



**TITLE:** ENGAJANDO JOVENS CIENTISTAS NO MONITORAMENTO DE ARBOVIROSES: CIÊNCIA CIDADÃ E O PROGRAMA GLOBE EM PINHEIRO, MARANHÃO, BRASIL

**ENGAGING YOUNG SCIENTISTS IN ARBOVIRUS MONITORING: CITIZEN SCIENCE AND THE GLOBE PROGRAM IN PINHEIRO, MARANHÃO, BRAZIL**

**Research team:** Maria Geovanna Moura da Silva<sup>1</sup>, Millena Ferraz Macena<sup>1</sup>, Kauã C. Santos Braga<sup>1</sup>, Yure Sales de Brito<sup>1</sup>, Vitor Rogério Sarges<sup>2</sup>, Marlyson Costa Viegas<sup>2</sup>, José Ribamar Soares Pereira<sup>2</sup>, Igor Roberlando Alves dos Santos<sup>3</sup>, Esther Caroline Ribeiro Pinheiro<sup>3</sup>, Emanuelle Cristina Ribeiro Almeida<sup>3</sup>, Suéllem dos Remédios Pinheiro<sup>3</sup>, Luane Gabrielle Ramalho Queiroz<sup>3</sup>, Wildysson Borel Barros<sup>3</sup>, Ryan Furtado Silva<sup>3</sup>, Kedma Marques da Costa<sup>3</sup>, Ithallo Ribeiro Ferreira<sup>3</sup>, João Victor Boas Dias<sup>3</sup>, Lucas Eduardo Marinho Mendes<sup>3</sup>, Aline Bessa Veloso<sup>4</sup>, Joel Artur Rodrigues Dias<sup>5</sup>, Adilson Matheus Borges Machado<sup>5</sup>, Mikele Candida Sousa de Sant'Anna<sup>5</sup>, Roure Santos Ribeiro<sup>5</sup>, Hilton Costa Louzeiro<sup>5</sup>, Yllana Ferreira Marinho<sup>5</sup>

1 – Estudantes do Ensino Básico, Unidade Mais Integral Instituto de Educação de Pinheiro (IEP), Pinheiro, Maranhão, Brasil.;

2 – Professores, Unidade Mais Integral Instituto Educacional de Pinheiro (IEP), Pinheiro, Maranhão, Brasil.;

3 – Estudantes de graduação em Engenharia de pesca, Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Maranhão, Brasil.;

4 – Coordenadora de Desenvolvimento de Competências e Tecnologia, Agência Espacial Brasileira (AEB), Brasil.;

5 – Professores, Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Maranhão, Brasil.;

**Estudantes ensino fundamental:** Maria Geovanna Moura da Silva<sup>1</sup>, Millena Ferraz Macena<sup>1</sup>, Kauã C. Santos Braga<sup>1</sup>, Yure Sales de Brito

**Consentimento dos Pais:** Sim

**Escola:** Unidade Mais Integral Instituto de Educação de Pinheiro (IEP).

**Professores:** Vitor Rogério Sarges<sup>2</sup>, Marlyson Costa Viegas<sup>2</sup> e José Ribamar Soares Pereira<sup>2</sup>

**Data:** 25/02/2025



## ABSTRACT

Climate change has intensified the incidence of arboviruses such as dengue, chikungunya, and Zika by promoting the proliferation of mosquito vectors. In this context, citizen science stands out as an innovative tool for monitoring and controlling these diseases, fostering community engagement in epidemiological surveillance. This study aimed to involve elementary school students in mosquito monitoring in Pinheiro-MA, using the GLOBE Program as a pedagogical and investigative tool. The research adopted a qualitative-quantitative approach and engaged 60 eighth-grade students from the Instituto de Educação de Pinheiro (IEP) in practical activities, including the use of the GLOBE Observer app, the creation and monitoring of traps, larva identification, an educational quiz, and the dissemination of GLOBE activities to the entire school community. Over 90 days of monitoring, 30% of the traps contained larvae, with a predominance of *Culex* sp. (90%) and *Aedes aegypti* (10%). The results highlight the influence of environmental conditions on vector reproduction and reinforce the importance of citizen science in arbovirus surveillance. The experience promoted awareness of preventive practices and demonstrated that active environmental education can strengthen student engagement in public health and epidemiological monitoring.

**Keywords:** Mosquito Habitat Mapper, Clouds, *Aedes aegypti*



## 1. Research question and hypothesis

**Question:** Como a implementação do Programa GLOBE em uma escola de ensino fundamental pode engajar estudantes no monitoramento de arboviroses e contribuir para a ciência cidadã em Pinheiro-MA?

**Hypothesis:** A implementação do Programa GLOBE em uma escola de ensino fundamental promove o engajamento dos estudantes no monitoramento de arboviroses, ampliando sua compreensão sobre a relação entre mudanças climáticas e a proliferação de mosquitos, além de contribuir para a ciência cidadã por meio da coleta de dados ambientais.

## 2. Introduction

As mudanças climáticas resultam de alterações no balanço energético da Terra, impulsionadas principalmente por atividades humanas que aumentam a concentração de gases de efeito estufa (Bolan et al., 2024). Esse fenômeno intensifica eventos extremos, como secas prolongadas, chuvas intensas e elevação do nível do mar, impactando ecossistemas, economia e saúde global (Bolan et al., 2024; Sant'Anna et al., 2025). O aquecimento progressivo do planeta amplifica a frequência e a severidade de ondas de calor, incêndios florestais e variações no regime de precipitação, tornando os impactos climáticos cada vez mais imprevisíveis (Cartwright, 2024). Projeções indicam um aumento médio de temperatura entre 1,0°C e 4,5°C até 2100, colocando a humanidade diante de desafios ambientais severos e da necessidade urgente de mitigar suas consequências (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023).

