



Programa de Pós-Graduação em Geografia | UNESP Rio Claro

doi.org/10.5016/geografia.v51i1.18547

ISSN 1983-8700 | e-18547

A relação entre a vegetação urbana e a ocorrência de dengue: estudo de caso em Caldas Novas, Goiás

Yasmin da Cunha Lima¹, Anderson Rodrigo da Silva²¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia

Goiano, Campus Urutaí, Urutaí, Goiás, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1228-0890>² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia

Goiano, Campus Urutaí, Urutaí, Goiás, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2518-542X>

E-mail correspondente: yasmincunha30@gmail.com

Destaques:

- Estudo de caso revela a importância de áreas verdes para o controle da dengue.
- Dados de 2018 a 2022 mostram a sazonalidade dos casos de dengue na região.
- Evidências que áreas com mais verde têm menor densidade de *Aedes aegypti*.

Resumo: Este estudo investiga a associação entre a ocorrência de dengue e a distribuição espacial da vegetação na zona urbana de Caldas Novas, Goiás. O propósito é fornecer percepções sobre o papel da vegetação na transmissão da dengue em ambientes urbanos, contribuindo para uma melhor compreensão dos fatores que afetam a propagação da doença. Dados de notificações de dengue por bairro foram obtidos junto a prefeitura do município para os anos 2018 a 2022. Dados de cobertura vegetal dos bairros foram estimados a partir de modelo classificação Random Forest. Modelos de regressão foram ajustados para descrever a ocorrência da doença em função da cobertura vegetal. A diminuição da vegetação influencia exponencialmente o número de notificações. Nos bairros onde há mais do que 75% de cobertura vegetal não houve variação significativa de notificações ao longo do tempo estudado.

Palavras-chave: *Aedes aegypti*; dengue; cobertura vegetal urbana; mapa de incidência de dengue; saúde pública.

Como citar este artigo:

LIMA, Yasmin da Cunha; SILVA, Anderson Rodrigo da. A relação entre a vegetação urbana e a ocorrência de dengue: estudo de caso em Caldas Novas, Goiás. **Geografia**, Rio Claro-SP, v. 51, e-18547, 2026. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/18547>. DOI: doi.org/10.5016/geografia.v51i1.18547.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (*Open Access*) sob a licença CC - *Creative Commons Atribuição* 4.0, que permite o uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

The relationship between urban vegetation and the occurrence of dengue: a case study in Caldas Novas, Goiás

Abstract: This study investigates the association between dengue occurrence and the spatial distribution of vegetation in the urban area of Caldas Novas, Goiás. The purpose is to provide insights into the role of vegetation in dengue transmission in urban environments, contributing to a better understanding of the factors that affect the spread of the disease. Dengue notification data by neighborhood were obtained from the municipal government for the years 2018 to 2022. Vegetation coverage data for the neighborhoods were estimated using a Random Forest classification model. Regression models were fitted to describe the occurrence of the disease as a function of vegetation coverage. The decrease in vegetation exponentially influences the number of notifications. In neighborhoods with more than 75% vegetation coverage, there was no significant variation in notifications over the studied period.

Keywords: *Aedes aegypti*; dengue; urban vegetation coverage; dengue incidence map; public health.

La relación entre la vegetación urbana y la ocurrencia de dengue: estudio de caso en Caldas Novas, Goiás

Resumen: Este estudio investiga la asociación entre la ocurrencia de dengue y la distribución espacial de la vegetación en la zona urbana de Caldas Novas, Goiás. El objetivo es comprender mejor el papel de la vegetación en la transmisión del dengue en ambientes urbanos, contribuyendo a una mejor comprensión de los factores que afectan la propagación de la enfermedad. Los datos de notificaciones de dengue por barrio fueron obtenidos del gobierno municipal para los años 2018 a 2022. Los datos de cobertura vegetal de los barrios fueron estimados utilizando un modelo de clasificación Random Forest. Se ajustaron modelos de regresión para describir la ocurrencia de la enfermedad en función de la cobertura vegetal. La disminución de la vegetación influye exponencialmente en el número de notificaciones. En los barrios con más del 75% de cobertura vegetal no hubo variación significativa en las notificaciones durante el período estudiado.

Palabras clave: *Aedes aegypti*; dengue; cobertura vegetal urbana; mapa de incidencia de dengue; salud pública.

INTRODUÇÃO

A dengue é uma doença de grande impacto na saúde pública global, especialmente no Brasil, onde é uma endemia persistente e preocupante. A urbanização e o desmatamento criam condições favoráveis para a proliferação do mosquito *Aedes aegypti* (Norris, 2004). A relação entre a vegetação urbana e a incidência de dengue tem sido objeto de estudos recentes, dada a importância crescente de estratégias sustentáveis para o controle de doenças transmitidas por vetores. No Brasil, essa relação é particularmente relevante devido à alta

incidência de dengue em áreas urbanizadas. Estudos que utilizam dados ambientais obtidos por satélite, Oliveira *et al.* (2023) e Andrade *et al.* (2024), têm demonstrado a importância de monitorar e integrar informações ambientais nas estratégias de controle da doença. Esses estudos mostram que áreas com maior cobertura vegetal tendem a apresentar menor incidência de dengue.

No contexto do Cerrado, bioma caracterizado por sua biodiversidade e importância ecológica, a vegetação desempenha um papel crucial na modulação do microclima e na regulação de populações de mosquitos vetores de doenças. A vegetação pode criar microclimas que são menos favoráveis à proliferação do *Aedes aegypti*, reduzindo assim a incidência de dengue. Além disso, Barbosa e Silva (2015) indicaram que o aumento de áreas verdes pode ser eficaz no controle da dengue, servindo como uma barreira natural contra a proliferação do mosquito.

