



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

**VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL NA OCORRÊNCIA DE *Aedes* spp. (DIPTERA: CULICIDAE) NO
ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL**

Layna Tayná Brito Leite

Dissertação apresentada à Fundação
Universidade Federal de Mato Grosso
do Sul, como requisito à obtenção do
título de Mestre em Biologia Animal.
Área de concentração: Zoologia.

Orientadora: Dra. Alessandra Gutierrez de Oliveira

Campo Grande, MS

Março, 2024



ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL
MESTRADO

Ao primeiro dia do mês de março do ano de dois mil e vinte e quatro, às treze horas e trinta minutos, por videoconferência, reuniu-se a Banca Examinadora composta pelos membros: Dr^a. ALESSANDRA GUTIERREZ DE OLIVEIRA (UFMS - Presidente), Dr^a EUNICE APARECIDA BIANCHI GALATI (FSP-USP), Dr^a DENISE VALLE (IOC-Fiocruz) e Dr^a. ALINE ETELVINA CASARIL (UFMS), sob a presidência da primeira, para julgar o trabalho da aluna: LAYNA TAYNÁ BRITO LEITO, do Programa de PósGraduação em Biologia Animal, Curso de Mestrado, da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, apresentado sob o título "**Variação espaço-temporal na ocorrência de Aedes spp. (Diptera: Culicidae) no estado do Mato Grosso do Sul**" e orientação de ALESSANDRA GUTIERREZ DE OLIVEIRA. A Presidente da Banca Examinadora declarou abertos os trabalhos e agradeceu a presença de todos os Membros. A seguir, concedeu a palavra à aluna que expôs sua Dissertação. Terminada a exposição, as senhoras membros da Banca Examinadora iniciaram as arguições. Terminadas as arguições, a presidente da Banca Examinadora fez suas considerações. A seguir, a Banca Examinadora reuniu-se para avaliação, e após, emitiu parecer expresso conforme segue:

EXAMINADOR

ALESSANDRA GUTIERREZ DE OLIVEIRA (UFMS - Presidente)

EUNICE APARECIDA BIANCHI GALATI (FSP-USP)

DENISE VALLE (IOC-Fiocruz)

ALINE ETELVINA CASARIL (UFMS)

WAGNER DE SOUZA FERNANDES (UFMS - Suplente)

LUIS GUSTAVO RODRIGUES OLIVEIRA SANTOS (UFMS -
Suplente)

RESULTADO FINAL:

(X) Aprovação () Reprovação

OBSERVAÇÕES:

Nada mais havendo a ser tratado, o Presidente declarou a

Ata de banca de defesa de dissertação (4683639) SEI 23104.006285/2022-43 /
pg. 1

sessão encerrada e agradeceu a todos pela presença.

Campo Grande, 1º de março de 2024.

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Alessandra Gutierrez de Oliveira, Membro de Colegiado**, em 04/03/2024, às 14:43, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **denise valle, Usuário Externo**, em 04/03/2024, às 16:47, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Eunice Aparecida Bianchi Galati, Usuário Externo**, em 05/03/2024, às 10:47, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

Documento assinado eletronicamente por **Aline Etelvina Casaril Arrua, Técnico de Laboratório Area**, em 05/03/2024, às

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



16:31, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4683639** e o código CRC **OFD84F00**.

COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

Av Costa e Silva, s/nº - Cidade

Universitária

Fone:

CEP 79070-900 - Campo Grande - MS

Referência: Processo nº 23104.006285/2022-43

SEI nº 4683639

Ata de banca de defesa de dissertação (4683639)
pg. 2

SEI 23104.006285/2022-43 /

Ata de banca de defesa de dissertação (4683639)
pg. 3

SEI 23104.006285/2022-43 /

LAYNA TAYNÁ BRITO LEITE

**VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL NA OCORRÊNCIA DE *Aedes* spp.
(DIPTERA:CULICIDAE) NO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL**

Dissertação apresentada à Fundação
Universidade Federal de Mato Grosso do
Sul, como requisito à obtenção do título
de Mestre em Biologia Animal.

Área de concentração: Zoologia.

Orientadora: Dra. Alessandra Gutierrez de
Oliveira

CAMPO GRANDE - MS

2024

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, por estar ao meu lado me guiando e orientando para não desistir em momentos que achei que não conseguiria seguir até o fim.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul e ao Programa de Pós-graduação em Biologia Animal pela oportunidade de realizar este mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) ao auxílio para investimento na publicação do manuscrito gerado deste trabalho.

À coordenação estadual de vetores – CCV/SES pela cedência dos dados entomológicos para análise, sem o qual não conseguiríamos realizar este trabalho.

À minha família (mãe, padastro, irmãos e sobrinhas) por sempre torcerem por mim mesmo estando tão distantes se fizeram presentes a cada passo que dei nesta jornada.

Aos meus amigos do Laboratório de Tecnologia Farmacêutica que sempre estiveram do meu lado dando apoio não só na parte acadêmica, mas principalmente emocional.

À equipe de pesquisa do Laboratório de Parasitologia Humana por todo apoio nessa reta final.

À minha orientadora Dra. Alessandra Gutierrez de Oliveira pelo suporte, compreensão e incentivo.

Ao professor Dr. Luiz Gustavo Rodrigues O. Santos pelo suporte nas análises estatísticas.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada!

RESUMO

Aedes aegypti (Linnaeus, 1762) e *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) são vetores de diversos patógenos que incluem os vírus: dengue, chikungunya e Zika. O aumento das infecções transmitidas por esses vetores nas últimas décadas se tornou uma preocupação global. Em Mato Grosso do Sul o cenário epidemiológico é desafiador, por causa do aumento dos índices de dengue, concomitante à circulação dos vírus chikungunya e Zika, que tem como principal vetor o *Aedes aegypti*. O objetivo do estudo consistiu em investigar padrões espaço-temporais e fatores que influenciam na dinâmica de *A. aegypti* para fortalecer as medidas de seu controle e das epidemias associadas a esse vetor. Neste estudo, foi investigado o índice de infestação larvário de *Aedes* spp. nos 79 municípios de Mato Grosso do Sul (MS), no período de 2011 a 2021. Utilizamos um modelo multinível para identificar como as variáveis podem influenciar nos padrões de distribuição intra-sazonal do *A. aegypti*, tais como: temperatura, precipitação e o índice de desenvolvimento humano (IDH). De acordo com o levantamento de dados, constatamos a presença das formas imaturas de desta espécie nos 79 municípios do estado. Adicionalmente em 30 desses municípios, além da presença de *A. aegypti*, verificamos a de *Aedes albopictus*. Para prosseguir as análises estatísticas utilizando os modelos multiníveis, utilizamos dados provenientes de 27 municípios que correspondem às 27 estações meteorológicas presentes no estado. Foi considerado apenas o Índice de Infestação Predial (IIP) do *A. aegypti* para estas análises. A precipitação acumulada foi o fator abiótico que apresentou maior significância para identificação dos municípios com focos, demonstrando que períodos chuvosos são aqueles nos quais encontramos maior quantidade de domicílios com focos de *A. aegypti* no estado. O modelo multinível nos permitiu concluir que o perfil sazonal dos focos de *A. aegypti* no estado de MS inclui uma elevada presença das formas imaturas no primeiro e último trimestre do ano, coincidindo com os períodos de temperatura elevada e precipitação; porém, a presença se dá ao longo de todo o ano, tendo uma queda nos meses frios e secos. A análise do IDH mostrou que locais com melhores condições de saneamento e infraestrutura são menos propensos a ter uma alta incidência de focos, como demonstrado no modelo, que aponta que locais com IDH alto possuem baixa incidência e alta sazonalidade dos focos. Através do modelo do perfil sazonal do estado, esperamos contribuir no direcionamento das estratégias de saúde, para o combate à proliferação do *A. aegypti* e, também, contribuir com dados referentes à ocorrência do vetor no Mato Grosso do Sul, ainda escassos.

Palavras-chave: *Aedes aegypti*, padrão sazonal, modelo multinível, vetores, Mato Grosso do Sul

ABSTRACT

Aedes aegypti (Linnaeus, 1762) and *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) are vectors of various pathogens including dengue, chikungunya, and Zika viruses. The increase in infections transmitted by these vectors in recent decades has become a global concern. In the state of Mato Grosso do Sul (MS), the epidemiological scenario is challenging due to the rising dengue rates concurrent with the circulation of chikungunya and Zika viruses, whose primary vector is *A. aegypti*. The objective of the study was to investigate spatiotemporal patterns and factors influencing the dynamics of this vector to strengthen mosquito control measures and epidemic response. This study evaluated the incidence of *Aedes* spp. in 79 cities of Mato Grosso do Sul from 2011 to 2021. A multilevel model was applied to identify how variables may influence intra-seasonal distribution patterns of the vector, such as temperature, precipitation and the Human Development Index (HDI) as a socioeconomic factor. Based on larval infestation index data, we observed the presence of immature forms of *A. aegypti* in all 79 analyzed cities, with *Aedes albopictus* also detected in 30 cities, in addition to *A. aegypti*. Continuing the statistical analyzes with multilevel models, we used data from 27 cities that correspond to the 27 meteorological stations present in the state. Only the House Index (IH) of *A. aegypti* was considered for these analyses. Accumulated precipitation was the most significant abiotic factor for identifying locations with mosquito breeding sites, demonstrating that rainy periods are associated with higher *Aedes* infestation rates in the state. The multilevel model allowed us to conclude that the seasonal profile of *A. aegypti* breeding sites in Mato Grosso do Sul includes a high presence of immature forms in the first and last quarters of the year, coinciding with periods of high temperature and precipitation. However, presence persists throughout the year in an aggregated manner, with a decline during cold and dry months. The HDI confirmed that areas with better sanitation and infrastructure are less susceptible to high infestation rates, as demonstrated by the model indicating that areas with high HDI have low incidence and high seasonality of breeding sites. Therefore, with seasonal profile model of the state, we hope to contribute to directing health strategies in combating the proliferation of *A. aegypti* as also to further studies on vector occurrence in Mato Grosso do Sul, still scarce.

