

**ESCOLTA TÉCNICA ESTADUAL ARIANO VILAR SUASSUNA**

**AEDESTRAP 4.0**

**Uso da internet das coisas e automação para monitoramento de vetores de arboviroses**

**Garanhuns, PE**

**2024**



João Lucas Medeiros da Mota  
Pedro Samuel de Lima Zacarias

Nome do Orientador: Prof. Me. Jefferson Silva Costa

### **AEDESTRAP 4.0**

**Uso da internet das coisas e automação para monitoramento de vetores de arboviroses**

Relatório apresentado à 8ª FEMIC - Feira  
Mineira de Iniciação Científica.

Orientação do Prof. Me. Jefferson Silva Costa

**Garanhuns, PE**

**2024**



## RESUMO

O projeto AedesTrap 4.0 foi desenvolvido em resposta a crescente necessidade de controle do *Aedes aegypti*, vetor de doenças como Dengue, Zika e Chikungunya. O processo de monitoramento de focos de proliferação do mosquito é uma das tradicionais estratégias profiláticas, pois oportuniza compreender a dinâmica do artrópode. Porém, o acompanhamento manual dos focos mostra-se oneroso em função do número de agentes de saúde disponíveis para realizar o processo, sendo necessário pensar em alternativas. Com avanços na inteligência artificial e visão computacional, mostrou-se possível utilizar tecnologias de detecção de vetores de doenças por meio de sensores e detecção de imagem, juntamente com algoritmos de aprendizado de máquina e Internet das Coisas para automatizar o processo de monitoramento e detecção desses vetores. Tão logo, objetivo dessa pesquisa foi: automatizar o monitoramento de *A. aegypti*, com a construção da armadilha AedesTrap 4.0, resultando na rápida identificação de focos de proliferação. A construção ocorreu a partir da armadilha desenvolvida e patenteada (PAT. REQ. 011574) pelo brasileiro Antônio C. G. Pereira, acoplando uma placa de Arduino com ESP-32 CAM, para captura de imagens, e um dispositivo sensor. As fotos foram processadas pelo algoritmo e armazenadas em um cartão de memória SD, com identificação em dispositivo mobile com banco de imagens para reconhecimento automatizado. Os resultados sinalizaram eficiência do processo de identificação, sendo construídas 10 armadilhas automatizadas que foram espalhadas nos arredores da escola. O monitoramento automatizado possibilitou acompanhar a presença do mosquito *A. aegypti* em 7 dessas armadilhas. Além disso, o desenvolvimento de um aplicativo mobile oportunizou acompanhar em tempo real os maiores focos de proliferação, possibilitando a tomada de medidas preventivas.

**Palavras-chave:** *Aedes aegypti*, inteligência artificial, IoT, automação.



## SUMÁRIO

|                                                   |           |
|---------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                         | <b>5</b>  |
| <b>2 JUSTIFICATIVA .....</b>                      | <b>6</b>  |
| <b>3 OBJETIVO GERAL .....</b>                     | <b>7</b>  |
| <b>4 METODOLOGIA .....</b>                        | <b>8</b>  |
| <b>5 RESULTADOS OBTIDOS .....</b>                 | <b>9</b>  |
| <b>6 CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b> | <b>10</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                          | <b>11</b> |



## 1 INTRODUÇÃO

O *Aedes aegypti*, mosquito transmissor de doenças como dengue, Zika e Chikungunya, representa um dos principais desafios para a saúde pública global. Nos últimos anos, a proliferação desse vetor tem sido tema central em políticas de controle de doenças tropicais, com destaque para os surtos epidêmicos em países da América Latina, África e Sudeste Asiático. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), o controle eficaz do *Aedes aegypti* é uma estratégia crucial para reduzir a disseminação dessas doenças, que afetam milhões de pessoas anualmente (WHO, 2021).

Diversas abordagens têm sido desenvolvidas ao longo das últimas décadas para combater a proliferação desse vetor, incluindo o uso de inseticidas, controle biológico e campanhas de conscientização pública. No entanto, muitos desses métodos enfrentam limitações, como a resistência dos mosquitos aos produtos químicos e a dificuldade de implementar monitoramento contínuo e em grande escala. Nesse contexto, a aplicação de tecnologias de automação e Internet das Coisas (IoT) para o monitoramento de vetores tem ganhado destaque como uma alternativa promissora para tornar o combate mais eficiente e preciso (Zhao et al., 2021).