As mudanças climáticas têm implicações diretas para a saúde, especialmente no aumento de surtos de doenças, incluindo aquelas transmitidas por vetores, como os mosquitos (Lamy et al., 2023; Mora et al., 2022; Sant'Anna et al., 2025). Fatores como aumento da temperatura, urbanização desordenada, desmatamento, desastres naturais, saneamento precário e umidade favorecem a reprodução de vetores e patógenos, além de expandir seus habitats para novas áreas antes não afetadas (Filho et al., 2019; Ammar et al., 2025). Entre essas doenças, os arbovírus representam uma grande preocupação para a saúde pública devido à sua alta morbidade e mortalidade.

Atualmente, as doenças transmitidas por vetores são responsáveis por cerca de 700.000 mortes anuais, compondo uma parcela significativa da carga global de enfermidades (WHO, 2017). Enquanto doenças como malária (*Anopheles* sp.) e filariose (*Culex* sp.) estão sob controle, arboviroses como dengue, chikungunya e Zika, transmitidas por *Aedes aegypti* e



*Aedes albopictus*, seguem em ascensão (Daudt-lemos et al., 2025; Paixão et al., 2018). Em 2024, a febre de Oropouche, causada por um arbovírus transmitido pelo *Culicoides paraensis*, surgiu como uma nova ameaça no cenário arboviral (Daudt-lemos et al., 2025).

No Brasil, a dengue tem avançado para regiões antes pouco afetadas, como áreas do sul, regiões de maior altitude e partes remotas da Amazônia, impulsionada por mudanças ambientais e urbanização (Lessa et al., 2023; Daudt-lemos et al., 2025). No Maranhão, estado pertencente à Amazônia Legal, a doença é endêmica, com surtos frequentes e alta incidência em determinadas áreas (Pereira et al., 2024). A proliferação dos mosquitos vetores, associada a condições socioeconômicas precárias e à falta de saneamento básico, reforça a necessidade urgente de intensificar medidas de prevenção e controle. Nesse contexto, estratégias inovadoras de monitoramento e combate à dengue tornam-se essenciais, especialmente aquelas que incentivam a participação ativa da comunidade na vigilância e controle do vetor.

A ciência cidadã tem se consolidado como uma ferramenta essencial para aproximar a população da produção científica e fortalecer a vigilância ambiental e epidemiológica. Ao envolver ativamente os cidadãos na coleta e análise de dados, essa abordagem amplia a transparência, a confiança na ciência e a geração de informações mais abrangentes e contextualizadas (Freschi et al., 2024). Projetos de monitoramento, como os voltados à vigilância de mosquitos vetores, demonstram seu potencial para enfrentar desafios de saúde pública, permitindo a identificação de focos, o mapeamento da distribuição de espécies e a implementação de estratégias preventivas (Low et al., 2022).

O Programa GLOBE (Global Learning and Observations to Benefit the Environment) é uma iniciativa internacional, lançada em 1995 e financiada pela NASA, que promove a educação científica por meio da coleta de dados ambientais realizada por estudantes e educadores (GLOBE, 2019). Dentro dessa iniciativa, a ferramenta GLOBE Mosquito Habitat Mapper, disponível gratuitamente para smartphones, permite o monitoramento de mosquitos vetores, como *Aedes aegypti* (GLOBE, 2019).

No cenário de Pinheiro, a implementação desse protocolo nas escolas possibilitaria a participação ativa dos alunos na coleta de dados sobre a presença de mosquitos e a identificação de criadouros, contribuindo para o mapeamento de áreas de risco e o direcionamento de ações de controle. Além de fortalecer a vigilância epidemiológica, essa metodologia valoriza o conhecimento local, estimula o engajamento social e promove mudanças comportamentais, colaborando para sistemas de governança mais eficientes e sustentáveis (Freschi et al., 2024).



Diante desse contexto, este estudo teve como objetivo engajar estudantes do ensino fundamental na ciência cidadã por meio do monitoramento de mosquitos em Pinheiro-MA, utilizando o Programa GLOBE como ferramenta pedagógica e investigativa. A iniciativa incluiu treinamentos para identificação de larvas, uso de armadilhas, aplicação de quizzes educativos e a coleta sistemática de dados sobre a presença de vetores, promovendo a integração entre ciência, educação e saúde pública.

### **3. Materials and methods**

#### **3.1. Study area**

O estudo foi realizado no município de Pinheiro, Maranhão, Brasil, em colaboração entre a Universidade Federal do Maranhão (UFMA) e a Unidade Mais Integral Instituto de Educação de Pinheiro (IEP). A pesquisa seguiu uma abordagem quali-quantitativa e envolveu sessenta estudantes do 8º ano do ensino fundamental do IEP em atividades práticas de monitoramento de mosquitos, utilizando o aplicativo GLOBE Observer, confecção de armadilhas, identificação de larvas, um quiz para fixação do conhecimento e a divulgação das atividades do GLOBE para toda a comunidade escolar.

Pinheiro está localizado na Baixada Ocidental Maranhense, com coordenadas geográficas de 2° 31' S de latitude e 45° 5' W de longitude (Figura 1). Segundo o IBGE (2022), o município possui uma área territorial de 1.512,969 km<sup>2</sup>, uma população de 84.614 habitantes e uma densidade demográfica de aproximadamente 53,93 habitantes/km<sup>2</sup>.