Palavras-chave: *Aedes aegypti*, multilevel model, spatio-temporal patterns, vectors, Mato Grosso do Sul

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	6
RESUMO.....	7
ABSTRACT	8
SUMÁRIO.....	9
CAPÍTULO I	10
1. INTRODUÇÃO	10
1.1 DIFERENÇAS MORFOLÓGICAS ENTRE <i>A. AEGYPTI</i> E <i>A. ALBOPICTUS</i>	11
1.2 CICLO DE VIDA.....	13
1.3 FATORES QUE PODEM INFLUENCIAR NO CICLO DE VIDA DAS ESPÉCIES.....	15
1.3.1 <i>Condições climáticas</i>	15
1.3.2 <i>Fatores socioeconômicos</i>	16
1.4 EPIDEMIOLOGIA E CONTROLE.....	17
1.4.1 <i>Epidemiologia</i>	17
1.4.2 <i>Vigilância e Controle Epidemiológico</i>	18
2. OBJETIVOS	19
2.1 OBJETIVO GERAL.....	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3. METODOLOGIA.....	20
3.1 ÁREA DE ESTUDO	20
3.2 COLETA DE DADOS.....	21
3.3 ANÁLISE DOS DADOS	22
4. RESULTADOS	25
5. REFERÊNCIAS	26
CAPÍTULO II	32
1. ARTIGO.....	32
ANEXO NORMAS PARA SUBMISSÃO DO MANUSCRITO.....	58

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

Aedes aegypti (Linnaeus, 1762) e *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) são mosquitos do gênero *Aedes* pertencentes à família Culicidae, subfamília Culicinae a qual compreende 10 tribos, 34 gêneros e cerca de 3000 espécies [1]. O *A. aegypti* possui grande relevância epidemiológica nas Américas por ser vetor de diversos patógenos [2] causadores de infecções virais como dengue, chikungunya, Zika e febre amarela urbana[3] e estudos vem demonstrando que o *A. albopictus* pode ser um vetor potencial para diversos arbovírus principalmente o da dengue(DENV) [4].

As arboviroses, doenças causadas por vírus transmitido por artrópode, vêm sendo uma grande preocupação para a saúde pública no Brasil. O crescimento urbano desordenado, o processo de globalização e as mudanças climáticas são alguns dos fatores que estão relacionados à emergência dessas arboviroses [5]. A espécie *A. aegypti* é o principal vetor responsável por essas infecções virais. Originário do Egito, a distribuição desse vetor está concentrada nas regiões tropicais e subtropicais, sendo considerado antropofílico e endofílico [6,7]. Esta espécie possivelmente foi introduzida nas Américas através de navios que traficavam escravos no período colonial [8]. Nas décadas de 1930 e 1940 foram realizadas diversas campanhas de erradicação do *A. aegypti* nas Américas, devido à alta incidência de casos de febre amarela urbana. Por volta das décadas 1940 e 1950 essa espécie foi eliminada de praticamente toda a América; e foi considerada erradicada no território brasileiro pela primeira vez em 1955. Em 1967 houve uma reintrodução do vetor e em 1973 uma nova tentativa de erradicação a qual durou por 3 anos, entretanto, devido a falhas na vigilância epidemiológica, mudanças ambientais e climáticas devido ao processo de urbanização desenfreada a espécie retornou ao Brasil no ano de 1976, onde se encontra até o momento atual [9].

Na natureza, para depositar os seus ovos, as fêmeas têm preferência por criadouros artificiais, que acumulam água, como pneus, latas, vidros, geralmente abandonados pelo homem a céu aberto, recipientes de uso doméstico de armazenamento de água, como caixas d'água, piscinas e até mesmo bebedouros de animais de estimação [1].

A espécie *Aedes albopictus* possui origem no sul asiático, invadiu o continente americano no ano de 1985 e, em 1986, foi encontrada no Brasil. Assim como *A. aegypti*, sua

distribuição está associada à presença do homem [1], e ambas as espécies compartilham a mesma preferência trófica por sangue humano [10]; no entanto, *A. albopictus* é mais generalista com relação à alimentação por mamíferos e, prefere lugares com maior vegetação e rurais para seu habitat, em áreas urbanas, essa espécie utiliza dos mesmos criadouros de *A. aegypti* gerando, assim, uma competitividade entre elas [1].

1.1 Diferenças Morfológicas entre *A. aegypti* e *A. albopictus*

Os insetos constituem o grupo mais diversificado do Reino Animal, devido à sua elevada capacidade reprodutiva, dispersão e uma ampla gama de hábitos alimentares, entre outras características. Morfologicamente, o corpo de um inseto é composto por três segmentos distintos: cabeça, tórax e abdômen conforme representados na Fig 1. Na cabeça, são encontrados um par de antenas, olhos compostos e ocelos, bem como as estruturas bucais. No tórax, localizam-se três pares de apêndices locomotores, comumente referidos como patas, além de dois pares de asas, características presentes na maioria dos grupos taxonômicos [11,12].

Os mosquitos do gênero *Aedes* spp. são insetos pertencentes à ordem Diptera e à família Culicidae, conhecidos popularmente como mosquitos, pernilongos ou muriçocas. A probóscide da fêmea adulta é adaptada para perfurar a pele e picar; essas fêmeas necessitam de uma refeição sanguínea (hematofagia) antes de ovipositar. Esses mosquitos desempenham papéis significativos na transmissão de patógenos causadores de doenças [13].

Diferenciar as formas adultas visualmente é bem simples e fácil, pois o *A. aegypti* apresenta um desenho em forma de lira na região do mesonoto, enquanto o *A. albopictus* apresenta apenas uma faixa longitudinal de escamas prateadas[1,11], representado nas Figs 1A e 1B respectivamente.

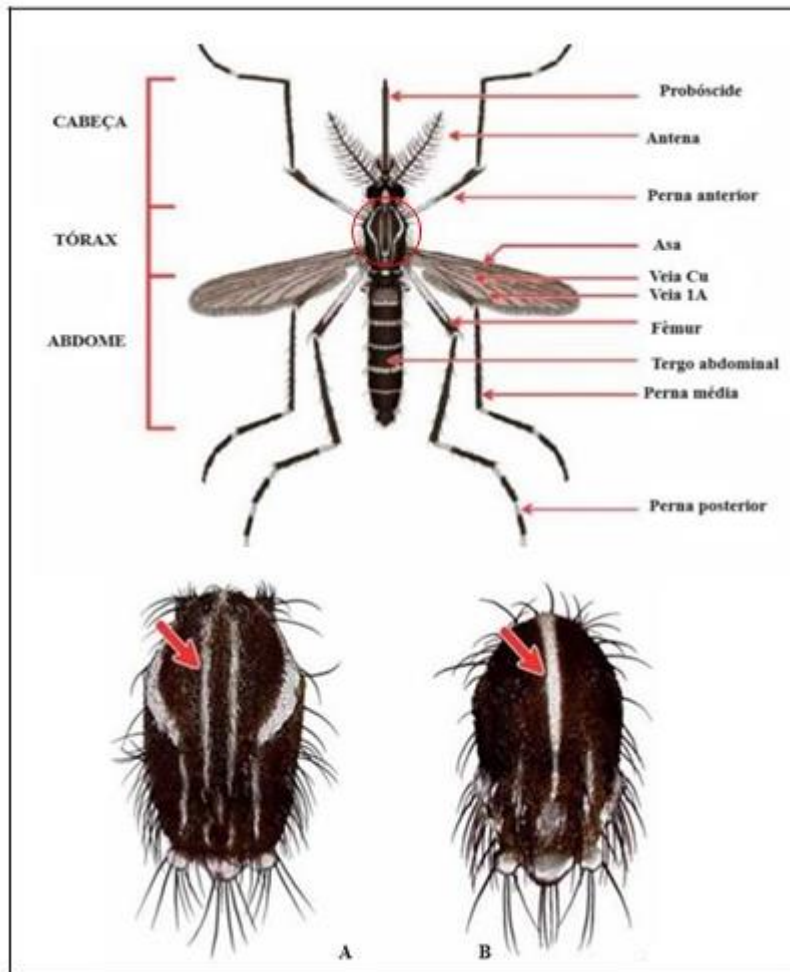


Fig 1. Morfologia externa do mosquito adulto e representação do desenho formado por escamas prateadas localizadas no mesonoto (tórax). A) *Aedes aegypti* (desenho em forma de lira B) *Aedes albopictus* (desenho em forma de faixa longitudinal). Fonte: Rueda, 2004.

As características principais de diferenciação utilizadas pelos laboratórios de controle de vetores do estado, são feitas basicamente pela observação das larvas coletadas em trabalhos de rotina. As larvas do *Aedes spp.* podem ser diferenciadas através do VIII segmento do abdome. Em *A. aegypti* existe uma fileira denominada, escamas do pente, com espinhos subapicais robustos, conforme Fig 2A. Em contrapartida, em *A. albopictus*, as escamas do pente possuem aspecto de um único espinho longo, sem dentes laterais, apenas com pequena serrilha ou franja nas bases laterais [1,11], conforme Fig 2B.