O projeto AedesTrap 4.0 se insere nesse cenário, propondo o uso de câmeras ESP32-CAM integradas ao sistema Arduino para monitorar e identificar, de maneira automatizada, mosquitos da espécie *Aedes aegypti* em armadilhas específicas. A tecnologia permite a captura de imagens em tempo real, que são processadas para reconhecer as características visuais dos mosquitos, como o padrão de manchas brancas em seu corpo. A aplicação de IoT e técnicas de reconhecimento de imagem neste contexto busca superar as dificuldades dos métodos tradicionais de monitoramento, oferecendo uma solução automatizada, acessível e de baixo custo.

A adoção de sistemas tecnológicos de monitoramento vetorial tem se mostrado eficaz em estudos recentes. Por exemplo, Romero et al. (2020) demonstraram o uso de câmeras automáticas associadas a técnicas de inteligência artificial para a identificação de mosquitos em tempo real, com alta precisão na distinção de espécies. Já Sakamoto et al.



(2020) destacaram que o uso de tecnologias IoT no controle de vetores oferece dados que podem ser utilizados para mapear a presença de mosquitos em áreas de risco, possibilitando intervenções mais rápidas e direcionadas.

Além de facilitar o monitoramento contínuo da presença de mosquitos, o AedesTrap 4.0 oferece potencial para integrar os dados coletados com políticas públicas de controle de vetores, permitindo a adoção de estratégias de combate mais eficazes. Ao fornecer informações em tempo real sobre a densidade populacional do *Aedes aegypti* em regiões específicas, a tecnologia pode auxiliar autoridades de saúde a antecipar surtos e a otimizar a distribuição de recursos para o controle de epidemias, algo que ainda representa um grande desafio para a saúde pública mundial (Cardoso et al., 2018).

Portanto, o projeto AedesTrap 4.0 visa não apenas contribuir com a inovação tecnológica no campo da saúde pública, mas também fortalecer as políticas de prevenção e combate às doenças transmitidas pelo *Aedes aegypti*, fornecendo uma ferramenta robusta para o monitoramento vetorial e, consequentemente, para a proteção da população.



## 2 JUSTIFICATIVA

O projeto AedesTrap 4.0 surge em um contexto de urgência global para o controle da proliferação do *Aedes aegypti*, mosquito que é o vetor de doenças graves como a dengue, Zika e Chikungunya. Nos últimos anos, esses surtos de doenças transmitidas por mosquitos têm sido amplamente noticiados nos meios de comunicação, reforçando a necessidade de soluções tecnológicas que possam contribuir para a saúde pública. O controle de vetores, especialmente do *Aedes aegypti*, tornou-se uma prioridade nas agendas de saúde de diversos países, particularmente em regiões tropicais e subtropicais, onde as condições climáticas favorecem a reprodução do mosquito.

Diversos estudos e projetos já foram desenvolvidos no sentido de monitorar e combater a proliferação desse mosquito. Entre as abordagens mais comuns, destacam-se o uso de armadilhas para captura, técnicas de controle biológico, uso de inseticidas e campanhas educativas. No entanto, muitas dessas estratégias têm enfrentado desafios relacionados à sustentabilidade e eficácia a longo prazo. A resistência dos mosquitos aos inseticidas e as dificuldades de monitoramento contínuo e em grande escala são pontos críticos. Nesse cenário, a proposta do AedesTrap 4.0 se destaca por integrar a tecnologia de captura automatizada com a capacidade de identificar, em tempo real, a presença de mosquitos *Aedes aegypti*, utilizando câmeras controladas por placas Arduino.

Segundo as diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS), o monitoramento de mosquitos vetores é uma estratégia central para reduzir a incidência de doenças relacionadas a esses insetos, como descrito em seus relatórios sobre controle de vetores (WHO, 2021). Contudo, a eficácia dessas ações depende de dados precisos e atualizados sobre a população de mosquitos em áreas específicas, algo que, tradicionalmente, exige grande esforço humano e recursos financeiros. A tecnologia baseada em Internet das Coisas (IoT) e inteligência artificial aplicada ao controle de vetores tem sido apontada como um caminho promissor para enfrentar esses desafios (Sakamoto et al., 2020).