No entanto, pesquisas como a de Abdullah *et al.* (2025) evidenciam que a influência da vegetação é mais complexa, já que as condições microclimáticas resultantes da presença arbórea podem tanto dificultar quanto favorecer a proliferação de mosquitos. Em áreas com densa cobertura vegetal, a maior umidade relativa e temperaturas mínimas mais baixas, decorrentes de sombreamento e evapotranspiração, podem beneficiar espécies como *Aedes albopictus*, tolerante a ambientes mais úmidos. Por outro lado, em áreas urbanas com pouca vegetação, onde predominam menores níveis de umidade e temperaturas mais elevadas, cria-se um ambiente mais favorável ao *Aedes aegypti*, vetor primário da dengue.

Essa dualidade reforça que, embora a vegetação possa atuar como fator de mitigação, sua gestão inadequada também pode intensificar a dinâmica da transmissão, ressaltando a necessidade de abordagens contextualizadas e integradas na formulação de políticas públicas de saúde e meio ambiente. Além disso, é importante considerar que, em muitas cidades brasileiras, a vegetação urbana é fragmentada, pouco expressiva e com baixa biodiversidade, o que limita seu potencial de contribuir de forma efetiva no controle da dengue.

A mudança climática exacerba problemas de dengue, ao alterar padrões de temperatura e precipitação. O aumento das temperaturas médias e a maior

frequência de eventos extremos, como chuvas intensas seguidas de períodos de seca, criam condições ideais para a reprodução do *Aedes aegypti*. Nesse sentido, a vegetação tem um papel mitigador, ajudando a estabilizar o clima local e reduzir os impactos das mudanças climáticas. Daí a importância de estratégias de conservação ambiental como parte integrante das medidas de controle e prevenção da dengue, considerando o impacto significativo das variáveis ambientais na dinâmica da doença (Matos *et al.*, 2016).

A vegetação urbana oferece benefícios como a melhoria da qualidade do ar e a disponibilização de espaços para atividades físicas. Projetos de arborização urbana e a criação de parques são eficazes não apenas para o controle da dengue, mas também para promover a saúde e o bem-estar das comunidades.

Em São Paulo, de acordo com Lage (2021, p. 21), "o uso do geoprocessamento permite a identificação de áreas críticas para a proliferação do mosquito *Aedes aegypti*". Um estudo realizado por Barbosa e Sousa (2021), em Belo Horizonte, utilizou modelos espaciais de regressão para correlacionar dados de cobertura vegetal, obtidos por sensoriamento remoto, com os casos de dengue reportados.

Nesse sentido Lins (2019) afirma que a cobertura vegetal e outras variáveis ambientais são cruciais para a modelagem e distribuição da dengue, bem como de outras doenças transmitidas por mosquitos, como a chikungunya e a zika. A análise de dados espaciais dessas variáveis permite identificar padrões e focos de epidemias, auxiliando na elaboração de estratégias de controle mais eficientes (Azevedo, 2018).

A cidade de Caldas Novas, Goiás, exemplifica a complexa relação entre urbanização e controle da dengue. Entre 2018 e 2022, a urbanização e a consequente perda de vegetação nativa do Cerrado alteraram o microclima local, eliminando habitats que ajudariam a controlar a população de mosquitos *Aedes aegypti*. A fragmentação dos habitats naturais resultou em "ilhas" de vegetação insuficientes para sustentar a biodiversidade necessária para o controle natural dos mosquitos. A densidade demográfica variou significativamente, de 120,71 habitantes por quilômetro quadrado em 2010, para 159,69 em 2020 e cerca de

61,31 em 2022 (IBGE, 2022), refletindo mudanças na estrutura urbana e no desenvolvimento socioeconômico.

Além disso, a natureza turística de Caldas Novas apresenta desafios adicionais no controle da dengue devido ao aumento do fluxo de pessoas e à complexidade na vigilância epidemiológica. Hotéis, pousadas e aluguéis de temporada podem se tornar focos de proliferação do mosquito se não forem bem mantidos. Eventos e festivais aumentam o risco de transmissão e pressionam os serviços de saúde, complicando a resposta a surtos. A mobilidade da população turística exige uma coordenação eficaz entre autoridades locais e regionais, e campanhas de conscientização contínuas e adaptadas são essenciais para garantir que residentes e turistas sigam as medidas preventivas.

A Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (PROVEG), instituída pelo governo brasileiro, visa recuperar florestas e vegetações nativas, com foco especial em áreas urbanas e de preservação permanente. A restauração de áreas degradadas e a proteção de remanescentes de vegetação nativa são estratégias fundamentais para o controle sustentável da dengue.

Projetos de reflorestamento e a criação de corredores ecológicos podem reverter parcialmente os efeitos do desmatamento, promovendo a biodiversidade e criando ambientes menos propícios para os mosquitos. Além disso, políticas públicas que incentivam a manutenção de áreas verdes urbanas são essenciais para garantir que as cidades possam enfrentar os desafios trazidos pelas mudanças climáticas e a urbanização descontrolada (Brasil, 2023).

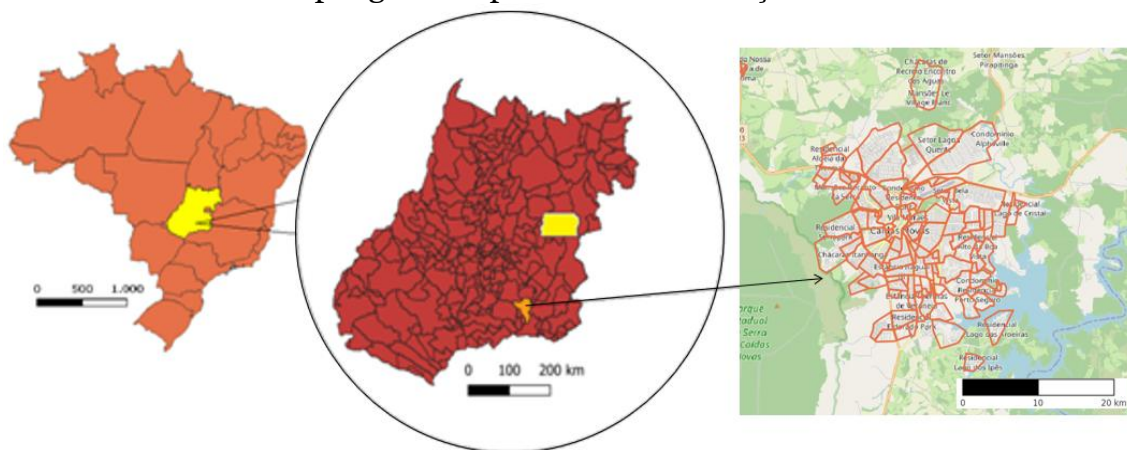
Considerando a doença como um problema emergente de saúde pública, o estudo da relação entre a ocorrência de dengue e a distribuição por bairros da vegetação em Caldas Novas pode ampliar a capacidade preditiva e antecipar ações dos agentes de controle de endemias. A hipótese deste estudo é que a cobertura vegetal urbana está espacial e temporalmente associada a incidência de casos de dengue em Caldas Novas, Goiás.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Área de Estudo foi o perímetro urbano de Caldas Novas, Goiás, que se localiza na região centro-oeste do Brasil (Figura 1). De acordo com o IBGE (2022), a população total é de 98.622 habitantes, com densidade demográfica de 61,33 habitantes por quilômetro quadrado.