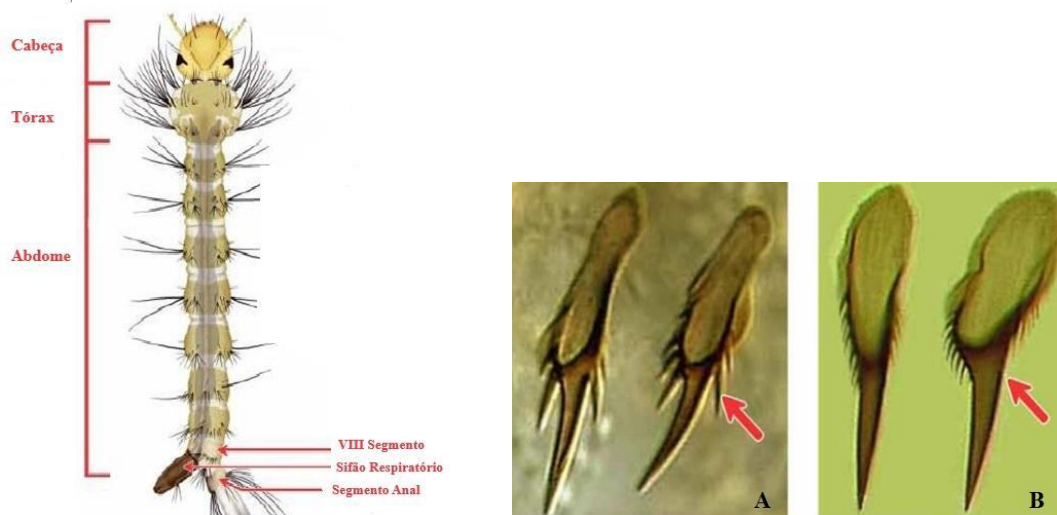


Fig 2. Representação da forma larval do *Aedes spp* e demonstração do VIII segmento do abdome. A) Formato dos dentes localizados no VIII segmento de *Aedes aegypti*. B) Formato dos dentes localizados no VIII segmento de *Aedes albopictus*. Fonte: Rueda, 2004.

1.2 Ciclo de vida

Essas espécies são denominadas holometábolos, pois possuem metamorfose completa durante o ciclo de vida. A duração de seu ciclo pode variar dependendo das condições climáticas e disponibilidade de alimento, e passa por quatro fases: ovo, larva (quatro estádios), pupa e adulto (Fig 3). O desenvolvimento do mosquito, do ovo até a forma adulta, quando em condições favoráveis de temperatura e umidade, dura em média 10 dias [14].

Os mosquitos *A. aegypti* são dotados de ovos com capacidade de resistência à dessecação, permitindo-lhes suportar a desidratação por períodos prolongados. Em uma investigação sobre os ovos do mosquito *A. aegypti* de origem australiana, Faull e Williams (2015), constataram que sua viabilidade permaneceu acima de 88% por até 56 dias [15]. Estudos conduzidos por Farnesi et al., (2017) no Brasil indicaram que espécies de mosquitos com cascas de ovos mais melanizadas exibem maior resiliência à dessecação, sugerindo que a melanização do ovo incrementa sua capacidade de resistência a condições secas. A

resistência dos ovos à dessecação varia de acordo com as espécies, sendo que o tempo de sobrevivência dos ovos de *A. aegypti* foi observado como igual ou superior a 72 horas [16].

Essa resistência confere aos ovos a capacidade de serem dispersados por longas distâncias, em recipientes desprovidos de umidade, e de permanecerem viáveis por um período de até um ano até a temporada subsequente de verão, quando as condições climáticas quentes e chuvosas propiciam sua eclosão e o subsequente desenvolvimento larval, culminando na emergência do mosquito adulto. Em estudos conduzidos por pesquisadores da Fiocruz, foi observada a eclosão dos ovos em até 450 dias quando expostos à água [17,18].

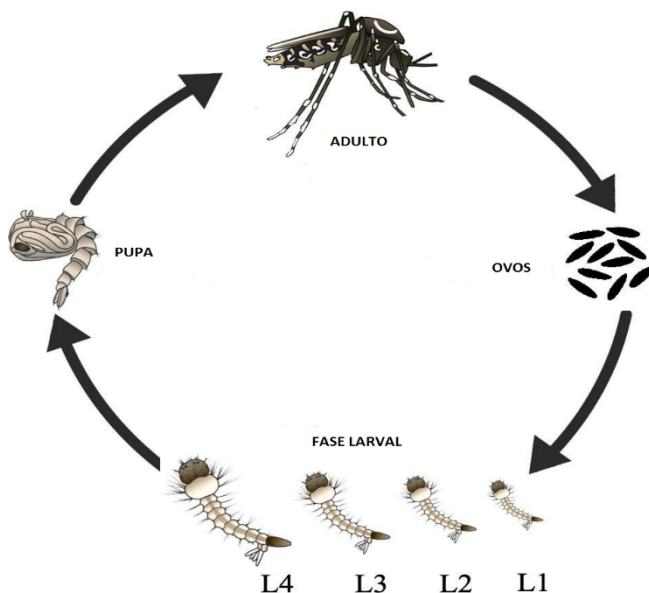


Fig 3. Ciclo biológico dos mosquitos *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*. Fonte: Hossain, et al. (2022).

A fase larval é dividida em quatro períodos: 1º instar(L1), 2º instar(L2), 3º instar(L3) e 4º instar(L4). Durante este período as larvas se alimentam de micro-organismos presentes na água. Após um período de 3-5 dias, as larvas atingem a fase de pupa, a qual também vive na água e após 2 a 3 dias se transforma em adulto [14].

1.3 Fatores que podem influenciar no ciclo de vida das espécies

1.3.1 Condições climáticas

De um modo geral, o desenvolvimento de um inseto pode depender de vários fatores, que incluem disponibilidade de alimentos, temperatura, umidade e, também, a presença de outros organismos no ambiente em que se encontra inserido [19].

Vários estudos vêm sendo elaborados sobre as condições ideais para o desenvolvimento das espécies de *A. aegypti* e *A. albopictus*; foi verificado que as temperaturas ideais para longevidade e fecundidade de adultos de *A. aegypti* estão na faixa de 22° a 30°C. Ensaios em laboratório realizados por Calado et al., (2002) concluíram que temperaturas entre 20° a 25°C são mais favoráveis à longevidade de adultos de *A. albopictus* [20–22].

Conforme a avaliação das mudanças climáticas realizadas por Lorençone et al., (2022), Mato Grosso do Sul apresenta dois períodos bem definidos ao longo do ano: um período seco e outro chuvoso. Análises de agrupamento conduzidas por Souza, et al., (2012) revelaram que as temperaturas médias no estado são elevadas (acima de 23°C) nos meses de setembro e outubro e, durante o inverno (junho-julho), temperaturas abaixo de 18°C são raras. A estação chuvosa, observada de outubro a março/abril, concentra aproximadamente 85% da precipitação anual [23,24].

1.3.2 Fatores socioeconômicos

Além das condições climáticas, os indicadores socioeconômicos como por exemplo, o rápido crescimento demográfico, associado à intensa e desordenada urbanização, a inadequada infraestrutura urbana, o aumento da produção de resíduos e o despreparo da população para o controle dos vetores, também podem influenciar na presença, reprodução e proliferação do mosquito *Aedes sp.*[25]. Mato Grosso do Sul vem apresentando melhoras no acesso aos serviços de saneamento básico, porém ainda não há uma total cobertura desse serviço tanto com relação a área urbana quanto a área rural, conforme consta no plano estadual de saúde 2020-2023 [26].

A desigualdade social desempenha um papel crucial na disseminação do mosquito *Aedes aegypti* e das doenças correlacionadas. Regiões de baixo status socioeconômico tendem a apresentar densidades populacionais mais elevadas do mosquito e incidências mais altas de doenças transmitidas por ele, em contraste com áreas de maior poder aquisitivo [27]. Fatores socioecológicos, como a presença de edifícios abandonados, vegetação densa, níveis educacionais e gestão de resíduos, variam de acordo com o status socioeconômico e podem influenciar a distribuição dos mosquitos [28]. As condições precárias de vida da população no Brasil estão intimamente associadas à presença do mosquito. Comunidades urbanas de baixa renda frequentemente enfrentam carências em infraestrutura sanitária, o que resulta em aglomeração e na criação de ambientes propícios para a proliferação dos mosquitos[28–32]. Em resumo, esses estudos revelam uma concentração dos casos de dengue, chikungunya e Zika em áreas de baixo nível socioeconômico.

1.4 Epidemiologia e Controle

1.4.1 *Epidemiologia*

Arbovírus (do inglês, *arthropod-borne viruses*) são vírus que se multiplicam em vetores invertebrados e hospedeiros vertebrados [1,19]; pertencem a várias famílias de vírus as quais incluem: Bunyaviridae, Reoviridae, Rhabdoviridae, Flaviviridae e Togaviridae, sendo as duas últimas de grande relevância para a saúde pública, onde estão inseridos os vírus transmitidos pelos vetores estudados neste trabalho.

Dados da Organização Pan-Americana da Saúde estimam que cerca de 500 milhões de pessoas nas Américas correm o risco de contrair dengue. Esse número vem aumentando nas últimas quatro décadas. Em 2023 os quatro sorotipos da dengue (DENV1-DENV-2, DENV-3 e DENV-4) foram detectados na região das Américas, e em nove países, incluindo o Brasil, todos os quatro sorotipos circulam simultaneamente [33].

Apesar dos esforços empreendidos no controle vetorial, a prevalência de infecções virais transmitidas por vetores continua a aumentar, afetando diversas regiões do Brasil [34]. Nas últimas décadas, a dengue tem sido uma preocupação constante no estado de Mato Grosso do Sul, o qual figura como o nono estado com maior incidência da doença em nível nacional, com uma taxa de 778,2 casos prováveis por 100 mil habitantes, conforme relatado na Nota Técnica – Arboviroses 01 (2023), divulgada pela Secretaria Estadual de Saúde. Conforme delineado no plano de contingência de arboviroses 2020-2022/SES-MS, observou-se um padrão de aumento nos casos de dengue a partir de dezembro de cada ano, persistindo até maio do ano subsequente, seguido por quedas acentuadas de junho a novembro[35].