O rio Pericumã, que atravessa a cidade, desempenha um papel essencial na economia e no cotidiano da população, sendo amplamente utilizado para a pesca extrativista, tanto de subsistência quanto comercial. Essa atividade sustenta uma cadeia produtiva que abastece feiras e mercados locais, representando a principal fonte de renda para diversas famílias (Oliveira et al., 2024). Nos últimos anos, a expansão urbana e a conversão de áreas para pastagens vêm impactando significativamente a vegetação das margens do rio, resultando na fragmentação de ecossistemas naturais, especialmente entre 2016 e 2022. O aumento das atividades antrópicas ressalta a necessidade de estratégias de manejo sustentável para a conservação ambiental e a mitigação dos impactos socioeconômicos (Oliveira et al., 2024).

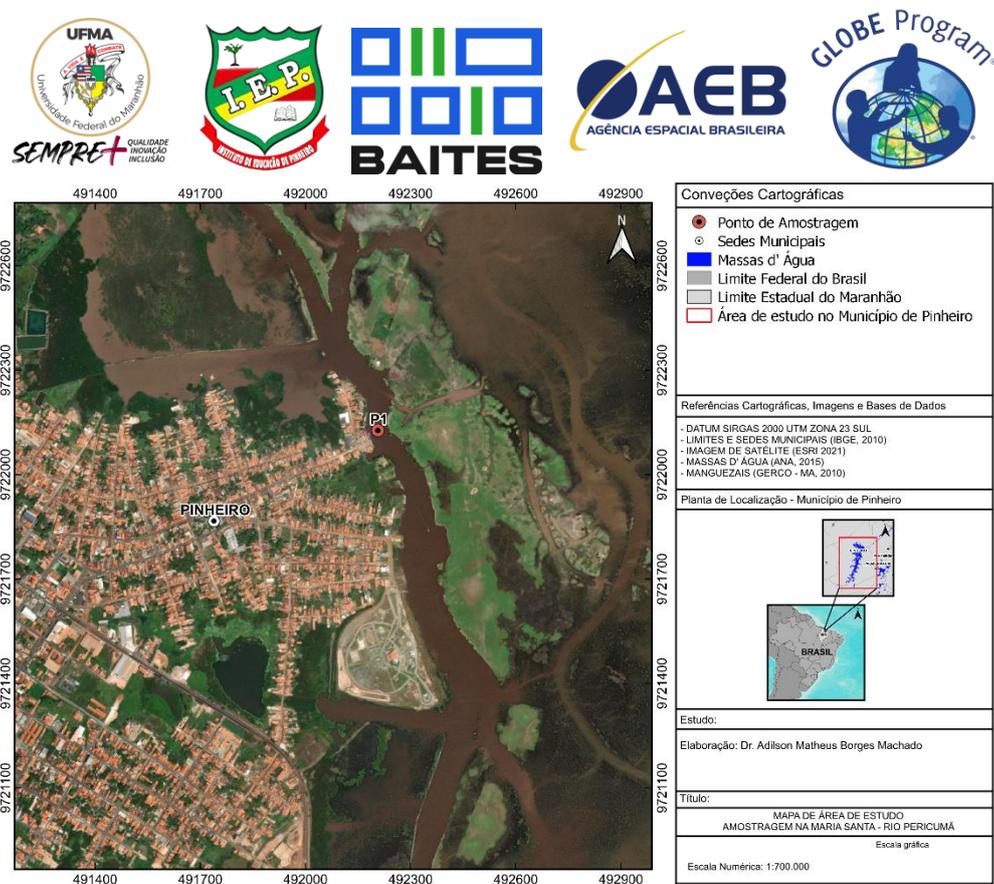


Figura 1 - Mapa e Área de Estudo do município de Pinheiro, MA, Brasil.

### 3.2. Installation of the GLOBE Observer App and Training

Inicialmente, os alunos participantes foram instruídos sobre o download e instalação do aplicativo GLOBE Observer em seus celulares. Após a instalação, a equipe do projeto realizou um treinamento para familiarizá-los com as funcionalidades do aplicativo, incluindo a criação de contas pessoais e a navegação pelos protocolos de monitoramento de mosquitos e nuvens (Figuras 2 - 4).





Figuras 2-4. Instalação do aplicativo GLOBE observer com os estudantes do IEP.

\* As imagens dos estudantes foram distorcidas para proteger os direitos de imagem daqueles cujos pais não assinaram o NASA Media

Release for Parent and Minor

### 3.3. Trap Construction and Distribution

Para a captura de mosquitos, os estudantes confeccionaram armadilhas utilizando garrafas PET de 2 litros, tesoura, lixa de madeira, fita isolante, tecido tipo micro tule para vedação e ração de peixe como atrativo. O processo envolveu o corte da garrafa ao meio, a criação de um funil invertido com o gargalo, a vedação com tecido e a adição de água filtrada sem cloro (Figuras 5-8).





Figuras 5-8. Confeção das armadilhas para captura de larvas de mosquitos.

\* As imagens dos estudantes foram distorcidas para proteger os direitos de imagem daqueles cujos pais não assinaram o NASA Media Release for Parent and Minor

Após a montagem e etiquetagem, os alunos, acompanhados pela equipe da UFMA, espalharam as armadilhas em locais propícios à reprodução de mosquitos, como áreas próximas a árvores, vasos de plantas, cisternas, caixas de esgoto e outros locais com acúmulo de água parada. Em seguida, foi realizada uma atividade de campo, na qual os estudantes aprenderam técnicas adequadas para a coleta de mosquitos e monitoramento dos criadouros (Figuras 9-12).





Figuras 9-12. Identificação das armadilhas e distribuição estratégica na escola

\* As imagens dos estudantes foram distorcidas para proteger os direitos de imagem daqueles cujos pais não assinaram o NASA Media Release for Parent and Minor

### 3.4. Use of the Mosquito Habitat Mapper and Mosquito Identification

Os estudantes utilizaram o protocolo Mosquito Habitat Mapper, do aplicativo GLOBE Observer, para registrar informações sobre os criadouros identificados. Eles exploraram áreas locais e documentaram possíveis habitats de mosquitos, descrevendo o tipo de ambiente (recipiente, lagoa, piscina, armadilha), o tamanho, a condição e a presença de larvas ou pupas.