Figura 1 -Localização do município de Caldas Novas no sudoeste do estado de Goiás e os polígonos espaciais de delimitação dos bairros.



Fonte: Os autores, 2024.

O município atrai milhares de turistas todos os dias, sendo conhecido por ser a maior estância hidrotermal do mundo, possuindo águas que brotam do chão em temperaturas que variam de 43°C a 70°C. A principal fonte de renda do município é o turismo. Na alta temporada, a cidade chega a comportar mais de 500 mil turistas. A precipitação média anual de chuva na região é de aproximadamente 1484 mm e cerca de 90% desse total ocorre entre os meses de outubro e abril (Inmet, 2024).

Caldas Novas foi selecionada para esse estudo devido à alta disseminação de notificações de dengue no município, e pela alta variabilidade de cobertura vegetal na área urbana dos bairros. Entre outros aspectos, a seleção da área estudada considerou o apoio e colaboração do município, pela disponibilidade de dados por parte da Secretaria Municipal de Saúde do município.

Durante o período de 2018 a 2022, os bairros de Caldas Novas passaram por diversas mudanças significativas. Houve crescimento demográfico expansão do turismo e alterações na infraestrutura urbana, como a construção de novos edifícios e melhorias em serviços básicos.

Coleta de dados

Para o estudo da relação entre a vegetação urbana e a incidência de dengue, foram extraídos dados epidemiológicos sobre notificações e focos de dengue, fornecidos pelo Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) e pelo Departamento de Endemias do município. (Caldas Novas, 2022; Brasil, 2022) Complementarmente, os dados de cobertura vegetal foram obtidos a partir do processamento de imagens do satélite Sentinel 2-A.

Dados Epidemiológicos

Os dados epidemiológicos de dengue utilizados neste estudo foram disponibilizados pela Vigilância Epidemiológica de Caldas Novas, a partir de planilhas extraídas do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), sistema oficial do Ministério da Saúde para o registro dessas ocorrências. As planilhas continham os casos positivos de dengue e os respectivos endereços dos notificantes, o que possibilitou a agregação das informações por bairro e a realização da análise em escala intraurbana (Brasil, 2022).

A série temporal considerada abrangeu os anos de 2018 a 2022. Além disso, foram utilizados dados complementares do Departamento de Endemias do município, que, a partir das notificações de casos positivos, realiza visitas em campo para identificação e eliminação de focos de *Aedes aegypti*. Esses registros, também organizados por bairro, forneceram informações adicionais sobre a distribuição espacial dos criadouros do vetor no período analisado.

Dados de Vegetação

Dados de cobertura vegetais obtidos a partir do processamento de imagens de Satélite Sentinel 2-A. (Agência Espacial Europeia, 2022). As imagens foram processadas pelo software “ClassFito”. De acordo com Marciano (2023, p. 30), “é um software desenvolvido para a classificação de fitofisionomias utilizando imagens a partir do treinamento supervisionado de modelos *randomforest* de classificação de vegetação e não vegetação”.

Para compreender melhor o papel da vegetação na incidência de casos de dengue em Caldas Novas, as imagens utilizadas neste estudo foram selecionadas exclusivamente para o período de estiagem (maio a setembro) de 2018 a 2022. Essa escolha metodológica teve como objetivo reduzir interferências associadas à cobertura de nuvens e à variação sazonal da fenologia, comuns no período chuvoso, que poderiam comprometer a acurácia da classificação da cobertura vegetal. Além disso, o período seco permite identificar com maior clareza os contrastes entre áreas de vegetação preservada e superfícies urbanizadas, assegurando maior consistência na comparação interanual.

Embora a reprodução do *Aedes aegypti* seja mais intensa durante a estação chuvosa, a cobertura vegetal constitui um atributo estrutural relativamente estável no espaço urbano, de modo que a tendência de associação entre maior presença de vegetação e menor incidência de casos de dengue permanece válida independentemente da estação analisada. O que poderia variar no período chuvoso é a resposta espectral momentânea da vegetação, sem alterar de forma substancial o padrão de correlação observado neste estudo. Dessa forma, considera-se que a utilização das imagens da estação seca oferece um retrato confiável e comparável da cobertura vegetal dos bairros ao longo dos anos, sem comprometer a interpretação epidemiológica proposta.

Os polígonos espaciais dos bairros de Caldas Novas foram construídos com o software QGIS (QGIS, 2024). A delimitação dos bairros foi baseada no mapa oficial do município fornecido pela prefeitura de Caldas Novas, que segue as diretrizes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Além disso, os agentes de endemias trabalham por localidade e possuem mapas detalhados de cada bairro e quarteirão em desenhos cartográficos. Esses mapas foram transformados em dados vetoriais.