1.4.2 Vigilância e Controle Epidemiológico

De acordo com a Lei 8080/90 a vigilância epidemiológica é definida como: “um conjunto de ações que proporciona o conhecimento, a detecção ou prevenção de qualquer mudança nos fatores determinantes e condicionantes de saúde individual ou coletiva, com a finalidade de recomendar e adotar as medidas de prevenção e controle das doenças ou agravos”[36]. Assim a vigilância epidemiológica desempenha um papel crucial no planejamento, organização e execução dos serviços de saúde, além de ser essencial na padronização das atividades técnicas relacionadas [37].

Para o controle de vetores existem duas atividades básicas: vigilância entomológica e combate ao vetor [38]. O controle da transmissão do vírus da dengue acontece essencialmente no âmbito coletivo e exige um esforço de toda a população, em virtude da alta capacidade de adaptação e dispersão de *A. aegypti* [39]. Uma das ações de controle vetorial utilizadas pelas secretarias de cada município baseiam-se na realização de pesquisas larvárias domiciliares para fins de monitoramento dos índices de infestação de *Aedes aegypti* [38]

Para obtenção de dados entomológicos de maneira rápida e instantânea é utilizado o Levantamento Rápido de Índices para o *A. aegypti* (LIRAA) [40,41]. Este levantamento consiste em uma metodologia preconizada pelo Ministério da Saúde a qual permite o conhecimento, por amostragem, da quantidade de imóveis com a presença de recipientes com larvas de *A. aegypti*. Dois índices são utilizados: o índice de infestação predial (IIP) e o índice de Breteau (IB); o primeiro para avaliar a quantidade de imóveis com focos de *A. aegypti* e o segundo leva em consideração a relação entre o número de recipientes positivos e o número de imóveis pesquisados [41]. Também é estabelecida uma classificação de risco de transmissão da dengue de acordo com os indicadores obtidos: IIP < 1% é considerado satisfatório; IIP 1 – 3,9 alerta; IIP > 3,9 risco de surto [38].

Novos métodos para monitoramento de vetores de arboviroses a fim de auxiliar as autoridades públicas no controle dessas espécies vêm sendo estudados, como por exemplo;

as análises espaciais de indicadores entomológicos; apesar de haver poucos estudos com o gênero *Aedes*, têm apresentado resultados favoráveis [42,43]. Donalísio & Glasser (2002) comentaram em seu trabalho, **Vigilância Entomológica e Controle de Vetores**, a importância de propor e validar modelos preditivos que estimem densidade de vetores, risco de epidemias, incluindo variáveis ecológicas e sociais [44]. Outro método muito utilizado como modelo preditivo baseando-se em combinações de dados climáticos, demográficos, etc., em conjunto com a presença ou ausência de espécies, é o modelo de distribuição de espécies, que vem demonstrando resultados promissores [45]. Modelos bayesianos multiníveis podem ser utilizados para melhoramento dos modelos preditivos da dinâmica populacional do vetor do dengue, auxiliando nas estratégias de controle eficazes [46]. Frente a este contexto, no ano de 2023, foi emitida uma nota informativa que oferece diretrizes para a implementação de novas tecnologias em municípios de grande porte (com população superior a 100 mil habitantes), para o direcionamento das ações de vigilância e controle do *Aedes* spp. Entre as tecnologias recomendadas incluem-se o uso de ovitrampas, borrifação residual intradomiciliar, emprego de mosquitos infectados com a bactéria *Wolbachia*, entre outras [47].

Conhecer a periodicidade do mosquito utilizando novas técnicas de monitoramento pode contribuir para as estratégias de controle das infestações em regiões com elevados índices de infestação, uma vez que o controle de vetores se configura atualmente como a principal abordagem para mitigar a propagação de arboviroses. Em vista da relevância do estudo sobre os vetores responsáveis pelas principais arboviroses no estado de Mato Grosso do Sul, esta pesquisa propõe uma avaliação espaço-temporal da infestação por *Aedes* spp. ao longo de um período de onze anos no referido estado.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Verificar a incidência de *Aedes* spp. de 2011 a 2021, no perímetro urbano dos municípios do estado de Mato Grosso do Sul (MS) e a influência dos fatores climáticos e socioeconômicos.

2.2 Objetivos específicos

- I. Verificar ao longo de 11 anos a incidência das espécies de *Aedes* spp. em cada município.
- II. Analisar o padrão de distribuição espacial do Índice de Infestação Predial (IIP) por município, identificando áreas com maior probabilidade de infestação predial no estado.
- III. Verificar se há relação entre variáveis socioeconômicas (Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM) e climáticas (temperatura e pluviosidade) na taxa de incidência das espécies.

3. METODOLOGIA

3.1 Área de Estudo

Com uma área total de 357.142,082km² e uma população estimada de 2.757.013 habitantes, Mato Grosso do Sul possui a sexta maior área territorial e o vigésimo primeiro contingente populacional dentre os Estados do Brasil. Localiza-se na região Centro-Oeste do Brasil, fazendo fronteira com Bolívia, Paraguai, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Paraná e São Paulo, possui 79 municípios, que de acordo com Plano de Contingência para Arboviroses Transmitidas pelo *Aedes aegypti*, são divididos em quatro macrorregiões de saúde: Campo Grande, Corumbá, Dourados e Três Lagoas. O IDH de Mato Grosso do Sul é de 0,742, atualizado em 2021, ficando na 9ª posição em comparação aos demais estados da Federação [48]. O estado possui um clima predominantemente tropical com chuvas no verão e inverno seco [49].

Mato Grosso do Sul abriga 70% do Pantanal, com 89.318 km² de planície alagada. Sua cobertura vegetal é caracterizada por regiões fitogeográficas distintas e diversificadas, reflexo do contato e a interligação de três províncias florísticas: Amazônica, Chaquenha e da Bacia do Paraná, resultando em formações naturais que vão desde campos limpos, completamente destituídos de árvores, a cerrados e até florestas exuberantes [50].

3.2 Coleta de Dados

Para realizar a pesquisa, foram utilizados dados de 79 municípios, de 2011 a 2021, referentes ao Índice de Infestação Predial (IIP) de *Aedes aegypti*, imóveis inspecionados por ciclo (a cada dois meses) e número de focos. Os dados foram cedidos pela Coordenação de Vetores da Secretaria Estadual de Saúde de Mato Grosso do Sul, através de planilhas de pesquisa larvária obtidas pelo LIRAA (Levantamento Rápido de Índices para *Aedes aegypti*). A pesquisa larvária é realizada diariamente por agentes de vigilância em saúde de cada município e a metodologia é de acordo com a preconizado no Programa Nacional de Controle da Dengue (PNCD/SV/MS LIRAA é um método, por amostragem, no qual, de uma forma rápida, pode ser observada a quantidade de imóveis com a presença de recipientes contendo larvas de *Aedes aegypti*.

Dados de precipitação acumulada, temperatura média e coordenadas geográficas dos municípios foram obtidos através de websites: Sistema Nacional de Meteorologia (INMET) e Centro de Monitoramento do Tempo e do Clima de MS (CEMTEC). Para os índices socioeconômicos foram utilizados dados referentes ao Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) compilados do site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Dos 79 municípios, nós escolhemos 27 deles que são referentes à quantidade de estações meteorológicas presentes no estado (Água Clara, Amambai, Aquidauana, Bataguassu, Bela Vista, Campo Grande, Cassilândia, Chapadão, Corumbá, Costa Rica, Coxim, Dourados, Itaquiraí, Ivinhema, Jardim, Juti, Maracaju, Miranda, Paranaíba, Ponta Porã, Porto Murtinho, Ribas do Rio Brillhante, São Gabriel do Oeste, Sete Quedas, Sidrolândia, Sonoro e Três Lagoas), mostrados na Fig 4 para dar continuidade às análises estatísticas.

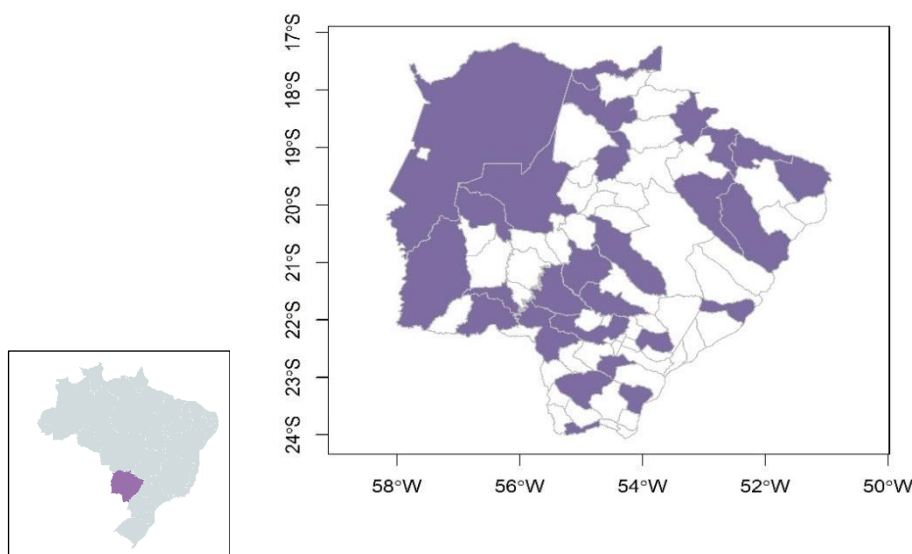


Fig 4. Mapa do Brasil com destaque para Mato Grosso do Sul e localização dos 27 municípios com estação meteorológica, cujos dados foram analisados.

Após o recolhimento de todas as informações necessárias, foi elaborada uma planilha única no programa Microsoft Excel contendo dados anuais das cidades, ciclos epidemiológicos (1º, 2º, 3º, 4º, 5º e 6º), imóveis inspecionados, índice de infestação predial (IIP%), focos de *A. aegypti*, precipitação (mm), temperatura (°C) e IDH para assim, iniciarmos a análise dos dados no ambiente de computação estatística R.

