 Prejuízos causados pelas queimadas

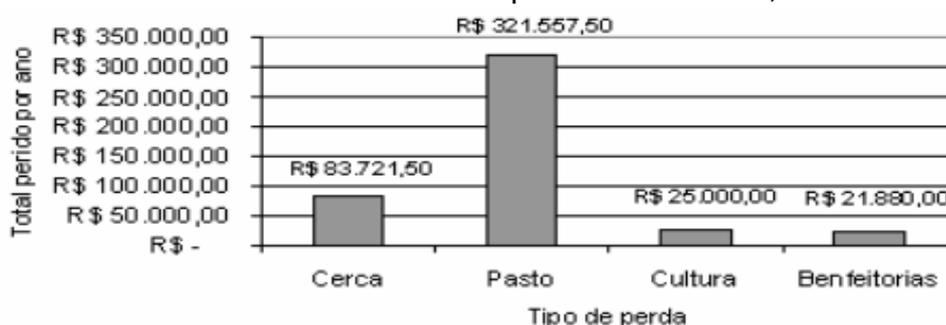
MOTTA et al. (2002, p.30) afirma que “Em 1998 com a seca causada pelo El Niño cerca de 19 mil km<sup>2</sup> de área de pastagem, 46 mil km de cerca e 26 mil km<sup>2</sup> de florestas foram queimados acidentalmente”[...], que gerou enormes prejuízos aos fazendeiros.

*Os resultados mostram que cada proprietário rural da Amazônia brasileira perde, em média, 1,5 hectare de pastagem e 40 metros de cerca anualmente pela ação do fogo acidental, embora essas estimativas possam sofrer variações conforme o tamanho da propriedade. Por outro lado, a área atingida por incêndios florestais em anos de El Niño chega a quase dobrar a área desmatada anualmente na região(MOTTA et al., 2002, p. 30)*

MOTTA et al. (2002, p.30) também afirma que os custos médios anuais desses incêndios quando calculados de forma otimista são de em média US\$102 milhões ou 0,2% do PIB total da região em 1998, sendo 2% do PIB anual agropecuário. De acordo com a base de dados do Ipam (Alencar et al., 1997) entre 1994 e 1995 90% dos entrevistados tiveram prejuízos devido a queimadas acidentais, sendo que a perda de cerca atingiu em média 37% dos entrevistados.

Levando em conta apenas o município de Cavalcante, GO é possível afirmar que em um ano ocorrem mais de R\$ 450 mil de perdas devido a queimadas, sem levar em conta perdas de áreas nativas de cerrado e matas de galeria (LARA et al., 2007)

Figura 5: Perdas econômicas de propriedades rurais com incêndios florestais no município de Cavalcante, GO.



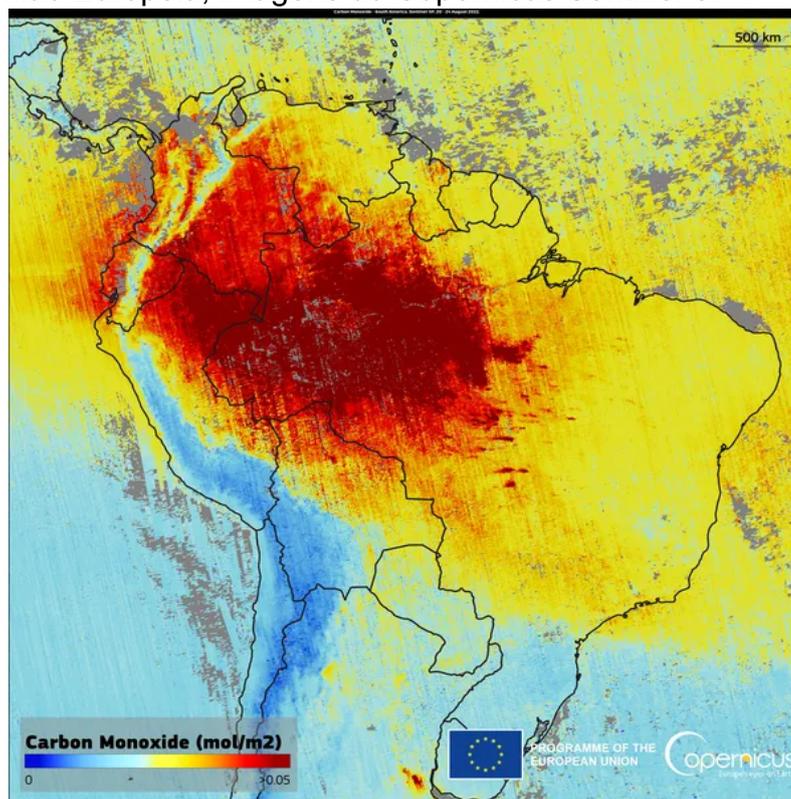
Fonte: LARA et al., 2007

Segundo fontes mais recentes este cenário das queimadas continua sendo grave pois de acordo PEIXOTO (2022) a Amazônia teve em 2022 o pior agosto de queimadas dos últimos 12 anos com 33.116 focos de incêndio e MADEIRO (2022) define que em apenas três dias de setembro de 2022 a Amazônia registrou metade das queimadas de setembro de 2021.