Análise de Dados

Foram especificadas duas variáveis respostas para abordar diferentes aspectos do problema estudado: a incidência de casos de dengue reflete diretamente o impacto na saúde pública, enquanto a densidade de mosquitos revela as condições ambientais que favorecem a transmissão da doença. O uso

dessas duas variáveis contempla tanto os aspectos epidemiológicos (casos de dengue) quanto os ecológicos (densidade de mosquitos).

Foram ajustados modelos lineares generalizados binomial negativo para o número de notificações e para número de focos de dengue em função do ano, da cobertura vegetal de cada bairro e da cobertura vegetal de bairros vizinhos. As coordenadas geográficas dos centróides dos bairros foram utilizadas para modelar a autocorrelação espacial de acordo com o modelo gaussiano de semivariância espacial. O critério da informação de Akaike (AIC) foi utilizado para a escolha do modelo, por avaliar a qualidade relativa de modelos estatísticos para um conjunto de dados levando em conta o equilíbrio entre a qualidade do ajuste e a complexidade do modelo. O erro médio absoluto foi usado como medida do grau de ajuste, baseado na média das diferenças absolutas entre os valores preditos e os valores observados. Os modelos foram ajustados com o pacote *mgcv* (Wood, 2011) do software R (R Core Team, 2023).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram obtidos dados de casos positivos de dengue de 2018 a 2022, junto ao setor de Vigilância Epidemiológica do município de Caldas Novas, conforme a Tabela 1, em que são apresentados os bairros com maior incidência. Observa-se variações significativas tanto ao longo dos anos quanto entre os diferentes bairros. Nota-se que 2022 foi um ano particularmente crítico para a dengue em Caldas Novas.

Tabela 1 -Número de casos de dengue entre 2018 e 2022 em bairros de Caldas Novas, Goiás.

Bairros	2018	2019	2020	2021	2022	TOTAL
Santa Efigênia	31	144	66	10	160	411
Parque Real	27	121	36	9	92	285
Caldas do Oeste	22	58	39	16	137	272
Mansões	19	52	40	10	95	216
Itanhangá I	30	45	28	3	95	201
Nova Vila	11	62	33	2	86	194
Jardim Serrano	11	61	21	5	71	169

Fonte: Os autores, 2024.

Santa Efigênia, além de ter sido um dos bairros mais afetados pela dengue, também é um dos mais populosos, o que pode contribuir para a maior incidência

de casos devido à densidade populacional. Parque Real e Caldas do Oeste seguiram o mesmo padrão, com grandes populações e, consequentemente, um número significativo de casos de dengue ao longo dos anos. Entretanto, não foi possível calcular a taxa proporcional de casos de dengue em relação ao número de habitantes por bairro, uma vez que o município não disponibiliza dados populacionais desagregados nessa escala espacial.

Dessa forma, os resultados foram analisados a partir dos números absolutos de notificações, reconhecendo-se que outros fatores, como infraestrutura urbana, saneamento básico, condições socioeconômicas e acesso à informação em saúde, também exercem influência significativa na dinâmica da transmissão da dengue. Assim, a presença ou ausência de vegetação deve ser interpretada em conjunto com esses determinantes, e não isoladamente como explicação única para a ocorrência dos casos.

O modelo de classificação da vegetação apresentou acurácia de média de 94,90%. A Tabela 2 apresenta os resultados de desempenho do modelo treinado para a classificação/detecção da vegetação urbana de Caldas Novas. O modelo corretamente identificou 95,1% dos pontos (pixels) de selecionados para treinamento como "Não Vegetação" (verdadeiros negativos) e 94,6% dos pontos como "Vegetação" (verdadeiros positivos). Erros de classificação, portanto, ficaram na casa dos 5%, tanto para falsos positivos quanto para falsos negativos. A resolução espacial das imagens de satélite utilizadas aliada a alta precisão do modelo treinado justificam a metodologia adotada para a obtenção dos dados de cobertura vegetal.

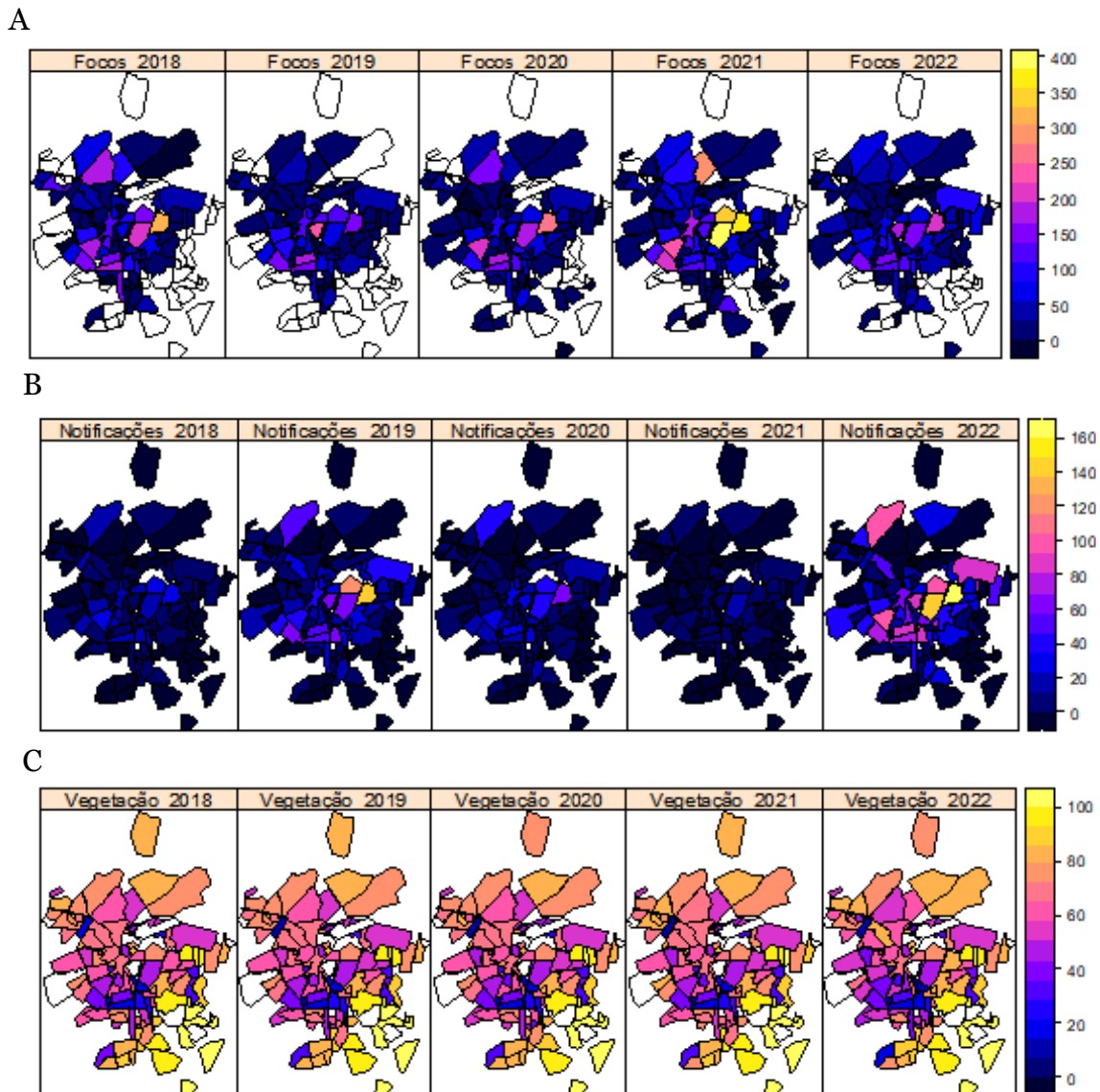
Tabela 2 -Matriz de confusão do modelo *randomforest* utilizado para a predição contendo a quantidade de pixels de vegetação/não vegetação na zona urbana de Caldas Novas, Goiás, para o período de 2018 a 2022. Entre parênteses o percentual de classificações corretas