3.3 Análise dos dados

Para avaliar o padrão sazonal intra-anual da proporção de focos de *Aedes aegypti* em residências urbanas, nós usamos um modelo não linear e optamos por um modelo que utilizasse harmônicos trigonométricos para capturar essa não linearidade [51,52]. A equação cosseno (Eq.1) utilizada é considerada adequada para investigações de sazonalidade, onde ela descreve o formato de uma curva nos quais os parâmetros I, E e R representam a intensidade, a amplitude e a frequência da curva, contendo assim parâmetros que são fáceis de ser transpostos numa interpretação biológica:

$$f(x) = I + E \cos \cos \left(\frac{[x * R * \pi]}{12} \right) \#(1)$$

Por exemplo, considere uma única cidade em que x representa uma unidade de tempo (e.g. mês) em dado ano, $f(x)$ representa a proporção de focos do *Aedes aegypti* encontrados naquela unidade de tempo, I representa a média anual de incidência do *A. aegypti*, E é representa a força da sazonalidade (diferença entre o fundo e o topo da curva) e R representa o número de picos de focos dentro do ano (Eq. 2). Portanto:

$$\text{Incidência} = I + E \cos \cos \left(\frac{[\text{Mês} * R * \pi]}{12} \right) \#(2)$$

No entanto, note que a proporção de focos, isto é, o número de residências com focos registrados dividido pelo o número total de residências visitadas em dado mês m do ano a na cidade c , pode ser modelada como um processo binomial como segue (Eq. 3):

$$\text{Número de focos}_{mac} \sim \text{Binomial} (\text{Número de residências visitadas}, p) \#(3)$$

em que p é a probabilidade de detectar um foco em uma dada visita, que por sua vez pode ser modelada pela a equação não linear proposta inicialmente:

$$\text{logit}(p) = I + E \left(\frac{[\text{Mês} * R * \pi]}{12} \right) \#(4)$$

Devido ao interesse em entender a variação espacial (entre municípios) e anual (entre anos), foi permitido no modelo uma abordagem mista, em que os parâmetros I (intensidade) e E (sazonalidade) foram considerados como interceptos aleatórios. Logo, nós incluímos a identidade do município e o ano como interceptos aleatórios, onde os anos de coleta estavam alinhados dentro de sua respectiva cidade de coleta:

$$\text{logit}(p_{m,l,d}) = (I_0 + I_c + I_{ac}) + (E_0 + E_c + E_{ac}) \cos \left(\frac{\text{month}_{l,d} R \pi}{12} \right) \quad (5)$$

$$I_c \text{ ou } E_c \sim \text{Normal}(I_0 \text{ ou } E_0, \sigma_{I_0} \text{ ou } \sigma_{E_0}) \#(6)$$

$$I_{ac} \text{ ou } E_{ac} \sim \text{Normal}(I_c \text{ ou } E_c, \sigma_{I_c} \text{ ou } \sigma_{E_c}) \#(7)$$

Note que I_0 e E_0 (Eq. 5) descrevem a média populacional dos parâmetros de intensidade e sazonalidade, enquanto I_c e E_c (Eq. 6) a média global para cada cidade c , e I_{ac} e E_{ac} (Eq. 7) os parâmetros estimados para cada ano a de cada cidade c . A abordagem

hierárquica de múltiplos níveis foi finalmente realizada por permitir que a incidência I_c e I_{ac} e sazonalidades E_c e E_{ac} fossem modeladas de acordo com covariáveis socioclimáticas, especificamente o IDH da cidade, e temperatura e pluviosidade de cada ano em cada cidade (Eq. 7,8,9,10):

$$I_c = I_0 + \beta_1 IDH_c \#(7)$$

$$I_{ac} = I_c + \beta_2 pluviosidade + \beta_3 temperatura \#(8)$$

$$E_c = E_0 + \beta_4 IDH_c \#(9)$$

$$E_{ac} = E_c + \beta_5 pluviosidade + \beta_6 temperatura \#(10)$$

Por fim, nós resolvemos o modelo numa abordagem Bayesiana disponível no pacote brms. Foram executadas 15 cadeias markovianas de Monte Carlo com 15000 iterações cada, queimando a primeira metade das iterações de cada cadeia. Nós verificamos a convergência das cadeias e a estabilidade da distribuição posterior dos parâmetros estimados. Nós usamos priores não informativos para todos os parâmetros (I , E e β_{etas}) (Eq. 11), exceto para o R (Eq. 12).

$$I, E, \beta_{etas} \sim Normal(10^5, 10^5) \#(11)$$

$$R \sim Normal(1, 0.5, minimum = 0) \#(12)$$

4. RESULTADOS

Com base nos dados adquiridos, constatamos a presença de duas espécies de *Aedes* spp. em Mato Grosso do Sul: *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*; sendo a primeira, a espécie mais predominante, encontrada em todos os 79 municípios. A presença de *A. albopictus* foi detectada em 30 municípios (Água Clara, Rio Negro, Rio Verde do Mato Grosso, Santa Rita do Pardo, São Gabriel d'Oeste, Sidrolândia, Alcinoópolis, Aparecida do Taboado, Aquidauana, Bataguassu, Brasilândia, Caarapó, Camapuã, Cassilândia, Costa Rica, Coxim, Japorã, Paranaíba, Selvíria, Aral Moreira, Fátima do Sul, Ivinhema, Laguna Carapã, Bandeirantes, Corguinho, Jaraguari, Miranda, Porto Murtinho, Ribas do Rio Pardo e Rochedo). No entanto, devido à natureza dos dados provenientes das coletas do Levantamento Rápido de Índices para *Aedes aegypti* (LIRAA), não podemos afirmar definitivamente que a presença de *A. albopictus* esteja restrita a esses 33 municípios. Novos estudos populacionais e coletas são necessários para elucidar sua distribuição em todo o estado.

Dada a defasagem dos dados relacionados à espécie *A. albopictus*, o que comprometeria as nossas análises, optamos por priorizar a realização das análises estatísticas apenas da espécie *A. aegypti*. O primeiro manuscrito elaborado a partir dos objetivos foi sobre a influência dos fatores climáticos e socioeconômicos na incidência de *Aedes aegypti* no estado. Os resultados e discussão estão descritos no capítulo II desta dissertação.

5. REFERÊNCIAS

1. Consoli RAGB, Oliveira RL de. Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil [Internet]. Editora Fiocruz; 1994 [cited 2024 Jan 16]. Available from: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/2708>
2. Custódio JM de O, Nogueira LMS, Souza DA, Fernandes MF, Oshiro ET, Oliveira EF de, Piranda EM, Oliveira AG de. Abiotic factors and population dynamic of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in an endemic area of dengue in Brazil. *Rev Inst Med trop S Paulo* [Internet]. 2019 Apr 4 [cited 2024 Jan 21];61:e18. Available from: <https://www.scielo.br/j/rimtsp/a/Mxvjb6Ghwfk67G8BcW686nC/?lang=en>
3. Zara AL de SA, Santos SM dos, Fernandes-Oliveira ES, Carvalho RG, Coelho GE. Estratégias de controle do *Aedes aegypti*: uma revisão. *Epidemiologia e Serviços de Saúde* [Internet]. 2016 Jun [cited 2024 Jan 16];25(2):391–404. Available from: http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1679-49742016000200391&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt
4. Garcia-Rejon JE, Navarro JC, Cigarroa-Toledo N, Baak-Baak CM. An Updated Review of the Invasive *Aedes albopictus* in the Americas; Geographical Distribution, Host Feeding Patterns, Arbovirus Infection, and the Potential for Vertical Transmission of Dengue Virus. *Insects* [Internet]. 2021 Nov [cited 2024 Mar 12];12(11):967. Available from: <https://www.mdpi.com/2075-4450/12/11/967>
5. Lima-Camara TN. Emerging arboviruses and public health challenges in Brazil. *Rev Saúde Pública* [Internet]. 2016 Jun 27 [cited 2024 Jan 16];50:36. Available from: <https://www.scielo.br/j/rsp/a/ZVNSNvmVknYpnDYnNYZHwxk/?lang=en>
6. Heinisch MRS, Diaz-Quijano FA, Chiaravalloti-Neto F, Menezes Pancetti FG, Rocha Coelho R, dos Santos Andrade P, Urbinatti PR, de Almeida RMMS, Lima-Camara TN. Seasonal and spatial distribution of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in a municipal urban park in São Paulo, SP, Brazil. *Acta Tropica* [Internet]. 2019 Jan 1 [cited 2024 Jan 16];189:104–13. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001706X18308155>
7. Lima-Camara TND, Honório NA, Lourenço-de-Oliveira R. Frequência e distribuição espacial de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* (Diptera, Culicidae) no Rio de Janeiro, Brasil. *Cad Saúde Pública* [Internet]. 2006 Oct [cited 2024 Jan 22];22(10):2079–84. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2006001000013&lng=pt&tlng=pt
8. Silva JS, Mariano ZDF, Scopel I. A DENGUE NO BRASIL E AS POLÍTICAS DE COMBATE AO *Aedes aegypti*: DA TENTATIVA DE ERRADICAÇÃO ÀS POLÍTICAS DE CONTROLE. *Hygeia* [Internet]. 2008 Jun 25 [cited 2024 Jan 22];4(6):163–75. Available from: <https://seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/view/16906>
9. Braga IA, Valle D. *Aedes aegypti*: histórico do controle no Brasil. *Epidemiologia e Serviços de Saúde* [Internet]. 2007 Jun [cited 2024 Jan 22];16(2):113–8. Available from: http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1679-49742007000200006&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt

10. Bellone R, Lequime S, Jupille H, Göertz GP, Aubry F, Mousson L, Piorkowski G, Yen PS, Gabiane G, Vazeille M, Sakuntabhai A, Pijlman GP, De Lamballerie X, Lambrechts L, Failloux AB. Experimental adaptation of dengue virus 1 to *Aedes albopictus* mosquitoes by in vivo selection. *Sci Rep* [Internet]. 2020 Oct 27 [cited 2024 Jan 22];10(1):18404. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-75042-4>
11. Rueda LM. Pictorial keys for the identification of mosquitoes (Diptera: Culicidae) associated with Dengue Virus Transmission. *Zootaxa* [Internet]. 2004 Aug 3 [cited 2024 Jan 22];589(1):1–60. Available from: <https://www.biotaxa.org/Zootaxa/article/view/zootaxa.589.1.1>
12. Cordenadoria de Controle de Vetores. Curso de Identificação de Culicídeos de Importância Médica [Internet]. Secretaria de Saúde de Mato Grosso do Sul; 2018. Available from: <https://www.vs.saude.ms.gov.br/wp-content/uploads/2023/02/Apostila-treinamento-CCV-SES-I-3.pdf>
13. Pechenik J A. *Biologia dos Invertebrados*. 7th ed. Porto Alegre; 2016. (Traduzido).
14. Hossain MS, Raihan ME, Hossain MS, Syeed MMM, Rashid H, Reza MS. Aedes Larva Detection Using Ensemble Learning to Prevent Dengue Endemic. *BioMedInformatics* [Internet]. 2022 Sep [cited 2024 Jan 22];2(3):405–23. Available from: <https://www.mdpi.com/2673-7426/2/3/26>
15. Faull KJ, Williams CR. Intraspecific variation in desiccation survival time of *Aedes aegypti* (L.) mosquito eggs of Australian origin. *Journal of Vector Ecology* [Internet]. 27/112015 [cited 2024 Mar 16];40(2):292–300. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jvec.12167>
16. Farnesi LC, Vargas HCM, Valle D, Rezende GL. Darker eggs of mosquitoes resist more to dry conditions: Melanin enhances serosal cuticle contribution in egg resistance to desiccation in *Aedes*, *Anopheles* and *Culex* vectors. *PLOS Neglected Tropical Diseases* [Internet]. 2017 Oct 30 [cited 2024 Mar 16];11(10):e0006063. Available from: <https://journals.plos.org/plosntds/article?id=10.1371/journal.pntd.0006063>
17. Instituto Oswaldo Cruz. Dengue [Internet]. Dengue - Vírus e Vetor. 2016 [cited 2024 Mar 15]. Available from: <https://www.ioc.fiocruz.br/dengue/textos/oportunista.html>
18. BRASIL M da S. Dengue - Instruções para Pessoal de Combate ao Vetor [Internet]. Fundação Nacional da Saúde; 2001. Available from: https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/dengue/man_dengue.pdf
19. Gullan PJ, Cranston PS. *The insects: an outline of entomology*. Fifth edition. Chichester, West Sussex, UK ; Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc; 2014. 595 p.
20. Calado DC, Navarro-Silva MA. Influência da temperatura sobre a longevidade, fecundidade e atividade hematofágica de *Aedes (Stegomyia) albopictus* Skuse, 1894 (Diptera, Culicidae) sob condições de laboratório. *Rev Bras entomol* [Internet]. 2002 [cited 2024 Jan 22];46:93–8. Available from: <https://www.scielo.br/j/rbent/a/XVBztyQMqNy57qqNB4PB6xQ/?lang=pt>
21. Beserra EB, Castro Jr. FPD, Santos JWD, Santos TDS, Fernandes CRM. Biologia e exigências térmicas de *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) provenientes de quatro regiões bioclimáticas da Paraíba. *Neotrop Entomol* [Internet]. 2006 Dec [cited 2024 Jan

- 22];35(6):853–60. Available from:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-566X2006000600021&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt
22. Beserra EB, Fernandes CRM, Silva SADO, Silva LAD, Santos JWD. Efeitos da temperatura no ciclo de vida, exigências térmicas e estimativas do número de gerações anuais de *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae). *Iheringia, Sér Zool* [Internet]. 2009 Jun [cited 2024 Jan 22];99(2):142–8. Available from:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0073-47212009000200004&lng=pt&tlng=pt
23. Lorençone JA, Aparecido LEDO, Lorençone PA, Lima RFD, Torsoni GB. Assessment of Climate Change Using Humidity index of Thornthwaite Climate Classification in Pantanal Biome. *Rev bras meteorol* [Internet]. 2022 Mar [cited 2024 Jan 22];37(1):99–119. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-778620220001000099&tlng=en
24. Souza AD, Fernandes WA, Albrez EDA, Galvíncio JD. Análise de Agrupamento da Precipitação e da Temperatura no Mato Grosso do Sul. *actageo* [Internet]. 2012 [cited 2024 Jan 22];109–24. Available from:
<http://revista.ufr.br/index.php/actageo/article/view/782/766>
25. Mendonça F de A, Veiga e Souza A, Dutra D de A. SAÚDE PÚBLICA, URBANIZAÇÃO E DENGUE NO BRASIL. 23/11/2009. 2009;21(3):257–69.
26. Mato Grosso do Sul. Plano Estadual de Saúde Mato Grosso do Sul 2020-2023. 2019; Available from: <https://www.conass.org.br/wp-content/uploads/2021/04/Plano-Estadual-2020-2023-MS.pdf>
27. Yitbarek S, Chen K, Celestin M, McCary M. Urban mosquito distributions are modulated by socioeconomic status and environmental traits in the USA. *Ecological Applications* [Internet]. 2023 [cited 2024 Mar 16];33(5):e2869. Available from:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/eap.2869>
28. Carabali M, Harper S, Lima Neto AS, dos Santos de Sousa G, Caprara A, Restrepo BN, Kaufman JS. Decomposition of socioeconomic inequalities in arboviral diseases in Brazil and Colombia (2007–2017). *Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* [Internet]. 2022 Aug 5 [cited 2024 Mar 16];116(8):717–26. Available from:
<https://doi.org/10.1093/trstmh/trac004>
29. Da Silva AMCS, Guterres CF. Implicações das desigualdades sociais e condições de vida com a epidemia do vírus Zika. In: *Desigualdades sociais e os desafios das políticas públicas* [Internet]. Maringá, PR: Uniedusul; 2020. p. 100–9. Available from:
<https://www.uniedusul.com.br/wp-content/uploads/2022/05/E-BOOK-DESIGUALDADES-SOCIAIS.pdf>
30. Souza RL, Nazare RJ, Argibay HD, Pellizzaro M, Anjos RO, Portilho MM, Jacob-Nascimento LC, Reis MG, Kitron UD, Ribeiro GS. Density of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in a low-income Brazilian urban community where dengue, Zika, and chikungunya viruses co-circulate. *Parasites & Vectors* [Internet]. 2023 May 6 [cited 2024 Jan 21];16(1):159. Available from: <https://doi.org/10.1186/s13071-023-05766-5>

31. Araújo D da C, Santos AD dos, Lima SVM, Vaez AC, Cunha JO, Araújo KCGM de. Determining the association between dengue and social inequality factors in north-eastern Brazil: A spatial modelling. *Geospatial Health* [Internet]. 2020 Jun 17 [cited 2024 Mar 16];15(1). Available from: <https://www.geospatialhealth.net/gh/article/view/854>
32. Oliveira KK de F, Caprara A. Face social do controle do Aedes: em um bairro periférico de Fortaleza, Brasil, as mulheres tomam a palavra. *Ciênc saúde coletiva* [Internet]. 2019 Aug 5 [cited 2024 Mar 16];24:2983–92. Available from: <https://www.scielo.br/j/csc/a/qkpkBLVnmG7vfRbNK75SfYy/?lang=pt>
33. PAHO. Report on the epidemiological situation of dengue in the Americas. 2023; Available from: <https://www.paho.org/en/documents/situation-report-n2-dengue-epidemiological-situation-region-americas-epidemiological-week>
34. Teixeira MG, Costa MDCN, Paixão ESD, Carmo EH, Barreto FR, Penna GO. Conquistas do SUS no enfrentamento das doenças transmissíveis. *Ciênc saúde coletiva* [Internet]. 2018 Jun [cited 2024 Jan 29];23(6):1819–28. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232018000601819&lng=pt&tlng=pt
35. Mato Grosso do Sul. PLANO DE CONTINGÊNCIA PARA ARBOVIROSES TRANSMITIDAS PELO *Aedes Aegypti* NO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL - 2020/JULHO 2022. 2020; Available from: <https://www.vs.saude.ms.gov.br/wp-content/uploads/2021/05/Plano-de-Contingencia-Arboviroses-2020-2022.pdf>
36. BRASIL. L8080 [Internet]. Presidência da República Casa Civil. 1990 [cited 2024 Mar 16]. Available from: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8080.htm
37. BRASIL. Guia de Vigilância Epidemiológica [Internet]. 7th ed. Brasília: Ministério da Saúde; 2009. (A. Normas e Manuais Técnicos). Available from: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_vigilancia_epidemiologica_7ed.pdf
38. Ministério da Saúde. Diretrizes Nacionais para a Prevenção e Controle de Epidemias de Dengue - Brasília/ DF • 2009 — Ministério da Saúde [Internet]. 2009 [cited 2024 Jan 30]. Available from: https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/dengue/diretrizes_nacionais_prevencao_controle_dengue.pdf/view
39. Gonçalves Neto VS, Monteiro SG, Gonçalves AG, Rebêlo JMM. Conhecimentos e atitudes da população sobre dengue no Município de São Luís, Maranhão, Brasil, 2004. *Cad Saúde Pública* [Internet]. 2006 Oct [cited 2024 Jan 29];22(10):2191–200. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2006001000025&lng=pt&tlng=pt
40. Ribeiro MS, Ferreira DF, Azevedo RC, Santos GBGD, Medronho RDA. Índices larvais de *Aedes aegypti* e incidência de dengue: um estudo ecológico no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Cad Saúde Pública* [Internet]. 2021 [cited 2024 Jan 29];37(7):e00263320. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2021000705006&tlng=pt
41. Saúde S de V em. Levantamento rápido de índices para *Aedes Aegypti* (LIRAA) para vigilância entomológica do *Aedes Aegypti* no Brasil: metodologia para avaliação dos

índices de breteau e predial e tipo de recipientes. 1st ed. Brasília: Ministério da Saúde; 2013. (Manual).