O número é tão alto que, segundo o programa de monitoramento ambiental Copernicus, da União Europeia, afetou "seriamente" a qualidade do ar na América do Sul.

Na Figura 6, feita por um satélite do projeto, é possível ver os altos níveis de monóxido de carbono (CO<sub>2</sub>, gás que é liberado por queimadas) para a região entre 20 e 24 de agosto.

Figura 6: Qualidade do ar na América do Sul entre 20 e 24 de agosto — Foto: União Europeia, imagens do Copernicus Sentinel-5P



Fonte: PEIXOTO, 2022

De acordo com a Scientific Reports TOMAS et al. (2020) as estimativas indicam que cerca de 16.952 milhões de animais vertebrados foram mortos imediatamente pelas queimadas do Pantanal, demonstrando o tamanho do impacto na savana.

*O fato de utilizar ou não o fogo não foi o principal agente causador dos prejuízos com os incêndios florestais. A inexistência de técnicas de prevenção e pré-supressão de incêndios aliada à falta de técnica na utilização de queimadas controladas foram os responsáveis pelos incêndios ocorridos no período analisado. (LARA et al., 2007, p.15)*

Sendo assim, os prejuízos trazidos com as queimadas leva a notar que são necessárias novas pesquisas e tecnologias na área de prevenção e pré-supressão de incêndios nas áreas rurais, para trazer benefícios aos agricultores quanto aos animais que perdem suas vidas em meio a tantos incêndios.

## 1.7 Trabalhos Correlatos

A detecção de incêndios é um assunto de alta complexidade pois leva em conta inúmeras variáveis como por exemplo a posição dos sensores, a quantidade de sensores, a densidade de dados trafegando entre os sensores, o comportamento do sistema quando há uma ausência de internet ou energia.

O trabalho de BARUFFI et al. (2015) propõe a detecção de incêndios nas rodovias, porém faz uso do componente de GPS mesmo os sensores estando estacionários, desta forma o sistema gera um tráfego de dados pesado e desnecessário. Considerando essa escolha de BARUFFI et al. (2015), na pesquisa atual foi feito uso da identificação de cada sensor por meio de um id (atributo identificador), sendo assim o vínculo de cada id com a localização acontece por meio do software reduzindo consideravelmente o tráfego de dados referente a localização de cada módulo.

Como apresentado no projeto de ALBUQUERQUE, et al.(2020), que também trata a detecção de incêndios a comunicação ocorre por meio de radiofrequência (LoRa, uma tecnologia de rede LPWAN - Low Power Wide Area Network) e portanto é possível entregar uma conexão com maior alcance e sem a dependência de conexão com a internet ou cabos, neste caso é mais vantajoso e menos custoso em áreas de pouca conexão, em contrapartida a velocidade dos dados é limitada e a comunicação ainda pode sofrer com a obstrução de coisas sólidas.

O armazenamento dos dados coletados pode ser feito de diversas maneiras, nesta pesquisa foi utilizado um serviço externo chamado Adafruit, enquanto no trabalho de GONÇALVES (2020) foi desenvolvida uma aplicação com NodeJs, socket.io para informar os dados em um painel e atualizar em tempo real enquanto que no trabalho de BARUFFI foi utilizado um servidor com banco de dados com o mesmo intuito de criar uma interface Web.