Posteriormente, os alunos foram direcionados ao laboratório da escola, onde a equipe demonstrou como identificar larvas de mosquitos dos gêneros *Culex*, *Anopheles* e *Aedes*. Inicialmente, as características morfológicas foram observadas sob microscópios e lupas. Em seguida, os alunos utilizaram lupas de 60x acopladas aos celulares, placas de Petri e pipetas, permitindo que identificassem e registrassem os mosquitos coletados diretamente no aplicativo (Figuras 13-15)



Figuras 13-15. Identificação de mosquitos e uso de Mosquito Habitat Mapper.

\* As imagens dos estudantes foram distorcidas para proteger os direitos de imagem daqueles cujos pais não assinaram o NASA Media Release for Parent and Minor

Para a amostragem e contagem de larvas, os alunos coletaram amostras de água com um copo de 300 mL e uma pipeta, separando larvas e pupas para contagem individual. As larvas foram fotografadas e comparadas às imagens da chave taxonômica pictórica do aplicativo para identificação dos gêneros. Caso a larva pertencesse ao gênero *Aedes*, os alunos puderam classificá-la como *A. aegypti* ou *A. albopictus*, principais vetores de arboviroses. Além disso, foi realizada uma etapa de conscientização, na qual os alunos responderam à pergunta: "Você conseguiu eliminar o criadouro?", reforçando a importância da redução de fontes como medida de controle de mosquitos.



### 3.5. Quiz and Knowledge Reinforcement

Após a identificação dos mosquitos, os estudantes participaram de um quiz interativo sobre as principais arboviroses transmitidas por cada gênero de mosquito e suas características larvais. Os participantes que respondiam corretamente eram premiados com brindes simbólicos, como lupas para acoplar no celular e caixas de chocolate. Para reforçar o aprendizado, foram distribuídos cartazes educativos, contendo informações sobre identificação e prevenção, que também foram fixados no laboratório da escola (Figuras 16-17).

**Como identificar as larvas e adicionar no app GLOBE Observer?**

Observar as armadilhas      Coletar e identificar as larvas      Fotografar com a lupa, salvar e abrir o app GLOBE observer

**Quais as diferenças entre as larvas?**

1	2	3
<i>Culex</i> sp.	<i>Aedes aegypti</i>	<i>Anopheles</i>
<p>Cabeça Tórax Abdômen Sifão pontiagudo</p> <ul style="list-style-type: none"><li>Os adultos se alimentam à noite de humanos quanto de animais;</li><li>Encontrados dentro de casa e ao ar livre;</li><li>Doenças: encefalite, filariose = elefantíase</li></ul>	<p>Sifão curto e grosso = cônicos</p> <ul style="list-style-type: none"><li>Os adultos picam apenas durante o dia;</li><li>Encontrado principalmente em áreas urbanas;</li><li>Doenças: febre amarela, dengue, Zika, chikungunya e outros vírus</li></ul>	<p>Sem sifão</p> <ul style="list-style-type: none"><li>Ativos no nascer e pôr do sol;</li><li>Alimenta-se de sangue humano e de animais;</li><li>Doenças: malária</li></ul>

Logos: GLOBE Program, AEB, I.E.P., UFMA, BAITES, Profª Yllana, QR code.





Figuras 16-17. Cartaz com a principais diferenças entre as larvas de mosquitos e as doenças que transmitem

### 3.6. Dissemination and Presentation of Results at the Science Fair

Como parte das atividades de divulgação científica e engajamento comunitário, os alunos do 8º ano, participantes do estudo, apresentaram os resultados do projeto na I INCIÊNCIA – Feira de Ciências da escola. O evento teve como público-alvo estudantes do 5º ao 9º ano do ensino fundamental, que ainda não integravam o projeto.

Durante a apresentação, os alunos expuseram o funcionamento do Programa GLOBE, enfatizando sua importância para o monitoramento ambiental e epidemiológico. Demonstraram o uso do aplicativo GLOBE Observer, orientando os colegas sobre como baixá-lo e utilizá-lo para registrar dados sobre arboviroses e condições ambientais. Além disso, discutiram a relação entre a incidência de mosquitos e as variações sazonais do clima, abordando como os períodos chuvoso e seco influenciam a proliferação dos vetores e destacando a relevância do protocolo de monitoramento de nuvens no estudo climático. A atividade também possibilitou a divulgação dos resultados obtidos, incluindo a identificação de mosquitos no ambiente escolar.

## 4. Results and discussion

Dos 60 alunos participantes, apenas 15 possuíam celular. Para garantir a participação de todos, a equipe emprestou dispositivos àqueles que não tinham e agrupou os estudantes sem celular com colegas que possuíam o aparelho.

A instalação do aplicativo foi concluída com sucesso pelos alunos que tinham celular. Mesmo aqueles que não possuíam puderam acompanhar o processo ao lado de seus colegas, compreendendo as etapas de instalação. Todos os estudantes receberam treinamento sobre as funcionalidades do aplicativo. Durante o treinamento, os alunos demonstraram facilidade na criação de contas e na navegação pelos protocolos de monitoramento de mosquitos e nuvens (Figuras 18-20).



Figuras 18-20. Coleta de nuvens com o aplicativo GLOBE observer Clouds

\* As imagens dos estudantes foram distorcidas para proteger os direitos de imagem daqueles cujos pais não assinaram o NASA Media

Release for Parent and Minor

As principais dificuldades envolviam problemas técnicos, como incompatibilidade do aplicativo com alguns dispositivos, dificuldades iniciais na interpretação dos protocolos e de conexão de internet na própria escola. Esse cenário reflete desafios comuns em comunidades de baixa renda e municípios com Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) baixo, onde o acesso a smartphones e internet ainda é limitado, comprometendo a participação em iniciativas de ciência cidadã (Oliveira and Grin, 2023).