Classe Real	Classe predita pelo modelo	
	Não Vegetação	Vegetação
Não Vegetação	8573 (95,1 %)	438
Vegetação	484	8434 (94,6 %)

Fonte: Os autores, 2024.

O número de casos de dengue e o número de notificações, bem como a estimativa de cobertura vegetal (%) dos 126 existentes são apresentados na Figura 2.

Figura 2 - Mapa de (A) incidência (número de focos), (B) notificações de dengue, (C) cobertura vegetal (%) entre 2018 e 2022 em bairros de Caldas Novas, Goiás.



Fonte: Os autores, 2024.

Na Figura 2A estão os quantitativos de focos de dengue, classificados através das visitas realizadas pelos agentes de endemias, ao qual in loco realizam a coleta de ovo, pupa ou larva para análise entomológica e eliminam o possível foco do *Aedes*. Em 2018, 2020 e 2022, os focos estão mais dispersos por toda a

cidade. Em contrapartida, em 2019 e 2021, há uma concentração mais intensa em áreas específicas.

Na Figura 2B, pode-se observar a bairros com números de notificações de casos de diagnóstico positivo de dengue. As notificações seguem um padrão espacial semelhante ao dos focos de dengue. Em 2019 e 2021, as áreas com altas concentrações de notificações coincidem com as áreas de alta densidade de focos de dengue, sugerindo uma correlação direta entre a presença de mosquitos e a incidência de casos de dengue. Apesar das variações anuais, certas regiões consistentemente registram mais notificações, indicando zonas críticas que requerem atenção constante das autoridades de saúde.

Na Figura 2C está representada a porcentagem de cobertura vegetal de cada bairro. Observa-se uma distribuição espacial relativamente estável ao longo dos anos. As áreas com maior cobertura vegetal são indicadas pelas cores mais quentes nas imagens. Essas áreas estão espalhadas por diversos bairros, mas há uma tendência de maior cobertura na região sul.

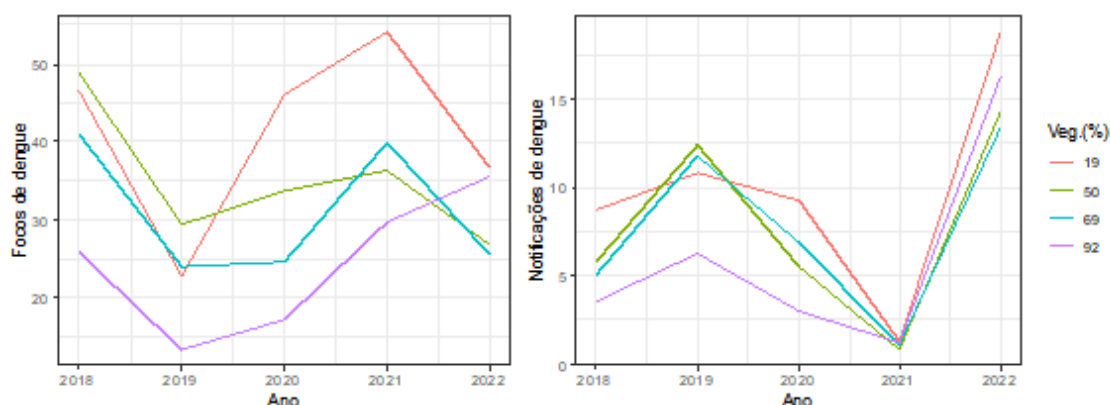
Bairros como Jardim Esmeralda e Serrinha se destacam como áreas críticas, apresentando altas concentrações de focos e notificações de dengue, especialmente nos anos de 2019 e 2021. Em contrapartida, bairros como Buriti Mirim e Residencial Nova Canaã, que possuem uma cobertura vegetal mais densa, mostraram uma menor incidência de focos e notificações de dengue. Esse resultado indica que a vegetação pode ter um efeito mitigador na proliferação do mosquito *Aedes aegypti*.