## 2. Desenvolvimento do Projeto

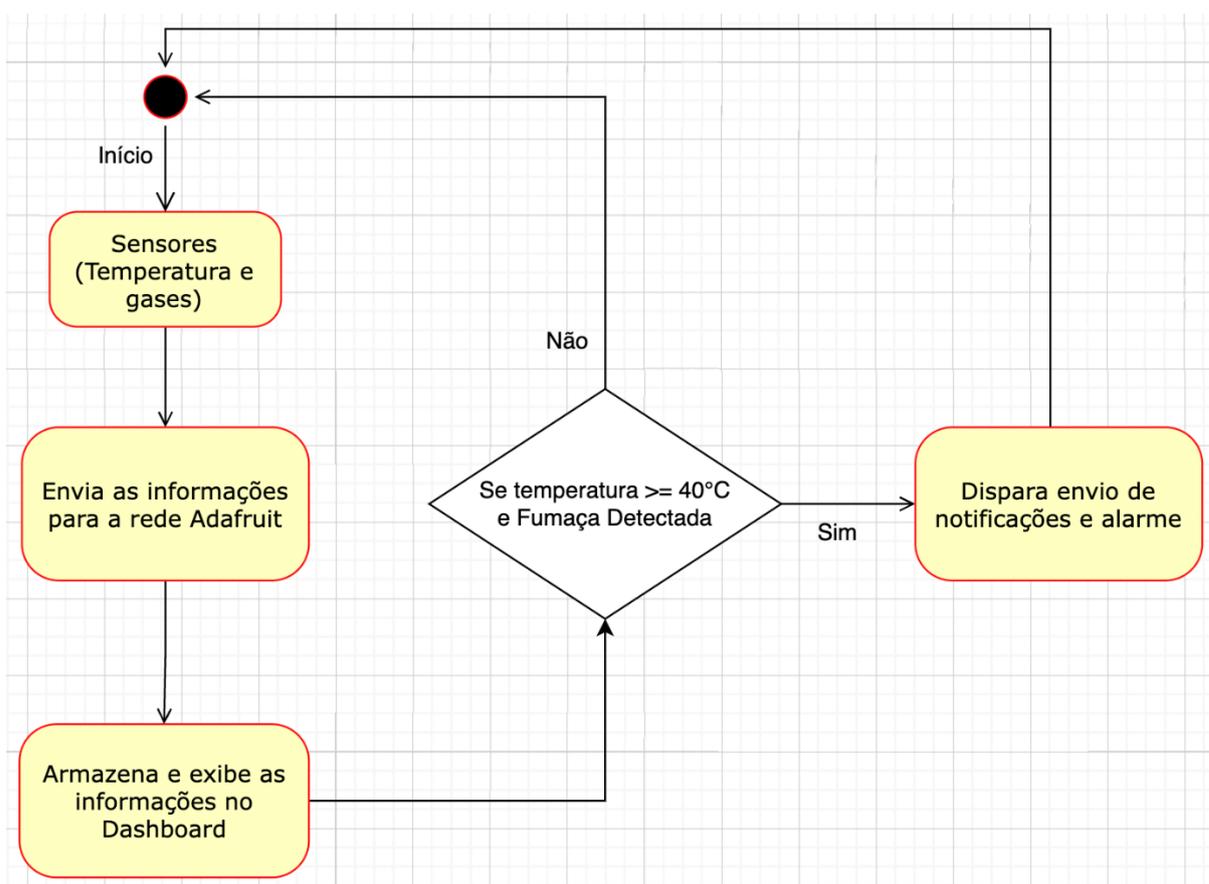
O projeto de sistema IOT para detecção de incêndio e monitoramento, envolve sensores de temperatura e fumaça, microcontroladores, um sistema de alerta e monitoramento das informações (painel Adafruit). A placa Arduino Uno em conjunto com o chip ESP-01 são usados como microcontroladores. O ESP-01, realiza a conexão e o envio dos dados para o painel Adafruit. O Arduino realiza a conexão com os respectivos sensores e se comunica com o ESP-01 a fim de transmitir as

informações, essa comunicação acontece através da porta serial incluída em ambos os dispositivos, para isso utilizamos a biblioteca “SoftwareSerial” e para transferir os dados utilizamos o formato JSON, e neste caso utilizamos a biblioteca ArduinoJson<sup>1</sup>.

Ao detectar temperaturas acima de 40°C, o sistema enviará esta informação como alerta para o usuário, e em caso de detecção de fumaça o alarme será disparado, e o usuário será notificado. A resposta rápida do sistema ajuda o usuário a identificar e agir diante da situação. Em caso de algum incidente, o usuário pode desativar o alarme remotamente pelo painel, ou pelo botão físico.

A Figura 7 apresenta o fluxo do sistema e as possíveis ações.

Figura 7: Diagrama do fluxo



Fonte: elaborado pelo autor

## 2.1 Sistema de detecção de incêndio

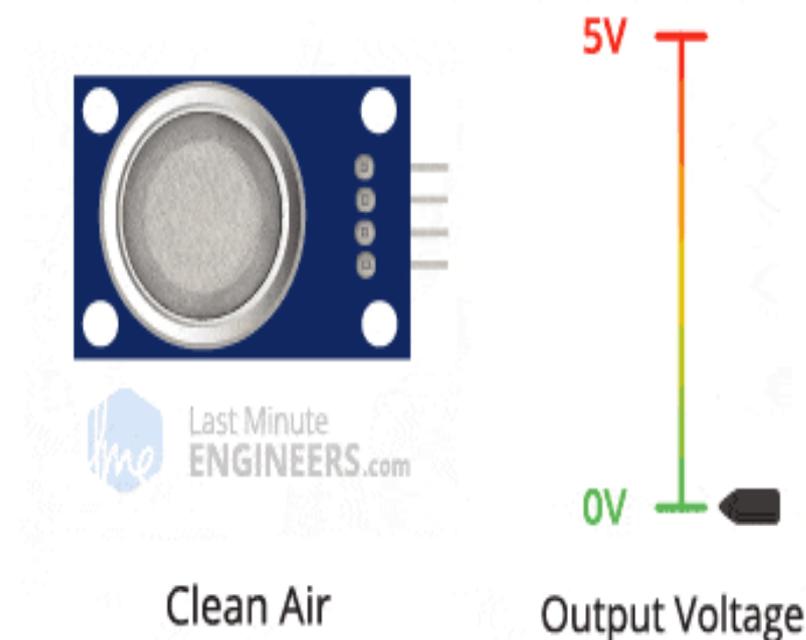
Para fazer a detecção do incêndio foi utilizado um sensor de gases chamado MQ-2 que é um sensor capaz de detectar gases como GLP (Gás liquefeito