Foram confeccionadas um total de 20 armadilhas pelos estudantes. Durante 90 dias de monitoramento, a água e a ração das armadilhas foram trocadas semanalmente para manter as condições ideais de atração dos mosquitos. Ao final do período, observou-se que 30% das armadilhas apresentaram larvas de mosquitos, confirmando que a presença de água parada é um fator determinante para a reprodução desses insetos (Figuras 21-23). Essa observação reforça a relevância de estratégias de educação ambiental e ciência cidadã no controle de vetores, uma vez que os próprios alunos puderam visualizar e compreender os fatores que favorecem a proliferação dos mosquitos



Figuras 21-23. Armadilhas com larvas de mosquitos

\* As imagens dos estudantes foram distorcidas para proteger os direitos de imagem daqueles cujos pais não assinaram o NASA Media

Release for Parent and Minor

Além disso, a realização da atividade prática pode ter impactado a percepção dos alunos sobre a importância de medidas preventivas, como a eliminação de possíveis criadouros. Estudos indicam que a conscientização e o engajamento da comunidade são fundamentais para o sucesso de estratégias de controle de vetores, pois reduzem a dependência exclusiva de ações governamentais e fortalecem a participação da população na prevenção de arboviroses (Dias et al., 2022; Gonçalves et al., 2022; Rodrigues et al., 2022). Assim, a experiência dos alunos pode ter um efeito multiplicador, incentivando a adoção de boas práticas em suas comunidades. Diante desses resultados, destaca-se a importância de incorporar atividades experimentais ao ensino fundamental, pois, além de ampliar o aprendizado, elas promovem uma conexão entre teoria e prática, incentivando os estudantes a atuarem como agentes ativos na prevenção e controle de doenças transmitidas por vetores (Cho et al., 2021).

Durante a aplicação do protocolo Mosquito Habitat Mapper, foram identificadas mais de 50 larvas de mosquitos nos criadouros monitorados. Dentre as amostras analisadas, 90% pertenciam ao gênero *Culex* sp. e 10% ao *Aedes aegypti*, com um aumento significativo da ocorrência desses vetores no início do período chuvoso (Figuras 24-25). Nenhuma larva do gênero *Anopheles* foi registrada.



Figuras 24-25. Coleta e identificação de mosquitos com os alunos do IEP

\* As imagens dos estudantes foram distorcidas para proteger os direitos de imagem daqueles cujos pais não assinaram o NASA Media Release for Parent and Minor

A predominância de *Culex* sp. e *Aedes aegypti* indica que os locais monitorados apresentavam condições favoráveis para a reprodução dessas espécies, especialmente durante o período de chuvas intensas, entre dezembro de 2024 e fevereiro de 2025 (Figuras 26-30). A associação entre o aumento das chuvas e a maior incidência de *Aedes aegypti* está alinhada com a tendência observada em estudos epidemiológicos, que relacionam períodos chuvosos ao crescimento dos casos de arboviroses, como a dengue (Lessa et al., 2023).



Clouds		Clouds	
Measured Date:	2025-02-10	Measured Date:	2025-02-05
Organization Name:	Brazil GLOBE v-School	Organization Name:	Brazil GLOBE v-School
Site ID:	377620	Site ID:	376889
Site Name:	23MMT863200	Site Name:	23MMT860200
Latitude:	-2.533225	Latitude:	-2.533225
Longitude:	-45.123238	Longitude:	-45.125937
Elevation:	11.6m	Elevation:	16.4m

Mosquito Habitat Mapper	Mosquito Habitat Mapper	Mosquito Habitat Mapper	
Measured Date:	2025-02-25	Measured Date:	2025-02-25
Organization Name:	UFMA - UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO	Organization Name:	UFMA - UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
Site ID:	325132	Site ID:	325132
Site Name:	23MMT880201	Site Name:	23MMT880201
Latitude:	-2.532322	Latitude:	-2.532322
Longitude:	-45.107946	Longitude:	-45.107946
Elevation:	9.1m	Elevation:	9.1m
	Longitude:	Measured At:	2025-02-25T17:50:00

Figuras 26-30. Capturas de tela da coleta de dados Clouds e Mosquito Habitat Mapper através do aplicativo móvel GLOBE observer

A ausência de *Anopheles* sp., principal vetor da malária no Brasil, sugere que os ambientes analisados não possuíam as condições ideais para sua reprodução. Esse gênero de mosquito geralmente se desenvolve em águas limpas, naturais e de maior profundidade, como



lagoas, rios e córregos de fluxo lento. Além disso, sua maior incidência é frequentemente registrada durante a transição do período chuvoso para o seco (Dos Santos et al., 2024).

No Brasil, fatores como condições precárias de moradia, saneamento inadequado e ausência de mapeamentos específicos dos criadouros agravam a situação e dificultam o controle da doença (Lowe et al., 2021; Sadeghieh et al., 2021). Nesse contexto, a ferramenta Mosquito Habitat Mapper se mostra uma solução acessível e eficaz para vigilância e controle de mosquitos em comunidades com poucos recursos. Sua aplicação permite uma implantação rápida e participativa, tornando-se uma alternativa viável durante epidemias de arboviroses.