Entre as soluções tecnológicas já desenvolvidas, o uso de câmeras de monitoramento é uma inovação que se aproxima do que está sendo proposto no projeto AedesTrap 4.0. Autores como González et al. (2019) e Romero et al. (2020), por exemplo,



exploraram o uso de sensores para identificar a presença de insetos em determinadas regiões, embora suas soluções ainda não fossem completamente automatizadas ou focadas exclusivamente na identificação do *Aedes aegypti*. Estes trabalhos servem de referência para a equipe do projeto, indicando que a aplicação de tecnologias digitais no campo da saúde pública tem o potencial de aumentar significativamente a capacidade de monitoramento ambiental e, conseqüentemente, de controle de vetores.

Uma característica diferenciada do AedesTrap 4.0 é o uso de câmeras ESP32-CAM, que, além de terem baixo custo, são facilmente integradas a um sistema Arduino, permitindo a coleta de imagens de alta precisão. A capacidade de modificar essas câmeras para otimizar a identificação do *Aedes aegypti*, com base em parâmetros visuais como o padrão de manchas brancas no corpo do mosquito, oferece uma alternativa eficiente e escalável aos métodos tradicionais de monitoramento manual. Essa abordagem responde a uma lacuna frequentemente destacada em estudos sobre controle de vetores: a necessidade de métodos que sejam economicamente viáveis, automatizados e acessíveis para implementação em larga escala (Zhao et al., 2021).

Além disso, o uso de tecnologias de monitoramento digital pode fornecer dados valiosos para as políticas públicas de saúde, auxiliando autoridades no desenvolvimento de estratégias de combate às doenças transmitidas por mosquitos de maneira mais eficiente. Como destacado por Cardoso et al. (2018), a coleta e análise de dados em tempo real podem melhorar a alocação de recursos e permitir a adoção de medidas preventivas com maior precisão.

Em resumo, o projeto AedesTrap 4.0 é justificado pela necessidade de desenvolver soluções tecnológicas inovadoras que possam contribuir para o combate ao *Aedes aegypti* e, conseqüentemente, para a redução das doenças por ele transmitidas. Ao utilizar câmeras automáticas e técnicas avançadas de processamento de imagens, o projeto oferece uma nova abordagem para o monitoramento do vetor, complementando as estratégias já existentes com uma solução que combina acessibilidade, precisão e inovação tecnológica.



### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo geral

Desenvolver uma armadilha para monitoramento automatizado utilizando inteligência artificial e IoT para identificar focos de proliferação do mosquito *Aedes aegypti*.

#### 3.2 Objetivos específicos

1. Desenvolver um sistema de captura de imagem com câmeras controladas por Arduino que consiga registrar a presença do mosquito *Aedes* em tempo real nas armadilhas.
2. Treinar o modelo de inteligência artificial utilizando técnicas de machine learning para criar um modelo capaz de identificar com precisão a espécie *Aedes* a partir das imagens capturadas.
3. Implementar um sistema de análise de dados, desenvolvendo um software que analise as imagens e forneça relatórios sobre a frequência e a densidade populacional dos mosquitos.
4. Estabelecer protocolos de monitoramento, com diretrizes para a instalação e manutenção da AedesTrap 4.0 em diferentes locais, garantindo a eficácia da coleta de dados.



## 4 METODOLOGIA

O desenvolvimento da AedesTrap 4.0 passou por várias etapas, desde a ideia inicial até a construção das armadilhas. A metodologia aplicada seguiu as seguintes etapas:

A primeira fase consistiu na pesquisa e análise de tecnologias já existentes. Foi analisada uma armadilha já patenteada, elaborada pelo brasileiro Antônio C. G. Pereira (PAT.REC.011574), e estudadas tecnologias de inteligência artificial e internet das coisas (IoT), que foram integradas às armadilhas.

Na segunda etapa, foram integrados os componentes eletrônicos. Um Arduino foi equipado para ser o controlador principal da armadilha, responsável por gerenciar os sensores e as câmeras. A ESP32-CAM foi selecionada para a captura de imagens do *Aedes aegypti*, e sensores ultrassônicos foram instalados para detectar a aproximação dos mosquitos.