<sup>1</sup> ArduinoJson, 2022. Disponível em: <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/arduinojson/>. Acesso em: 12 jun. 2022.

de petróleo), Fumaças, Álcool, Propano, Hidrogênio, Metano e Dióxido de carbono, que detecta e informa a concentração total desses gases em ppm (partes por milhão), na escala de 200 a 10000 no ar. O sinal é informado por meio de uma saída de tensão, que fica em 0v quando não há a detecção de gases e pode ir até 5v quando o ar estiver repleto desses gases, como ilustrado na Figura 9. É possível também regulá-lo alterando sua sensibilidade aos gases por meio de uma chave na parte de trás do módulo como podemos observar na Figura 10, desta forma o dispositivo irá emitir tensões de energia maiores com menos gases sendo detectados. No projeto decidimos utilizar a sensibilidade média do sensor para que o usuário seja avisado com uma precisão confiável.

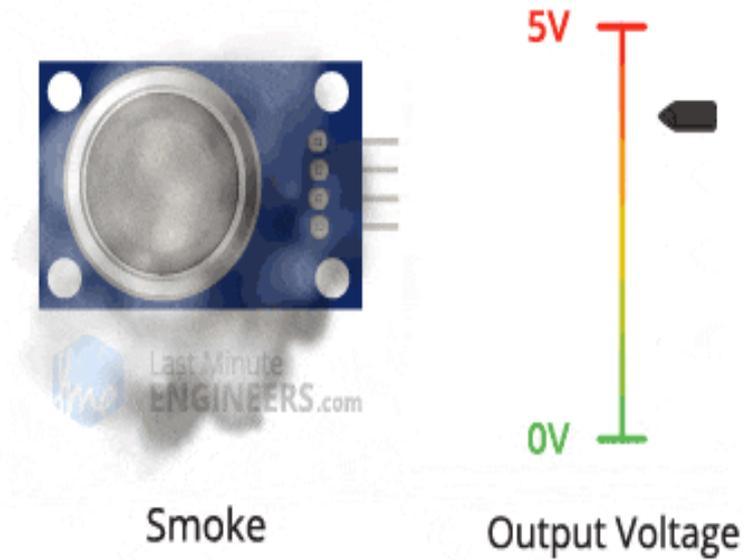
O sensor MQ-2 é utilizado em conjunto com um sensor de temperatura chamado DHT11 ilustrado na Figura 11, que por meio de um detector de umidade e um termistor, consegue medir a temperatura do ar de 0°C (Celsius) até 50°C, com apenas +-2°C de margem de erro e enviar os dados a cada 2 segundos por meio do pino de dados, presente no dispositivo. Para determinar o momento que um incêndio se inicia, os sensores devem apontar uma temperatura maior ou igual a 40°C e mais de 400 ppm de gases no ar.