42. Lagrotta MTF, Silva WDC, Souza-Santos R. Identification of key areas for *Aedes aegypti* control through geoprocessing in Nova Iguaçu, Rio de Janeiro State, Brazil. *Cad Saúde Pública* [Internet]. 2008 Jan [cited 2024 Jan 29];24(1):70–80. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2008000100007&lng=en&tlng=en
43. Souza-Santos R, Carvalho MS. Análise da distribuição espacial de larvas de *Aedes aegypti* na Ilha do Governador, Rio de Janeiro, Brasil. *Cad Saúde Pública* [Internet]. 2000 Jan [cited 2024 Jan 29];16:31–42. Available from: <https://www.scielo.br/j/csp/a/b33sMkLhyvVLK54tnGCrFgv/?lang=pt>
44. Donalísio MR, Glasser CM. Vigilância entomológica e controle de vetores do dengue. *Rev bras epidemiol* [Internet]. 2002 Dec [cited 2024 Jan 16];5:259–79. Available from: <https://www.scielo.br/j/rbepid/a/r4NHZqPnhJ8ym8MYPjyRDcd/?lang=pt>
45. Khatchikian C, Sangermano F, Kendell D, Livdahl T. Evaluation of species distribution model algorithms for fine-scale container-breeding mosquito risk prediction. *Medical and Veterinary Entomology* [Internet]. 2011 Sep [cited 2024 Jan 22];25(3):268–75. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2915.2010.00935.x>
46. Bürkner PC. brms: An R Package for Bayesian Multilevel Models Using Stan. *Journal of Statistical Software* [Internet]. 2017 Aug 29 [cited 2024 Jan 16];80:1–28. Available from: <https://doi.org/10.18637/jss.v080.i01>
47. BRASIL M da S. Nota Informativa nº 37/2023 - CGARB/DEDT/SVSA/MS — Ministério da Saúde [Internet]. 2023 [cited 2024 Feb 18]. Available from: <https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/estudos-e-notas-informativas/2023/nota-informativa-no-37-2023-cgarb-dedt-svsa-ms/view>
48. IBGE. IBGE. Cidades. Mato Grosso do Sul. Panorama [Internet]. 2023 [cited 2024 Jan 29]. Available from: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ms/panorama>
49. De Souza A, Pavão HG, Lastoria G, Garcia Gabas S, Cavazzana GH, Paranhos Filho AC. Modelo de Thom para o zoneamento bioclimático de Mato Grosso do Sul. *Rev geogr Norte Gd* [Internet]. 2010 Sep [cited 2024 Jan 29];(46). Available from: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34022010000200008&lng=en&nrm=iso&tlng=en
50. SEMADE. Diagnóstico Socioeconômico de MS 2015 [Internet]. semadesc. 2015 [cited 2024 Jan 29]. Available from: <https://www.semadesc.ms.gov.br/diagnostico-socioeconomico-de-ms-2015/>
51. Keane C, Marchetto KM, Oliveira-Santos LGR, Wünschmann A, Wolf TM. Epidemiological Investigation of Meningeal Worm-Induced Mortalities in Small Ruminants and Camelids Over a 19 Year Period. *Front Vet Sci*. 2022;9:859028.
52. Souza DA, Oliveira-Santos LGR, Infran JDOM, Fernandes WDS, Arrua AEC, Piranda EM, Oliveira AGD. Spatiotemporal changes in exposition risk to leishmaniasis vector in residences within a fishing tourism area of Pantanal wetland. Morrison AC, editor. *PLoS*

Negl Trop Dis [Internet]. 2023 Dec 4 [cited 2024 Jan 22];17(12):e0011809. Available from: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pntd.0011809>

1 **CAPÍTULO II**

2 **1. ARTIGO**

3

4 Efeitos socioclimáticos na sazonalidade dos focos de *Aedes aegypti*
5 (Linnaeus, 1762) no Centro-Oeste Brasileiro

6 Layna Tayná Brito Leite¹, Luiz Gustavo Rodrigues Oliveira-Santos², Alessandra Gutierrez de
7 Oliveira^{1,3}

8 ¹Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Programa de Pós-Graduação em Biologia
9 Animal, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil

10 ²Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Instituto de Biociências, Laboratório de
11 Ecologia, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil

12 ³Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Instituto de Biociências, Laboratório de
13 Parasitologia Humana, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil

14

15 E-mail: alessandra.oliveira@ufms.br

16 **Efeitos socioclimáticos na sazonalidade dos focos de *Aedes aegypti***
17 **(Linnaeus, 1762) no Centro-Oeste Brasileiro**

18 **Layna Tayná Brito Leite¹, Luiz Gustavo Rodrigues Oliveira-Santos², Alessandra Gutierrez de**
19 **Oliveira^{1,3}**

20 ¹Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal,
21 Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil

22 ²Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Instituto de Biociências, Laboratório de Ecologia,
23 Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil

24 ³Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Instituto de Biociências, Laboratório de Parasitologia
25 Humana, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil

26

27

28 **Resumo**

29 *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) é o principal vetor de diversos patógenos que incluem os vírus:
30 dengue, chikungunya e Zika. O aumento das infecções transmitidas por esses vetores nas
31 últimas décadas se tornou uma preocupação global. Mato Grosso do Sul vem apresentando um
32 cenário epidemiológico desafiador, por causa do aumento dos índices de dengue concomitante
33 à circulação dos vírus chikungunya e Zika. Sendo o *Aedes aegypti* o principal vetor dessas
34 infecções, investigar padrões espaço-temporais e fatores que influenciam na sua dinâmica é
35 fundamental para fortalecer as medidas de controle do mosquito e das epidemias. Utilizamos
36 dados entomológicos de Índice de Infestação Predial (IIP) de *Aedes aegypti* cedidos pela
37 Secretaria Estadual de Saúde para verificar o padrão de distribuição espaço-temporal em 27
38 municípios de Mato Grosso do Sul e um modelo bayesiano multinível para verificar as
39 influências socioclimáticas (IDH, temperatura e precipitação) nos padrões de distribuição

40 espaço-temporal de sazonalidade do vetor. Verificamos a presença de larvas de *A. aegypti* ao
41 longo dos anos em 27 municípios do estado, o modelo bayesiano nos permitiu inferir que o
42 perfil sazonal de infestação do *Aedes* ao longo de um ano apresenta-se elevado nos três
43 primeiros e nos três últimos meses, tendo um declínio significativo nos meses de abril, maio,
44 junho, julho, agosto e setembro. Assim, concluímos que no estado a infestação larvária do vetor
45 é mais elevada nos períodos chuvosos e quentes, porém a incidência de larvas se dá ao longo
46 de todo o ano; municípios com IDH baixo são mais propensos a estar em risco de epidemia de
47 arboviroses transmitidas por *A. aegypti*, pois a incidência da espécie aumenta, e a sazonalidade
48 diminui, o que significa que há um maior número de imóveis com focos durante o ano inteiro,
49 devendo assim, os órgãos responsáveis manter um olhar diferenciado com as atividades de
50 controle voltadas principalmente para esses municípios ao longo de todo o ano.

51 **Palavras-chave: *Aedes aegypti*, modelo multinível, padrão espaço-temporal, Mato Grosso**
52 **do Sul**

53

54

55

56

57

58

59

60

61 **Introdução**

62 *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) é um mosquito pertencente à família Culicidae,
63 subfamília Culicinae, grupo taxonômico de grande importância epidemiológica, no qual estão
64 incluídos os vetores de diversos patógenos, entre eles os causadores de infecções virais como
65 dengue, chikungunya, Zika e Febre Amarela Urbana[1,2]. Originário da África, sua distribuição
66 está concentrada nas regiões tropicais e subtropicais, sendo considerado antropofílico e
67 endofílico [3,4].

68 Na natureza, para depositar os seus ovos, tem preferência por criadouros artificiais, que
69 acumulam água, como pneus, latas, vidros, geralmente abandonados pelo homem a céu aberto,
70 e também recipientes de uso domésticos de armazenamento de água [1]. Esses criadouros
71 tornam-se um ambiente favorável para proliferação desse mosquito e risco de transmissão de
72 patógenos [5,6].

73 Estima-se que cerca de 500 milhões de pessoas nas Américas correram o risco de
74 contrair dengue ao longo das últimas décadas [7]. A dengue tem sido motivo de preocupação
75 no estado de Mato Grosso do Sul, o qual ocupa a nona posição no ranking nacional dos 26
76 estados com maior incidência da doença (778,2 prováveis casos por 100 mil habitantes) [8].

77 Novos métodos para monitoramento de vetores de arboviroses a fim de auxiliar as
78 autoridades públicas no controle dessas espécies vêm sendo estudados. É de suma importância
79 propor e validar modelos preditivos que estimem densidade de vetores, risco de epidemias,
80 incluindo variáveis ecológicas e sociais [9].

81 Modelos bayesianos multiníveis podem ser utilizados para melhoramento dos modelos
82 preditivos de dinâmica populacional do vetor do vírus dengue auxiliando nas elaborações de
83 estratégias de controle eficazes [10].

84 Neste sentido, este estudo propôs analisar o padrão de distribuição espaço-temporal
85 verificando a influência de fatores socioclimáticos na dinâmica do vetor *Aedes aegypti*.

86

87 **Métodos**

88 **Área de estudo**

89 Com uma área total de 357.142,082km² e uma população estimada de 2.757.013 habitantes,
90 Mato Grosso do Sul possui a sexta maior área territorial e o vigésimo primeiro contingente
91 populacional dentre os estados do Brasil [11]. Localiza-se na região Centro-Oeste do Brasil,
92 fazendo fronteira com Bolívia, Paraguai, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Paraná e São
93 Paulo, possui 79 municípios divididos em quatro macrorregiões de saúde: Campo Grande,
94 Corumbá, Dourados e Três Lagoas [8]. O IDH de Mato Grosso do Sul é de 0,742, atualizado
95 em 2021, ficando na 9^a posição em comparação aos demais estados da Federação [11]. O estado
96 possui um clima predominantemente tropical com chuvas no verão e inverno seco [12,13].