Os bairros mais populosos de Caldas Novas, como Santa Efigênia, Parque Real e Caldas do Oeste, apresentaram uma alta incidência de casos de dengue e baixa cobertura vegetal. A cobertura vegetal pode influenciar a presença e a reprodução do mosquito *Aedes aegypti*, afetando a incidência de dengue.

No Gráfico 1 está a representação da evolução dos focos de dengue e notificações nos bairros ao longo dos anos, separados por níveis médios de cobertura vegetal (19%, 50%, 69%, 92%). As variações anuais sugerem que além da cobertura vegetal, outros fatores estão influenciando a incidência de dengue, como condições climáticas, ações de controle de vetores e variações na população de mosquitos. Os bairros com 92% de vegetação mostram consistentemente

menos casos de dengue. Esse resultado sugere uma associação entre a presença de áreas verdes e a menor incidência da doença, embora seja importante reconhecer que outros fatores demográficos, sociais e estruturais também podem influenciar esse padrão.

Gráfico 1-Número médio de focos (à esquerda) e de notificações (à direita) de dengue de grupos de bairros de acordo com o percentual de cobertura vegetal (%) de 2018 a 2022.



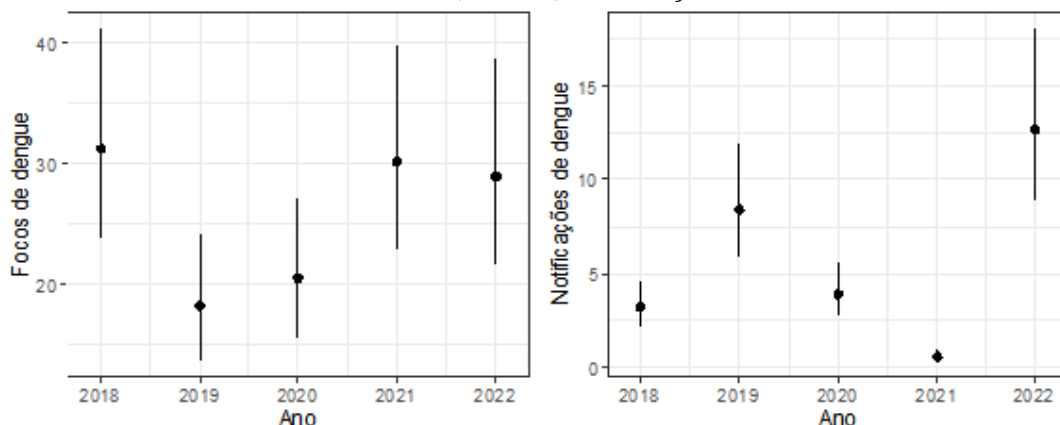
Fonte: Os autores, 2024.

A partir dos modelos estatísticos ajustados, observou-se, para ambas as variáveis, focos e notificações de dengue, efeito significativo ($p < 0.05$) do fator tempo (2018-2022). No entanto, a cobertura vegetal não apresentou efeito ($p = 0.712$) para focos. Por outro lado, para notificações de dengue, cobertura vegetal ($p = 0.0408$) apresentou efeito significativo. Não foi detectado efeito ($p > 0.05$) da cobertura vegetal de bairros vizinhos sobre focos ou notificações de dengue.

No Gráfico2apresentam-se os intervalos de 95% de confiança para as médias do número de focos de dengue e do número de notificações de dengue. Observa-se o efeito do tempo nos focos e nas notificações de dengue.

Em relação aos focos de dengue (Gráfico 2), observa-se entre 2019 e 2020 uma ligeira redução para cerca de 20 focos por bairro, em média. Nos anos de 2021 e 2022, o número de focos aumenta novamente. Já o número médio notificações de dengue por bairro foi cerca de 10 vezes maior em 2022 em relação a 2021, ano este em que se percebe uma queda drástica de notificações.

Gráfico 2 - Intervalos de 95% de confiança para as médias de número de focos (à esquerda) e número de notificações de dengue (à direita) em bairros de Caldas Novas, Goiás, em função do ano.



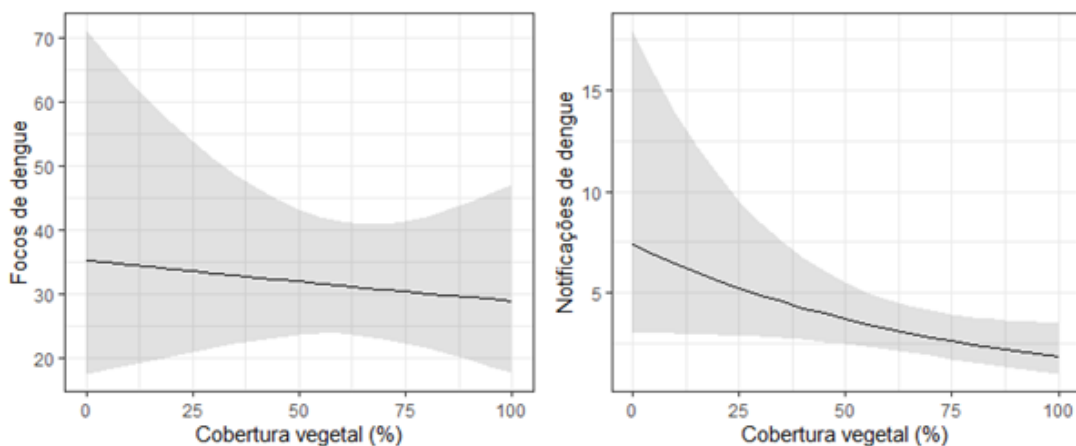
Fonte: Os autores, 2024.

No Gráfico 3 apresenta-se o ajuste de modelos para a predição do número de focos de dengue (à esquerda) e notificações de dengue (à direita) em função do percentual de cobertura vegetal. À medida que a cobertura vegetal aumenta, há uma tendência de diminuição tanto no número de focos quanto no número de notificações de dengue. As bandas de 95% de confiança são mais largas nos extremos, indicando maior incerteza nas predições nessas faixas.