Figura 8: Módulo MQ-2 emitindo 0V em contato com ar limpo



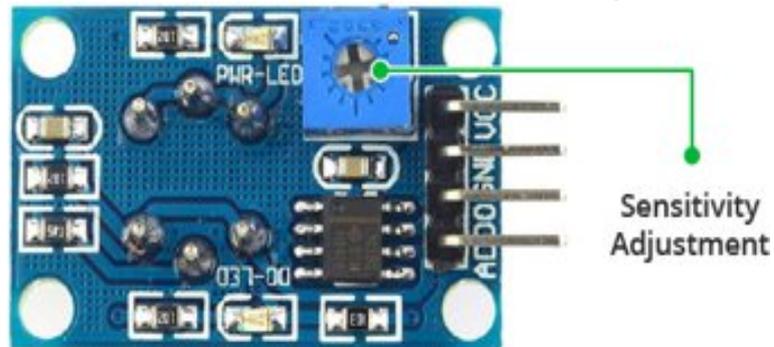
Fonte: Last Minute Engineers

Figura 9: Módulo MQ-2 emitindo algo próximo de 5V em contato com fumaça



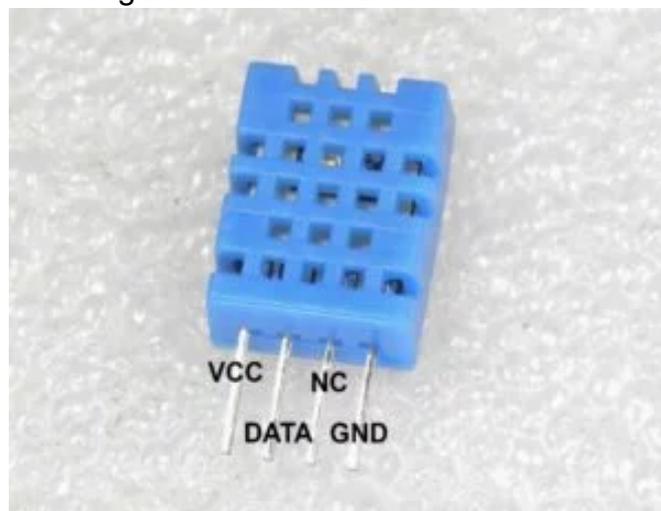
Fonte: Last Minute Engineers

Figura 10: Traseira do módulo MQ-2 com ênfase no ajuste de sensibilidade



Fonte: Last Minute Engineers

Figura 11: Sensor DHT11 – Pinout



Fonte: José Gustavo 2019

## 2.2 Painel de controle

Para monitoração das informações e envio de notificações, utilizamos em conjunto com os microcontroladores a plataforma Adafruit, onde podemos observar os dados, gerar gráficos e controlar o dispositivo remotamente. Através do módulo *Dashboards* podemos incluir diferentes “feeds” para controlar cada variável enviada ou recebida do microcontrolador, que nos resulta em uma interface onde podemos monitorar e controlar as informações em tempo real.

Neste projeto incluímos ao *dashboard* as informações pertinentes ao sistema, deste modo temos os seguintes valores: Concentração de fumaça/gás, temperatura, botão para desativar alarme e por fim, gráficos de linhas que apresentam os valores de temperatura e fumaça de acordo com sua atividade, e de maneira cronológica assim como podemos observar na Figura 12.

Figura 12: Dashboard Adafruit



Fonte: elaborado pelo autor

Para integrar e estabelecer uma comunicação entre esta ferramenta e o sistema, precisamos incluir a chave de usuário da plataforma e as configurações de rede, e a partir disso a biblioteca consegue realizar a comunicação.

Essas chaves são informadas à biblioteca de acordo com a Figura 13.

Figura 13: Dados de conexão com o painel

```
h config.h ×
sketch_ESP > h config.h > ...
1 #define IO_USERNAME "*****"
2 #define IO_KEY "*****"
3
4 #define WIFI_SSID "*****"
5 #define WIFI_PASS "*****"
6
7 #include "AdafruitIO_WiFi.h"
8
9 AdafruitIO_WiFi io(IO_USERNAME, IO_KEY, WIFI_SSID, WIFI_PASS);
```

Fonte: elaborado pelo autor

### 2.3 Monitoramento de incêndio

Após a leitura do sensor de gases os dados são enviados para o painel de controle tornando-as disponíveis para que o usuário monitore as diferentes partes de sua propriedade simultaneamente.

Essa comunicação é feita utilizando a biblioteca “Adafruit IO Arduino” utilizando o módulo ESP-01 para se conectar a internet via WI-FI, o ESP recebe as informações do microcontrolador utilizado(Arduino UNO) por Serial, a conexão entre os dois é feita utilizando o SoftwareSerial, e os dados são enviados entre si utilizando a porta Serial.

Os dados são estruturados em formato JSON utilizando a biblioteca ArduinoJson, depois convertidos para texto e enviados ao ESP por Serial, em seguida o ESP decodifica e converte a informação para JSON novamente utilizando a mesma biblioteca, tornando possível processar os dados enviando-os para a Adafruit.

### 2.4 Notificações de incêndio

Assim que o arduino detectar níveis de gases que podem ser considerados como incêndio através do sensor MQ-2, é enviado uma corrente elétrica ao buzzer que é um componente eletrônico que converte um sinal elétrico em onda sonora, podendo ser desativado por meio de um botão próximo ao mesmo.

Logo após os dados serem armazenados na Adafruit o ESP faz a verificação se o valor dos sensores correspondem a um incêndio, que em caso

positivo o ESP irá emitir uma mensagem para o arduino ligar o alarme e logo em seguida ativar o botão do painel de controle que possibilita desativar o alarme.

No Adafruit temos ações que podem ser disparadas a partir de eventos específicos, para isto criamos uma situação onde caso haja um incêndio detectado, o usuário receberá um e-mail notificando-o.