Além de contribuir para o monitoramento ambiental, o uso do aplicativo promove a ciência cidadã, incentivando estudantes e comunidades a participarem ativamente na eliminação de criadouros. Esse tipo de abordagem fortalece a educação ambiental e pode ter um efeito multiplicador, ampliando a conscientização sobre medidas preventivas (Low et al., 2022). Portanto, iniciativas como essa podem complementar estratégias de saúde pública, fornecendo dados em tempo real para gestores e pesquisadores. O uso do Mosquito Habitat Mapper pode contribuir significativamente para a prevenção e o controle de doenças transmitidas por mosquitos, especialmente em áreas de vulnerabilidade social, onde ferramentas tradicionais de vigilância são limitadas.

A utilização do quiz interativo como ferramenta de fixação do conhecimento demonstrou ser uma abordagem eficiente para reforçar o aprendizado sobre mosquitos vetores e arboviroses (Figuras 31-32). Estudos indicam que métodos lúdicos e interativos favorecem a retenção do conhecimento, promovendo maior envolvimento dos estudantes no processo de ensino-aprendizagem (Santos et al., 2022; Ribeiro and Pereira, 2024). A alta taxa de acertos dos alunos durante o quiz indica que as atividades práticas e teóricas anteriores foram bem assimiladas.



Figuras 31-32. Utilização do Quiz interativo com os alunos do IEP. \* As imagens dos estudantes

foram distorcidas para proteger os direitos de imagem daqueles cujos pais não assinaram o NASA Media Release for Parent and Minor



Além disso, a distribuição e fixação de cartazes educativos no laboratório da escola funcionaram como um recurso de aprendizagem contínua, possibilitando a consulta frequente do material e reforçando a importância da prevenção das doenças transmitidas por mosquitos.

A apresentação dos resultados na Feira de Ciências consolidou a aprendizagem dos participantes do projeto e ampliou seu impacto ao engajar outros alunos da escola. A divulgação científica nesse formato não apenas fortaleceu a compreensão dos estudantes envolvidos, mas também permitiu que novos participantes tivessem acesso ao conhecimento gerado (Figuras 33-37). O uso do GLOBE Observer como ferramenta pedagógica demonstrou ser eficaz na visualização de dados ambientais, promovendo maior interesse pelo monitoramento epidemiológico e climático.





Figuras 33-37. Apresentação de ciências da escola IEP. \* As imagens dos estudantes foram distorcidas para proteger os direitos de imagem daqueles cujos pais não assinaram o NASA Media Release for Parent and Minor

## 5. Conclusion

A implementação do Programa GLOBE em uma escola de ensino fundamental constitui uma estratégia eficaz para o engajamento de estudantes no monitoramento de arboviroses e na promoção da ciência cidadã. A utilização do aplicativo GLOBE Observer, associada a atividades práticas, como a confecção de armadilhas e a aplicação do protocolo Mosquito Habitat Mapper, permitiu a identificação e análise de criadouros, proporcionando aos alunos uma compreensão aprofundada sobre a influência das condições ambientais na proliferação de mosquitos vetores.

A predominância de *Culex* sp. (90%) e *Aedes aegypti* (10%) nas amostras analisadas, bem como a ausência de *Anopheles* sp., reflete as condições ambientais locais e está alinhada com estudos que correlacionam o aumento da incidência de arboviroses aos períodos chuvosos. A experiência reforçou a importância da eliminação de criadouros, estimulando os alunos a adotarem medidas preventivas e a disseminarem práticas de controle em suas comunidades.

As estratégias educacionais adotadas, incluindo quiz interativos, cartazes educativos e a apresentação dos resultados na Feira de Ciências, demonstraram ser eficazes na fixação do



conhecimento e na expansão do impacto do projeto, alcançando um público mais amplo dentro da escola. A elevada taxa de acertos no quiz e o envolvimento ativo dos estudantes nas apresentações sugerem uma assimilação efetiva do conteúdo e um maior interesse pelo monitoramento epidemiológico e ambiental com o GLOBE observer.

## REFERENCES

Ammar, M., Moaaz, M., Yue, C., Fang, Y., Zhang, Y., Shen, S., 2025. Emerging Arboviral Diseases in Pakistan : Epidemiology and Public Health Implications 1–18.

Bolan, S., Padhye, L.P., Jasemizad, T., Govarthanam, M., Karmegam, N., Wijesekara, H., Amarasiri, D., Hou, D., Zhou, P., Biswal, B.K., Balasubramanian, R., Wang, H., Siddique, K.H.M., Rinklebe, J., Kirkham, M.B., Bolan, N., 2024. Impacts of climate change on the fate of contaminants through extreme weather events. *Science of the Total Environment* 909. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168388>

Cartwright, E.D., 2024. Wildfires, Record Heat Waves and Extreme Weather Events — The Perils of Climate Change. *Climate and Energy* 41, 17–21. <https://doi.org/10.1002/gas.22425>

Cho, H., Low, R.D., Fischer, H.A., Storksdieck, M., 2021. The STEM Enhancement in Earth Science “Mosquito Mappers” Virtual Internship: Outcomes of Place-Based Engagement with Citizen Science. *Frontiers in Environmental Science* 9, 1–8. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.682669>

Daudt-lemos, M., Ramos-silva, A., Faustino, R., Guimar, T., Artimos, R., Vianna, D.O., Cabral-castro, M.J., Aparecida, C., Cardoso, A., Silva, A.A., Carvalho, F.R., 2025. Rising Incidence and Spatiotemporal Dynamics of Emerging and Reemerging Arboviruses in Brazil 1–13.