Para notificações de dengue, a relação inversa com a cobertura vegetal é mais clara, com áreas de baixa cobertura vegetal mostrando mais notificações e áreas de alta cobertura vegetal apresentando menos notificações. As bandas de confiança seguem o mesmo padrão, com maior precisão na faixa intermediária de cobertura vegetal (25-75%). De acordo com Tewari *et al.* (2023), a presença de áreas verdes urbanas está correlacionada com uma redução significativa na incidência de dengue, indicando que políticas de aumento da vegetação podem ser eficazes na mitigação do risco da doença. A densidade de mosquitos é fortemente influenciada por fatores ambientais, como a disponibilidade de recipientes de água e a cobertura de vegetação (Roiz *et al.*, 2024).

Os erros médios absolutos de 23,1 focos e 5,7 notificações sugerem que as predições do modelo são razoavelmente confiáveis.

Gráfico 3 - Ajuste de modelos para predição do número de focos (à esquerda) e de notificações de dengue (à direita) em bairros de Caldas Novas, Goiás, em função do percentual de cobertura vegetal em cada bairro. As regiões sombreadas representam bandas de 95% de confiança. Erros médios absolutos: 23,1 focos e 5,7 notificações.



Fonte: Os autores, 2024.

Valladares *et al.* (2019) observaram que a maior incidência de dengue no primeiro semestre do ano em Teresina está correlacionada com condições ambientais ideais, como temperatura do ar e precipitação, que aumentam a superfície ocupada por corpos d'água. O *Aedes aegypti* é altamente antropofílico, preferindo se alimentar de sangue humano. Em áreas densamente povoadas, a abundância de hospedeiros humanos facilita a sobrevivência e reprodução dos mosquitos. Segundo Juliano e Lounibos (2005), a ecologia dos mosquitos invasores é fortemente influenciada pelas práticas humanas que criam e mantêm habitats adequados para a reprodução dos mosquitos. A promoção de ambientes que favoreçam a presença desses predadores naturais contribui para a regulação das populações de mosquitos e para a redução da incidência de dengue, promovendo um ambiente urbano mais saudável e equilibrado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há significativa importância da vegetação urbana na redução da incidência de dengue em Caldas Novas, Goiás. Um dos principais resultados deste estudo é a associação negativa entre a cobertura vegetal e os casos de dengue registrados. Essa redução pode ser atribuída à criação de ambientes menos propícios para a

proliferação do mosquito *Aedes aegypti*, principal vetor da doença, bem como ao papel da vegetação de barreira física, visual, e de regulação climática local, criando microclimas mais frescos e úmidos que podem interferir na sobrevivência e reprodução dos mosquitos transmissores da dengue.

Além dos benefícios diretos na redução da dengue, a presença da vegetação traz consigo benefícios adicionais como a melhoria da qualidade do ar, a redução do estresse térmico em áreas urbanas e a promoção da biodiversidade local. Esses aspectos ressaltam a importância não apenas na saúde pública, mas também na qualidade de vida e no equilíbrio ambiental das áreas urbanas.

Embora os resultados deste estudo indiquem associação entre a cobertura vegetal e a incidência de dengue em Caldas Novas, é fundamental reconhecer que a dinâmica da doença no Brasil envolve múltiplos fatores. Além das condições ambientais, variáveis sociais e políticas exercem papel decisivo na determinação do risco, como a disponibilidade de saneamento básico, a qualidade da infraestrutura urbana, a desigualdade socioeconômica e a eficácia das políticas públicas de vigilância e controle vetorial. Dessa forma, a presença ou ausência de vegetação deve ser interpretada em conjunto com esses determinantes mais amplos, reforçando a necessidade de abordagens integradas que articulem saúde pública, planejamento urbano e políticas ambientais.

REFERÊNCIAS

ABDULLAH, N. A. M. H.; DOM, N. C.; SALLEH, S. A.; DAPARI, R.; Dengue's climate conundrum: how vegetation and temperature shape mosquito populations and disease outbreaks. **BMC Public Health**, Londres, v. 25, n. 4, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12889-024-21105-4>. Acesso em: 2 set. 2025.

AGÊNCIA ESPACIAL EUROPÉIA (ESA). **Dados de cobertura vegetal obtidos a partir do processamento de imagens de Satélite Sentinel 2-A**. [S.l.], 2022. Disponível em: <https://www.esa.int>. Acesso em: 12 mar. 2024.

ANDRADE, A. C.; FALCÃO, L. A. D.; BORGES, M. A. Z.; LEITE, M. E.; SANTO, M. M. E.; Are land use and cover changes and socioeconomic factors associated with the occurrence of dengue fever? A case study in Minas Gerais State, Brazil. **Resources**, Basel, Switzerland, v. 13, n. 3, p. 38, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-9276/13/3/38>. Acesso em: 2 jun. 2024.

AZEVEDO, T. S.; SALLUM, M. A.M. The use of geographic information systems in the determination of areas at risk of dengue in the São Paulo state. **Geografia**, [S.l.], v. 42, n. 2, p. 121–134, 2018. DOI: 10.5016/geografia.v42i2.13075. Disponível em:

<https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/13075>. Acesso em: 10 jan. 2023

SOUSA, S. C. **Análise espacial dos casos e fatores associados aos óbitos por dengue em área urbana na região metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais**. 2021. 150 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2021. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/52399/1/Tese_Selma_Final.pdf. Acesso em: 09 fev. 2024.

BARBOSA, I. R.; SILVA, L. P. da. Influência dos determinantes sociais e ambientais na distribuição espacial da dengue no município de Natal-RN. **Revista Ciência Plural**, Natal, Brasil. 1, n. 3, p. 62-75, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/rcp/article/view/8583>. Acesso em: 28 mai. 2024.

BRASIL. **Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN):** notificações de dengue em Caldas Novas. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2022. Disponível em: <https://sinan.saude.gov.br>. Acesso em: 2 set. 2025.