Como podemos observar na Figura 14, para disparar um envio devemos informar uma variável no campo “If”, também deve se selecionar uma condição no campo “Is”, e desta forma o sistema automaticamente executará uma ação, podendo ser uma mensagem de texto, um e-mail ou até mesmo um webhook para servir sua aplicação.

Figura 14: Configuração da ação

Set up your action

If	Select Action F...		
Is	greater than or equal to	Comparison Value or Feed	Value
Then	email me		
	Select Value F...	value and time.	
Subject	Incêndio detectado no {{feed_name}} , com o valor: {{value}}		
Body	Incêndio detectado no {{feed_name}} , com o valor: {{value}} Temperatura: {{value}}		

Fonte: elaborado pelo autor

## 2.5 Sistema de detecção da desconexão dos módulos

A fim de evitar incidentes envolvendo fuga, roubo, fatalidades dos animais presentes na propriedade, detectamos o rompimento das delimitações, pela desconexão de um módulo, ou seja, iremos detectar sempre que um módulo/sensor for desconectado ao esperarmos respostas constantes de cada módulo sendo assim quando um módulo for desconectado iremos saber qual módulo foi desconectado, sabendo também o local da desconexão na propriedade e informando ao usuário final.

Para obtermos as respostas constantes de cada módulo iremos partir da criação de um objeto (JSON) por parte do arduino relacionando todos os dados e

então enviando-os para o ESP-01. Desta forma podemos monitorar os dados inválidos (situação de rompimento) e enviá-los para o sistema que trata as notificações ao usuário.

## 2.6 Diagrama do hardware

Para implementação do sistema, precisamos de alguns componentes para obter, monitorar e enviar os dados para o usuário, desta forma possuímos as seguintes conexões:

Para os microcontroladores temos o arduino Uno conectado ao ESP-01, através das portas GND -> GND, TX -> RX, CH\_PD e VCC -> 3.3V. A porta TX do arduino, deverá receber uma conversão de tensão de 5V para 3.3V antes de se conectar à porta RX do ESP-01.

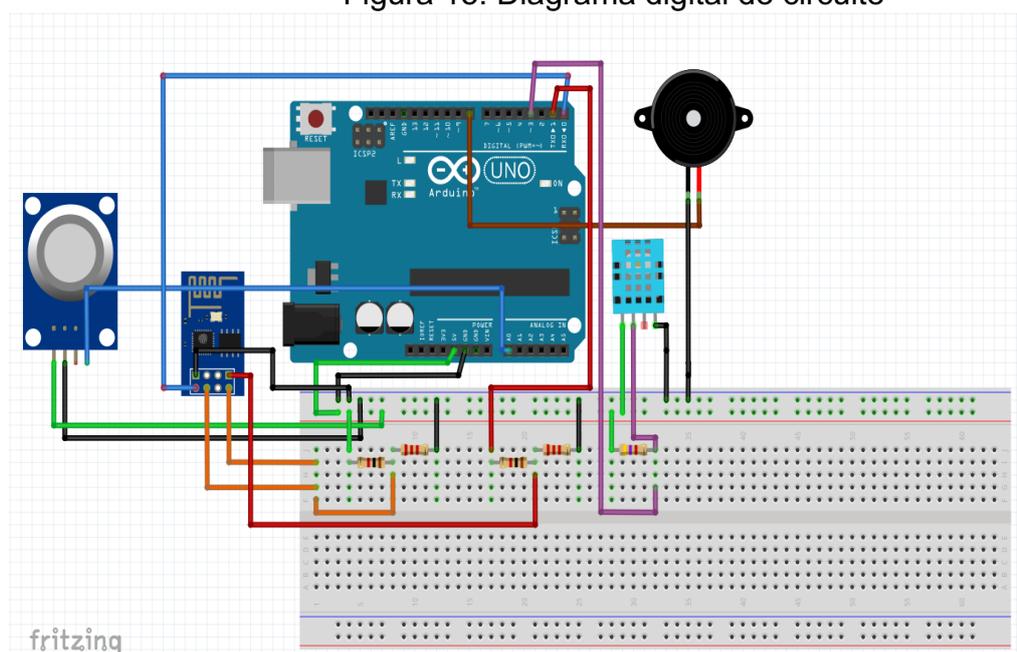
O sensor MQ-2 utiliza as seguintes conexões com o arduino, VCC -> 5V, GND -> GND. Optamos por utilizar as portas analógicas, desta maneira temos a porta A0 -> A0.

O sensor de temperatura é conectado ao arduino através das portas GND -> GND, VCC -> 5V e SIGNAL -> D03.

O alarme buzzer é conectado ao arduino através das portas GND -> GND, POSITIVO -> D08.

Assim podemos observar como ficaram as conexões na Figura 15.