Dias, Í.K.R., Martins, R.M.G., Sobreira, C.L. da S., Rocha, R.M.G.S., Lopes, M.D.S.V., 2022. Education-based *Aedes Aegypti* control actions: an integrative review. *Ciencia e Saude Coletiva* 27, 231–242. <https://doi.org/10.1590/1413-81232022271.33312020>

Dos Santos, F., Xu, M., de Guenni, L.B., Lourenço-De-oliveira, R., Rubio-Palis, Y., 2024. Characterization of larval habitats of *Anopheles (Nyssorhynchus) darlingi* and associated species in malaria areas in western Brazilian Amazon. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz* 119, 1–16. <https://doi.org/10.1590/0074-02760240116>

Filho, W.L., Scheday, S., Boenecke, J., Gogoi, A., Maharaj, A., Korovou, S., 2019. Climate change, health and mosquito-borne diseases: Trends and implications to the pacific region. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16. <https://doi.org/10.3390/ijerph16245114>



Freschi, G., Menegatto, M., Zamperini, A., 2024. Conceptualising the Link between Citizen Science and Climate Governance: A Systematic Review. *Climate* 12. <https://doi.org/10.3390/cli12050060>

GLOBE (2019). *About GLOBE*. Global Learning and Observations to Benefit the Environment. Available online at: <https://www.globe.gov/about/overview> (acessado janeiro, 2025).

Gonçalves, E.C.P., Kligerman, D.C., Cohen, S.C., Kleinubing, N.V., 2022. Programa Saúde na Escola: projeto de intervenção contra a dengue em Matinhos-PR. *Saúde em Debate* 46, 190–200. <https://doi.org/10.1590/0103-11042022e314>

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico**. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/pinheiro/panorama>. Acesso em: 07 de fev. 2023.

Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023. *Climate Change 2021 – The Physical Science Basis*, *Climate Change 2021 – The Physical Science Basis*. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>

Lamy, K., Tran, A., Portafaix, T., Leroux, M.D., Baldet, T., 2023. Impact of regional climate change on the mosquito vector *Aedes albopictus* in a tropical island environment: La Réunion. *Science of the Total Environment* 875, 162484. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162484>

Lessa, C.L.S., Hodel, K.V.S., Gonçalves, M. de S., Machado, B.A.S., 2023. Dengue as a Disease Threatening Global Health: A Narrative Review Focusing on Latin America and Brazil. *Tropical Medicine and Infectious Disease* 8. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed8050241>

Low, R.D., Schwerin, T.G., Boger, R.A., Soeffing, C., Nelson, P. V., Bartlett, D., Ingle, P., Kimura, M., Clark, A., 2022. Building International Capacity for Citizen Scientist Engagement in Mosquito Surveillance and Mitigation: The GLOBE Program’s GLOBE Observer Mosquito Habitat Mapper. *Insects* 13, 624. <https://doi.org/10.3390/insects13070624>

Lowe, R., Lee, S.A., O’Reilly, K.M., Brady, O.J., Bastos, L., Carrasco-Escobar, G., de Castro Catão, R., Colón-González, F.J., Barcellos, C., Carvalho, M.S., Blangiardo, M., Rue, H., Gasparrini, A., 2021. Combined effects of hydrometeorological hazards and urbanisation on dengue risk in Brazil: a spatiotemporal modelling study. *The Lancet Planetary Health* 5, e209–e219. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(20\)30292-8](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30292-8)

Mora, C., McKenzie, T., Gaw, I.M., Dean, J.M., von Hammerstein, H., Knudson, T.A., Setter, R.O., Smith, C.Z., Webster, K.M., Patz, J.A., Franklin, E.C., 2022. Over half of known human pathogenic diseases can be aggravated by climate change. *Nature Climate Change* 12. <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01426-1>



Oliveira, Â., Grin, E., 2023. As cidades inteligentes e o desafio da inclusão digital. RUA 29, 433–458. <https://doi.org/10.20396/rua.v29i2.8675152>

Oliveira, A.L., Santiago, D.R., Dias, J.A.R., Lopes, Y.V. de A., Nascimento, L., Machado, A.M.B., Feitosa, M.M., Marinho, Y.F., 2024. Dinâmica das áreas de preservação permanente no rio Pericumã, Pinheiro, Maranhão. *Contribuciones a Las Ciencias Sociales* 17, e6553. <https://doi.org/10.55905/revconv.17n.5-185>

Paixão, E.S., Teixeira, M.G., Rodrigues, L.C., 2018. Zika, chikungunya and dengue: The causes and threats of new and reemerging arboviral diseases. *BMJ Global Health* 3. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2017-000530>

Pereira, E.D.A., Do Carmo, C.N., Araujo, W.R.M., Dos Remédios Freitas Carvalho Branco, M., 2024. Spatial distribution of arboviruses and its association with a social development index and the waste disposal in São Luís, state of Maranhão, Brazil, 2015 to 2019. *Revista Brasileira de Epidemiologia* 27, 1–9. <https://doi.org/10.1590/1980-549720240017>

Ribeiro, A., Pereira, D.R., n.d. AS AVENTURAS DOS PEQUENOS MOSQUETEIROS : UM PROJETO DE GAMIFICAÇÃO NO COMBATE À DENGUE THE ADVENTURES OF THE LITTLE MUSKETEERS : A GAMIFICATION 290–298.

Rodrigues, E. de A.S., Lomônaco, E.S., Rodrigues, G.F., 2022. Educação Ambiental No Ensino De Geografia: Monitoramento De Arbovírus (Vetores) Utilizando Armadilhas Ovitrapas. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação* 8, 130–148. <https://doi.org/10.51891/rease.v8i12.8033>

Sadeghieh, T., Sargeant, J.M., Greer, A.L., Berke, O., Dueymes, G., Gachon, P., Ogden, N.H., Ng, V., 2021. Zika virus outbreak in Brazil under current and future climate. *Epidemics* 37, 100491. <https://doi.org/10.1016/j.epidem.2021.100491>

Sant'Anna, M.W., Ferreira, M.L., da Silva, L.F., Côrtes, P.L., 2025. Climate Change and Arbovirus: A Review and Bibliometric Analysis. *Climate* 13, 35. <https://doi.org/10.3390/cli13020035>

Santos, A.B., Gomes, A.F., Lopes, A.L.M., Guimarães, B.P., Moreira, L.F.C., Mussi, L.E.L., Diniz, R.V., Resende, R.S., Silva, R.E. Da, Silva, R.D.C., Soares, L.E., 2022. RE UNI RE UNI 2, 2–5.