BRASIL. **Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (PROVEG)**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-biomas/biomas-e-ecossistemas/conservacao-1/politica-nacional-de-recuperacao-da-vegetacao-nativa>. Acesso em: 8 mai. 2024.

CALDAS NOVAS. **Departamento de Endemias**. Banco de dados de focos de dengue em domicílios urbanos. Caldas Novas, 2022. Documento institucional não publicado.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estimativas da população residente no Brasil e unidades da federação com data de referência em 1º de julho de 2021**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/caldas-novas/panorama>. Acesso em: 15 jun. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Relatório Climático Anual 2024**. Brasília: INMET, 2024. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 13 abr. 2024.

JULIANO, S. A.; LOUNIBOS, L. P. **Ecology of invasive mosquitoes: effects on resident species and on human health**. *Ecology Letters*. [S.l.], v. 8, n. 5, p. 558-574, 2005. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1461-0248.2005.00755.x>.
Acesso em: 23 jan. 2023.

LAGE, M. **Identificação e classificação de áreas urbanas propícias à existência de criadouros do mosquito *Aedes Aegypti* via sensoriamento remoto**. 2021. 172 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/106/106132/tde-19012021-142800/publico/TESE_MARIANA_LAGE_VERSAO_CORRIGIDA.pdf. Acesso em: 06 jul. 2024.

LINS, T. M. P. **Análise de locais com potencial risco de transmissão de arboviroses usando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/34639/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20Tayn%C3%A3%20Maria%20Pinto%20Lins.pdf>. Acesso em: 19 set. 2023.

MARCIANO, J. M. V. **Classfito: software para a classificação de fitofisionomias por imagens**. 2023. 30 f. Dissertação (Mestrado em Conservação dos Recursos Naturais do Cerrado) – Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, Urutaí, 2023. Disponível em: https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcursos/uploads/anexos_8/2023-09-25-09-53-49Produto%20Classfito_%20Juan%20Morysson%20overs%C3%A3o%20final.pdf. Acesso em: 1 mar. 2023.

MATOS, A. F. F.; LARA, S. S.; NEVES, R. J.; NEVES, S. M. A. S.; FERNANDES, R. S. Geotechnologies applied to disease risk analysis related to the environment in the Upper Paraguai Watershed, from 2007 to 2011. **Geografia**, [S.l.], v. 40, p. 177–193, 2016. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/11161>. Acesso em: 14 nov. 2023.

NORRIS, D. E. Mosquito-borne diseases as a consequence of land use change. **EcoHealth**, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 19–21, 2004. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10393-004-0008-7>. Acesso em: 09 jun. 2024.

OLIVEIRA, J. G.; NETTO, S. A.; FRANCISCO, E. O.; VIEIRA, C. P.; VARIZA, P. F.; ISER, B. P. M.; LIMA-CAMARA, T. N.; LORENZ, C.; PROPHIRO, J. S. *Aedes aegypti* in Southern Brazil: spatiotemporal distribution dynamics and association with climate and environmental factors. **Tropical Medicine and Infectious Disease**, [S.l.], v. 8, n. 2, p. 77, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2414-6366/8/2/77>. Acesso em: 3 mar. 2024.

QGIS. **QGIS Geographic Information System**. Open Source Geospatial Foundation Project. [S.l.], [S.d.]. Disponível em: <https://qgis.org>. Acesso em: 16 jan. 2024.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, 2023. Disponível em: <https://r-project.org>. Acesso em: 16 jan. 2024.

GARCÍA-SUÁREZ, O.; TOLSÁ-GARCÍA, M. J.; ARANA-GUARDIA, R.; RODRÍGUEZ-VALENCIA, V.; TALAGA, S.; PONTIFES, P. A.; MACHAIN-WILLIAMS, C.; SUZÁN, G.; ROIZ, D. Seasonal mosquito (Diptera: Culicidae) dynamics and the influence of environmental variables in a land use gradient from Yucatan, Mexico. **Acta Tropica**, [S.l.], v. 257, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001706X24001578>. Acesso em: 15 jun. 2024.

TEWARI, P.; GUO, P.; DICKENS, B.; MA, P.; BANSAL, S.; LIM, J. T. Associations between dengue incidence, ecological factors, and anthropogenic factors in Singapore. **Viruses**, [S.l.], v. 15, n. 9, p. 1917, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1999-4915/15/9/1917>. Acesso em: 8 jun. 2024.

VALLADARES, G. S.; HASSUM, I. C.; ALBUQUERQUE, E. L. S.; SANTOS, A. C. dos. Influência de variáveis ambientais na ocorrência da dengue utilizando geoprocessamento em Teresina, Piauí. **Hygeia**, [S.l.], v. 15, n. 34, p. 102-114, dez. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1123596/influencia-de-variaveis-ambientais-na-ocorrencia-da-dengues-utilizando-geoprocessamento-em-teresina-piaui>. Acesso em: 28 jan. 2023.

WOOD, S. N. Fast stable restricted maximum likelihood and marginal likelihood estimation of semiparametric generalized linear models. **Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology)**, [S.l.], v. 73, n. 1, p. 3-36, 2011. Disponível em: <https://rss.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1467-9868.2010.00749.x>. Acesso em: 11 jan. 2024.

Recebido em 13 de julho de 2024
Aceito em 20 de outubro de 2025

Financiamento: Os autores não declaram nenhum tipo de financiamento ou bolsa para desenvolvimento da pesquisa.

Conflito de interesses: Os autores declaram que não há conflito de interesses na tramitação deste manuscrito no processo editorial.

Disponibilidade de dados: Os dados utilizados estão integralmente apresentados ou descritos no próprio manuscrito.

Editores responsáveis:

Yasmin Penha Moral 

Bruna da Rocha 

Murilo Henrique Rodrigues de Oliveira 

Contribuição das autorias:

Yasmin da Cunha Lima: Concepção; Metodologia; Investigação; Curadoria de dados; Visualização; Redação – rascunho original; Redação – revisão e edição.

Anderson Rodrigo da Silva: Supervisão; Software; Análise formal; Validação; Metodologia; Redação – revisão e edição.