Figura 15: Diagrama digital do circuito



Fonte: elaborado pelo autor

## 2.7 Comunicação entre os microcontroladores

A comunicação entre os microcontroladores é essencial para o funcionamento do projeto, sendo também o ponto de maior ponto de complexidade lógica da aplicação. Para enviar e receber os dados entre os microcontroladores, foi estabelecida uma comunicação via portas serial e para tal utilizamos as bibliotecas ArduinoJson e Software Serial para enviar dados em forma de objeto e estabelecer a comunicação Serial respectivamente.

Nas figuras 16 e 17 podemos observar um exemplo da comunicação desenvolvida entre os dispositivos sendo feito o envio do valor "1" pelo arduino e a verificação do mesmo pelo ESP, sendo exibida pelo arduino demonstrando desta forma que a informação é trafegada entre os microcontroladores.

Figura 16: Código do arduino para comunicação

```
1  #include <SoftwareSerial.h>
2  #include <ArduinoJson.h>
3
4  SoftwareSerial esp(1, 0);
5
6  void setup(){
7      Serial.begin(9600);
8      while (!Serial) continue;
9      esp.begin(2400);
10
11     delay(1000);
12 }
13
14 void loop() {
15     delay(1000);
16
17     // Cria um documento JSON
18     StaticJsonDocument<200> doc;
19     doc["valor"] = 1;
20
21     String output;
22     // Minifica o JSON para envio via serial
23     serializeJson(doc, output);
24     // Envia o documento JSON através da conexão serial
25     Serial.println(output);
26
27     // Escuta a porta Serial e recebe a informação do ESP exibindo-a
28     while(Serial.available()) {
29         serializeJson(doc, Serial);
30
31         Serial.println(Serial.readString());
32     }
33 }
34
```

Fonte: elaborado pelo autor

Figura 17: Código do ESP para comunicação

```
1  #include <SoftwareSerial.h>
2  #include <ArduinoJson.h>
3
4  void setup() {
5      Serial.begin(9600);
6  }
7
8  void loop() {
9      delay(1000);
10
11     while(Serial.available()) {
12         // Lê o documento JSON minificado a partir da comunicação
13         String communicationValue = Serial.readString();
14
15         if (communicationValue.indexOf("{") != -1){
16             StaticJsonDocument<300> doc;
17
18             // Transforma o documento JSON em um objeto utilizável
19             DeserializationError err = deserializeJson(doc, communicationValue);
20             if (err == DeserializationError::Ok) {
21                 int value = doc["valor"];
22                 if(value == 1){
23                     Serial.println("Verificado 1");
24                 } else {
25                     Serial.println("Inválido");
26                 }
27             } else {
28                 // Envia o erro que ocorreu na conversão do JSON para objeto ao arduino
29                 Serial.print("deserializeJson() returned ");
30                 Serial.println(err.c_str());
31             }
32         }
33     }
34 }
35
```

Fonte: elaborado pelo autor

### 3. Considerações Finais

A partir deste projeto, havia o objetivo de entregar um dispositivo IOT, que pudesse trazer mais segurança e controle para para situações de incêndio em áreas rurais, onde se pudesse monitorar, detectar e notificar um momento de risco.

Com base no desenvolvimento do projeto, é possível determinar que este protótipo entrega uma forma de monitorar e notificar a detecção de gases com precisão, devido ao sensor MQ-2, que consegue detectar concentrações de GLP, Fumaça, Álcool, Propano, Hidrogênio, Metano e Monóxido de Carbono desde 200 ppm até 10000 ppm (Partes por milhão), e a mescla com dados de temperatura. Analisando as diferenças regionais de qualidade do ar e presença de gases, o sensor

precisa de uma calibração específica, pois a depender do local encontra-se diferentes valores.

Observando o protótipo físico, encontramos algumas limitações e dificuldades para aplicação, pois a depender da posição que os dispositivos ocupem, os circuitos seriam muito grandes ou estariam expostos. Como neste projeto os itens foram utilizados apenas como objeto de estudo, para que tenhamos um produto eficiente e compacto a utilização de microcontroladores e protoboards menores e preparadas ao uso se faz necessária.

Através da rápida conexão WIFI por parte do microcontrolador ESP01, capaz de enviar e receber dados, a atualização das informações em tempo real, entrega um monitoramento eficaz, todavia a depender do uso é importante entender a viabilidade da entrega de energia e conexão a internet, para que o sistema funcione corretamente.

Como consequência deste projeto, existem implementações, que podem ser agregadas em um momento futuro a fim de dar continuidade a este trabalho, como a comunicação via radiofrequência entre microcontroladores, detecção de outras informações de monitoramento (umidade do ar e velocidade do vento), e o desenvolvimento de um software customizado para atuar como dashboard baseado na necessidade.

## Referências

ALENCAR, A. et al. Uso do fogo na Amazônia: Estudos de caso ao longo do arco de desmatamento. World Bank, unpublished report, 1997.