World Health Organization. Global vector control response 2017–2030. *WHO* <https://www.who.int/publications/i/item/9789241512978> (2017).



## 7. Badges

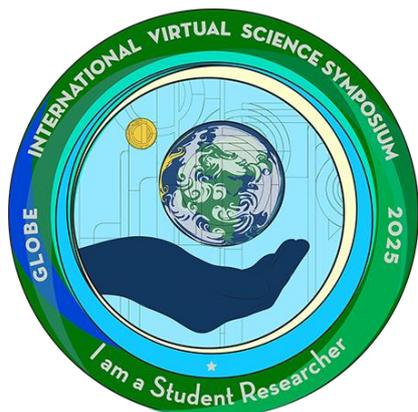


Be a Collaborator

O projeto foi desenvolvido de maneira colaborativa pelos estudantes do Instituto de Educação de Pinheiro (IEP), com o tema "Engajando Jovens Cientistas no Monitoramento de Arboviroses: Ciência Cidadã e o Programa GLOBE em Pinheiro-MA". Essa abordagem participativa foi essencial para compreender a relação entre as condições ambientais e a proliferação de mosquitos vetores, destacando a importância da educação ambiental na prevenção de arboviroses.

A união de esforços permitiu que os estudantes aplicassem metodologias de ciência cidadã para monitorar criadouros de mosquitos, utilizando o protocolo Mosquito Habitat Mapper do GLOBE e armadilhas confeccionadas por eles. Durante o projeto, os alunos participaram ativamente da coleta de dados em campo, identificando larvas, analisando a influência dos fatores ambientais e utilizando o aplicativo GLOBE Observer para registrar suas observações.

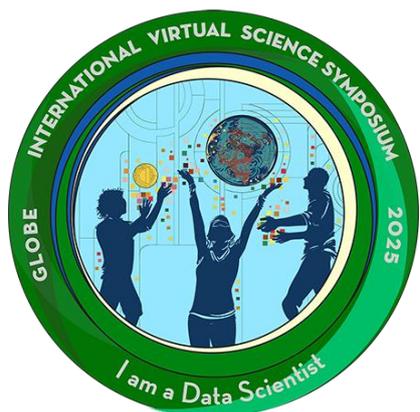
A colaboração entre os estudantes resultou em uma abordagem integrada, permitindo a análise da relação entre sazonalidade climática, urbanização e a incidência de mosquitos na região. O projeto também evidenciou a necessidade de ações educativas e preventivas voltadas ao controle de vetores, incentivando a participação ativa da comunidade no monitoramento epidemiológico e na promoção da saúde pública em Pinheiro-MA.



Os estudantes pesquisadores do Instituto de Educação de Pinheiro (IEP) se propõem a contribuir para o fortalecimento da vigilância epidemiológica e ambiental em Pinheiro-MA, por meio da ciência cidadã e da implementação do Programa GLOBE. A pesquisa destaca a importância da integração entre tecnologias de monitoramento, como o aplicativo GLOBE Observer, e a participação ativa da comunidade estudantil no combate às arboviroses. Através do protocolo Mosquito Habitat Mapper, os alunos puderam mapear criadouros, identificar



	<p>larvas e analisar a influência das condições ambientais na proliferação dos vetores, fornecendo dados relevantes para ações preventivas.</p> <p>Além disso, o estudo enfatiza o envolvimento da comunidade escolar na conscientização sobre os impactos das mudanças climáticas na expansão das arboviroses e na adoção de medidas preventivas contra a proliferação de mosquitos. A abordagem prática e educativa reforça o papel dos estudantes como agentes multiplicadores de conhecimento, incentivando a adoção de estratégias sustentáveis para o controle de vetores e a promoção da saúde pública na região.</p>
--	--



Be a Data Scientist

No contexto do monitoramento ambiental e das arboviroses em Pinheiro-MA, os alunos do Instituto de Educação de Pinheiro (IEP) participaram de uma pesquisa voltada para a identificação de mosquitos vetores e a avaliação de fatores ambientais que influenciam sua proliferação. O estudo teve como objetivo engajar os estudantes no uso de ferramentas de ciência cidadã para fortalecer a vigilância epidemiológica e promover a conscientização sobre o impacto das condições ambientais na transmissão de doenças.

Para isso, os alunos utilizaram o aplicativo GLOBE Observer, seguindo o protocolo Mosquito Habitat Mapper, além de técnicas para mapeamento de criadouros. A pesquisa envolveu sessenta estudantes do 8º ano, que participaram da confecção e monitoramento de armadilhas, identificação de larvas e aplicação de quizzes educativos. Os resultados mostraram que 30% das armadilhas apresentaram larvas, com predominância de *Culex* sp. (90%) e *Aedes aegypti* (10%), evidenciando a influência das condições ambientais na reprodução dos vetores.

Além de desenvolver habilidades em monitoramento ambiental e análise epidemiológica, a participação dos estudantes reforçou a importância da educação científica na prevenção de arboviroses. Os dados coletados subsidiaram a compreensão da dinâmica dos vetores na região, contribuindo para a formulação de estratégias de controle e promoção da saúde pública. Dessa forma, o estudo reforça o papel da ciência cidadã, tecnologia e educação ambiental na formação de jovens cientistas e na construção de comunidades mais resilientes e engajadas no combate às arboviroses.