**Figura 1 – Imagem da câmera**



ESP32-CAM

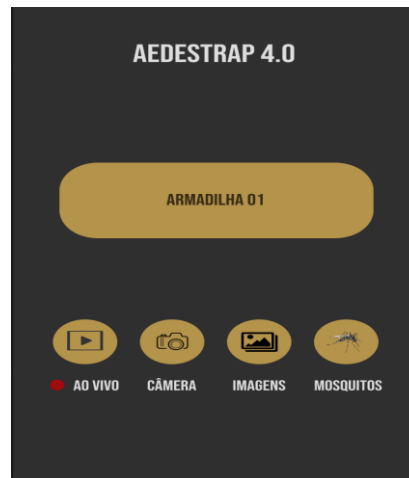
Fonte: [www.casadarobotica.com](http://www.casadarobotica.com)

A terceira etapa envolveu a montagem da armadilha. A construção da AedesTrap 4.0 foi realizada conectando a ESP32-CAM e os sensores ao Arduino. O código foi programado e enviado para a câmera, para a captura das imagens e a ativação dos sensores, permitindo que as imagens fossem enviadas a um cartão de memória SD.



Na quarta etapa, foi criado um aplicativo no Thunkable para visualizar as imagens capturadas e a quantidade de mosquitos *Aedes aegypti* detectados.

**Figura 2 – Tela do aplicativo (protótipo desenvolvido no Figma).**



A quinta etapa consistiu na criação de uma inteligência artificial (IA) para analisar as imagens capturadas pela ESP32-CAM. A IA foi treinada com uma grande base de dados com imagens de vários mosquitos, para identificar se o mosquito na imagem era do tipo *Aedes aegypti* ou não.

Na sexta fase, os dados foram monitorados e coletados. As armadilhas registraram a presença do *Aedes aegypti*, permitindo a análise dos focos de proliferação.



## 5 RESULTADOS OBTIDOS

O projeto AedesTrap 4.0 alcançou ótimos resultados, melhorando o monitoramento do mosquito *Aedes aegypti* e proporcionando uma solução eficaz para combater o foco de proliferação. Foram construídas 10 armadilhas, instaladas em locais com um alto foco de proliferação, 7 delas registraram a presença do mosquito.

A captura da imagem é de forma automatizada utilizando sensores que acionam a ESP32-CAM. As imagens capturadas são enviadas para uma inteligência artificial, responsável pela identificação do *Aedes aegypti*. A integração das câmeras com os sensores possibilitou um monitoramento mais eficaz, permitindo a captura de imagens relevantes em quase todas as armadilhas.

**Figura 3 – Parte do código de teste das câmeras (desenvolvido no Arduino IDE)**

```
CameraWebServer.ino  app_httpd.cpp  camera_index.h  camera_pins.h  ci.json
42  void startCameraServer();
43  void setupLedFlash(int pin);
44
45  void setup() {
46      Serial.begin(115200);
47      Serial.setDebugOutput(true);
48      Serial.println();
49
50      camera_config_t config;
51      config.ledc_channel = LEDC_CHANNEL_0;
52      config.ledc_timer = LEDC_TIMER_0;
53      config.pin_d0 = Y2_GPIO_NUM;
54      config.pin_d1 = Y3_GPIO_NUM;
55      config.pin_d2 = Y4_GPIO_NUM;
56      config.pin_d3 = Y5_GPIO_NUM;
57      config.pin_d4 = Y6_GPIO_NUM;
58      config.pin_d5 = Y7_GPIO_NUM;
59      config.pin_d6 = Y8_GPIO_NUM;
60      config.pin_d7 = Y9_GPIO_NUM;
61      config.pin_xclk = XCLK_GPIO_NUM;
62      config.pin_pclk = PCLK_GPIO_NUM;
63      config.pin_vsync = VSYNC_GPIO_NUM;
64      config.pin_href = HREF_GPIO_NUM;
65      config.pin_sccb_sda = SIOD_GPIO_NUM;
66      config.pin_sccb_scl = SIOC_GPIO_NUM;
67      config.pin_pwdn = PWDN_GPIO_NUM;
68      config.pin_reset = RESET_GPIO_NUM;
69      config.xclk_freq_hz = 20000000;
70      config.frame_size = FRAMESIZE_UXGA;
71      config.pixel_format = PIXFORMAT_JPEG; // for streaming
72      //config.pixel_format = PIXFORMAT_RGB565; // for face detection/recognition
73      config.grab_mode = CAMERA_GRAB_WHEN_EMPTY;
74      config.fb_location = CAMERA_FB_IN_PSRAM;
75      config.jpeg_quality = 12;
76      config.fb_count = 1;
77
78      // if PSRAM IC present, init with UXGA resolution and higher JPEG quality
79      // for larger pre-allocated frame buffer.
80      if (config.pixel_format == PIXFORMAT_JPEG) {
```