ALBUQUERQUE, Sílvia et al. Sistema de internet das coisas para detecção de incêndios florestais. In: Anais do XI Workshop de Computação Aplicada à Gestão do Meio Ambiente e Recursos Naturais. SBC, 2020. p. 141-150.

Amazônia tem pior agosto de queimadas dos últimos 12 anos, PEIXOTO, Roberto. Disponível em: <https://g1.globo.com/meio-ambiente/noticia/2022/09/01/amazonia-tem-pior-agosto-de-queimadas-dos-ultimos-12-anos.ghtml>. Acesso em 17 de set. de 2022.

Apostila arduino básico volume 1. VIDA DE SILÍCIO, 2020. Disponível em: <https://portal.vidadesilicio.com.br/wp-content/uploads/2020/04/Arduino-Basico-Vol.1.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2022.

Apresentando o módulo ESP8266. CURVELLO, A. Disponível em: <https://embarcados.com.br/modulo-esp8266/>. Acesso em 17 de set. de 2022.

ATZORI, Luigi; IERA, Antonio; MORABITO, Giacomo. The internet of things: A survey. *Computer networks*, v. 54, n. 15, p. 2787-2805, 2010.

BARUFFI, Bruno et al. SEPIR - SISTEMA ELETRÔNICO DE PREVENÇÃO DE INCÊNDIOS EM RODOVIAS, 2015.

CAVALCANTE, Marisa Almeida; TAVOLARO, Cristiane Rodrigues Caetano; MOLISANI, Elio. Física com Arduino para iniciantes. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 33, n. 4, p. 4503-4503, 2011.

DOS SANTOS, Izaias Batista et al. Internet das coisas (IoT) aplicada ao agronegócio: Projeto e implementação de um gateway de IoT sobre a plataforma Arduino para simplificar a automatização da aquicultura. *Brazilian Journal of Development*, v. 5, n. 11, p. 26631-26653, 2019.

Sensores DHT11 e DHT22: Guia Básico dos Sensores de Umidade e Temperatura. ABREU, José Gustavo. Disponível em: <https://blog.eletrogate.com/sensores-dht11-dht22/>. Acesso em 24 de set. de 2022.

Em apenas 3 dias, Amazônia registra metade de queimadas de setembro de 2021. MADEIRO, Carlos. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/colunas/carlos-madeiro/2022/09/04/em-apenas-3-dias-amazonia-registra-metade-de-queimadas-de-setembro-de-2021.html>. Acesso em 17 de set. de 2022.

GONÇALVES, L. S. Sistema de Sensoriamento Sem Fio Aplicável a Detecção de Índícios de Incêndios Florestais, 2020.

Gravando Programas no ESP-01 com o Adaptador USB. Gustavo Nery. Disponível em: <https://blog.eletrogate.com/gravando-programas-no-esp-01-com-o-adaptador-usb/>. Acesso em 17 de set. de 2022.

IEEE STANDARDS COORDINATING COMMITTEE et al. IEEE standard glossary of software engineering terminology (IEEE Std 610.12-1990). Los Alamitos. CA: IEEE Computer Society, v. 169, p. 132, 1990.

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.

MESQUITA, Antônio Gilson Gomes et al. Impactos das queimadas sobre o ambiente e a biodiversidade acreana. *Revista Ramal de Ideias*, v. 1, n. 1, p. 2008-2009, 2008.

O que é arduino e como funciona. VIDA DE SILÍCIO, 2021. Disponível em: <https://portal.vidadesilicio.com.br/o-que-e-arduino-e-como-funciona>. Acesso em: 12 abr. 2022.

PEÑA-LÓPEZ, Ismael et al. ITU Internet report 2005: the internet of things. 2005.

PIB do agronegócio brasileiro. CEPEA, 2022. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso em: 12 abr. 2022.

SEIXAS, M. A.; CONTINI, E. Internet das coisas (IoT): inovação para o agronegócio. Área de Informação da Sede-Nota Técnica/Nota Científica (ALICE), 2017.

SEROA-DA-MOTTA, Ronaldo et al. O custo econômico do fogo na Amazônia. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2002.

SILVA, Bruno et al. Segurança de software em sistemas embarcados: Ataques & defesas. Minicursos do XIII Simpósio Brasileiro em Segurança da Informação e de Sistemas Computacionais–SBSeg, v. 2013, p. 101-155, 2013.

TOMAS, Walfrido Moraes et al. Distance sampling surveys reveal 17 million vertebrates directly killed by the 2020's wildfires in the Pantanal, Brazil. Scientific reports, v. 11, n. 1, p. 1-8, 2021.

TURLEY, James L.; TURLEY, Jim. The essential guide to semiconductors. Prentice Hall Professional, 2003.

VAN KRANENBURG, Rob. The Internet of Things: A critique of ambient technology and the all-seeing network of RFID. Institute of Network Cultures, 2008.