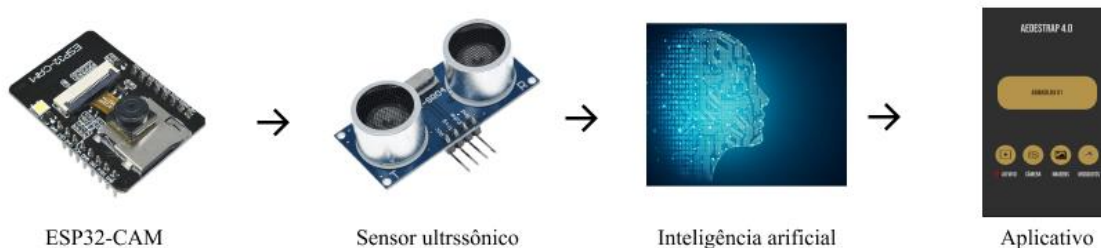


A identificação dos mosquitos realizada pela inteligência artificial, analisou as imagens e comparou com uma base de dados repleta de imagens de vários mosquitos para chegar ao resultado. A IA conseguiu distinguir com sucesso o mosquito *Aedes aegypti* dos demais, comprovando a eficiência do algoritmo e mostrando a importância da aplicação desse tipo de tecnologia no contexto do monitoramento automatizado.

Além do mais, a criação de um aplicativo pelo Thunkable permitiu o monitoramento em tempo real. Por meio do aplicativo é possível visualizar a quantidade e se o tipo do mosquito é *Aedes aegypti*. O aplicativo mostrou ser útil para o monitoramento remoto, dando uma visão detalhada.

Outro ponto a ser falado é em relação a parte energética da armadilha. Por meio de uma placa fotovoltaica, uma bateria e um módulo UPS carregador, instalados em algumas armadilhas, é possível o funcionamento do sistema de forma autônoma durante todo o processo. Esse sistema eliminou a necessidade de uma conexão a uma tomada, deixando todo o processo mais independente.

**Figura 2 – Diagrama do sistema de monitoramento (desenvolvido no Figma).**





## 6 CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto alcançou com sucesso o objetivo geral de desenvolvimento de uma solução inovadora para o monitoramento do mosquito *Aedes aegypti*. Por meio das câmeras ESP32-CAM integradas as armadilhas, foi possível a captura de imagens dos mosquitos em tempo real e a identificação da espécie por meio de um sistema automatizado, ajudando no controle dos focos de proliferação.

O sistema de captura de imagens foi um sucesso. Por meio dele foi possível o registro de várias imagens de modo contínuo. Além do mais, as fontes fotovoltaicas junto as baterias possibilitaram uma autonomia energética nas armadilhas.

No processo de criação e treinamento da inteligência artificial, foram utilizadas técnicas de machine learning, que foram aplicadas com êxito. A IA mostrou ter uma alta precisão em relação a identificação dos mosquitos *Aedes aegypti*, mostrando resultados positivos nos testes feitos.

O sistema de análise das imagens capturadas foi integrado a um aplicativo, possibilitando um acompanhamento em tempo real dos dados coletados. Com uma interface simples e intuitiva, o aplicativo atingiu o seu objetivo com sucesso.

Para a instalação das armadilhas foram analisadas diversas áreas com possíveis focos de proliferação, o que garantiu que as armadilhas fossem distribuídas de maneira estratégica, aumentando consideravelmente o número de dados coletados.

Por fim, o sistema teve alguns ajustes e passou por otimizações com base no feedback dos usuários e da própria equipe do projeto, garantindo melhorias na identificação e no monitoramento dos focos de proliferação.



## REFERÊNCIAS

CARDOSO, L. S., et al. Tecnologias digitais aplicadas à saúde pública: desafios e perspectivas. *Revista Brasileira de Saúde*, v. 12, n. 3, p. 45-56, 2018.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). *Global strategy for dengue prevention and control*. Geneva: WHO, 2021.

ROMERO, M. A., et al. Real-time mosquito monitoring system using digital cameras and artificial intelligence. *International Journal of Mosquito Research*, v. 7, n. 2, p. 78-85, 2020.

SAKAMOTO, T., et al. Internet of Things in Public Health: How IoT can assist vector control strategies. *Journal of Health Informatics*, v. 15, n. 1, p. 89-96, 2020.

ZHAO, X., et al. Automated vector surveillance using IoT-based technologies: Potential and challenges. *Entomological Science*, v. 24, n. 3, p. 301-309, 2021.