97

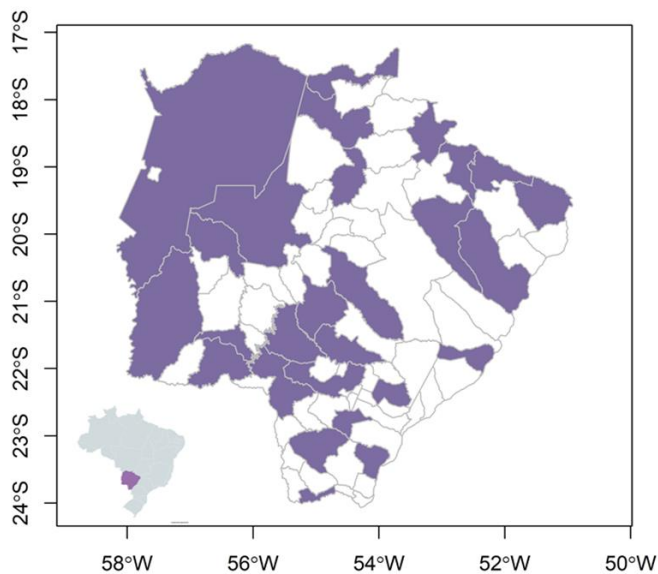
98 **Coleta de dados**

99 Para realizar a pesquisa, nós utilizamos dados dos 79 municípios, no período de 2011 a
100 2021, referentes ao Índice de Infestação Predial (IIP) de *Aedes aegypti*, imóveis inspecionados
101 por ciclo (a cada dois meses) e número de focos. Estas informações foram cedidas pela

102 Coordenação de Vetores da Secretaria Estadual de Saúde de Mato Grosso do Sul, através de
103 planilhas de pesquisa larvária e LIRAa (Levantamento Rápido de Índices para *Aedes aegypti*).

104 A pesquisa larvária é realizada diariamente por agentes de vigilância em saúde de cada
105 município e a metodologia segue a preconizado pelo Programa Nacional de Controle da Dengue
106 (PNCD) do Ministério da Saúde. O LIRAa é um método, por amostragem, em que, de uma
107 forma rápida pode ser observada a quantidade de imóveis com a presença de recipientes com
108 larvas de *Aedes aegypti* [14].

109 Dados de precipitação acumulada, temperatura média e coordenadas geográficas dos
110 municípios foram obtidos através dos sites: Sistema Nacional de Meteorologia (INMET) e
111 Centro de Monitoramento do Tempo e do Clima de MS (CEMTEC), para os índices
112 socioeconômicos, foram utilizados dados referentes ao Índice de Desenvolvimento Humano
113 (IDH) compilados do site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). De um total
114 de 79 municípios, nós selecionamos 27(Água Clara, Amambai, Aquidauana, Bataguassu, Bela
115 Vista, Campo Grande, Cassilândia, Chapadão, Corumbá, Costa Rica, Coxim, Dourados,
116 Itaquiraí, Ivinhema, Jardim, Juti, Maracaju, Miranda, Paranaíba, Ponta Porã, Porto Murtinho,
117 Ribas do Rio Brillhante, São Gabriel do Oeste, Sete Quedas, Sidrolândia, Sonoro e Três Lagoas)
118 (Fig 1), os quais correspondem à quantidade de estações meteorológicas distribuídas pelo
119 estado, visando dar continuidade às análises estatísticas.



120

121 **Fig 1. Mapa de Mato Grosso do Sul.** Em destaque os 27 municípios selecionados.

122

123

124

125

126

127

128

129

Modelagem do efeito sazonal

130

131

132

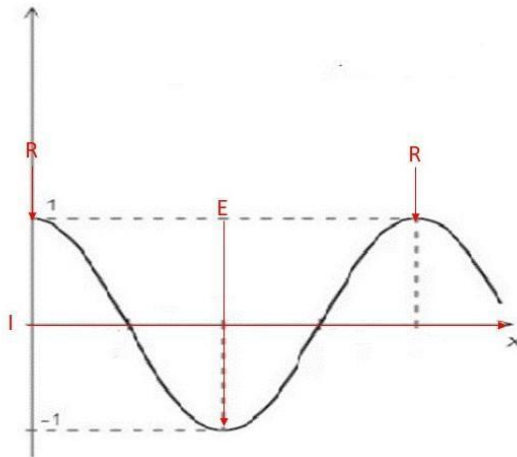
133

Para avaliar o padrão sazonal intra-anual da proporção de focos de *Aedes aegypti* em residências urbanas, nós usamos um modelo não linear e optamos por um modelo que utilizasse harmônicos trigonométricos para capturar essa não linearidade [15,16]. A equação cosseno (Eq.1) utilizada é considerada adequada para investigações de sazonalidade, onde ela descreve

134 o formato de uma curva nos quais os parâmetros I , E e R representam a intensidade, a amplitude
135 e a frequência da curva, respectivamente (Fig 2), contendo assim parâmetros que são fáceis de
136 ser transpostos numa interpretação biológica:

137
$$f(x) = I + E \cos \cos \left(\frac{[x * R * \pi]}{12} \right) \quad (1)$$

138



139

140 **Fig 2. Simulação do formato de uma curva.** Representação dos parâmetros I , E , e R .

141

142 Por exemplo, considere uma única cidade em que x representa uma unidade de tempo
143 (e.g. mês) em dado ano, $f(x)$ representa a proporção de focos de *Aedes aegypti* encontrados
144 naquela unidade de tempo, “ I ” representa a média anual de incidência de *A. aegypti*, “ E ”
145 representa a força da sazonalidade (diferença entre o fundo e o topo da curva) e “ R ” representa
146 o número de picos de focos dentro do ano (Eq. 2). Portanto:

147
$$\text{Incidência} = I + E \cos \cos \left(\frac{[\text{Mês} * R * \pi]}{12} \right) \quad (2)$$

148

149 No entanto, note que a proporção de focos, isto é, o número de residências com focos
 150 registrados dividido pelo número total de residências visitadas em dado mês “*m*” do ano “*a*”
 151 na cidade “*c*”, pode ser modelada como um processo binomial como segue (Eq. 3):

$$152 \quad \text{Número de focos}_{mac} \sim \text{Binomial}(\text{Número de residência visitadas}, p) \quad (3)$$

153

154 em que “*p*” é a probabilidade de detectar um foco em uma dada visita, que por sua vez pode
 155 ser modelada pela equação não linear proposta inicialmente:

$$156 \quad \text{logit}(p) = I + E \left(\frac{[\text{Mês} * R * \pi]}{12} \right) \quad (4)$$

157

158 Devido ao interesse em entender a variação espacial (entre municípios) e anual (entre
 159 anos), foi permitido no modelo uma abordagem mista, em que os parâmetros “*I*”(intensidade)
 160 e “*E*” (sazonalidade) foram considerados como interceptos aleatórios. Logo, nós incluímos a
 161 identidade do município e o ano como interceptos aleatórios, onde os anos de coleta estavam
 162 alinhados dentro de sua respectiva cidade de coleta:

$$163 \quad \text{logit}(p_{m,l,d}) = (I_0 + I_c + I_{ac}) + (E_0 + E_c + E_{ac}) \cos \left(\frac{\text{month}_{l,d} R \pi}{12} \right) \quad (5)$$

$$164 \quad I_c \text{ ou } E_c \sim \text{Normal}(I_0 \text{ ou } E_0, \sigma_{I_0} \text{ ou } \sigma_{E_0}) \quad \#(6)$$

$$165 \quad I_{ac} \text{ ou } E_{ac} \sim \text{Normal}(I_c \text{ ou } E_c, \sigma_{I_c} \text{ ou } \sigma_{E_c}) \quad (7)$$

166

167 Note que I_0 e E_0 (Eq. 5) descrevem a média populacional dos parâmetros de intensidade
 168 e sazonalidade, enquanto I_c e E_c (Eq. 6) a média global para cada cidade c , e I_{ac} e E_{ac} (Eq. 7)
 169 os parâmetros estimados para cada ano a de cada cidade c . A abordagem hierárquica de
 170 múltiplos níveis foi finalmente realizada por permitir que a incidência I_c e I_{ac} e sazonalidades

171 E_c e E_{ac} fossem modeladas de acordo com covariáveis socio-climáticas, especificamente o IDH
172 da cidade, e temperatura e pluviosidade de cada ano em cada cidade (Eq. 7, 8, 9, 10):

173
$$I_c = I_0 + \beta_1 IDH_c \quad (7)$$

174
$$I_{ac} = I_c + \beta_2 pluviosidade + \beta_3 temperatura \quad (8)$$

175
$$E_c = E_0 + \beta_4 IDH_c \quad (9)$$

176
$$E_{ac} = E_c + \beta_5 pluviosidade + \beta_6 temperatura \quad (10)$$

177

178 Por fim, nós resolvemos o modelo numa abordagem Bayesiana disponível no pacote
179 *brms*. Foram executadas 15 cadeias markovianas de Monte Carlo com 15000 iterações cada,
180 queimando a primeira metade das iterações de cada cadeia. Nós verificamos a convergência das
181 cadeias e a estabilidade da distribuição posterior dos parâmetros estimados. Nós usamos priores
182 não informativos para todos os parâmetros (I , E e β_{etas}) (Eq. 11), exceto para o R (Eq. 12).

183
$$I, E, \beta_{etas} \sim Normal(10^5, 10^5) \quad (11)$$

184

185
$$R \sim Normal(1, 0.5, minimum = 0) \quad (12)$$

186

187

188

189

190

191

192

193

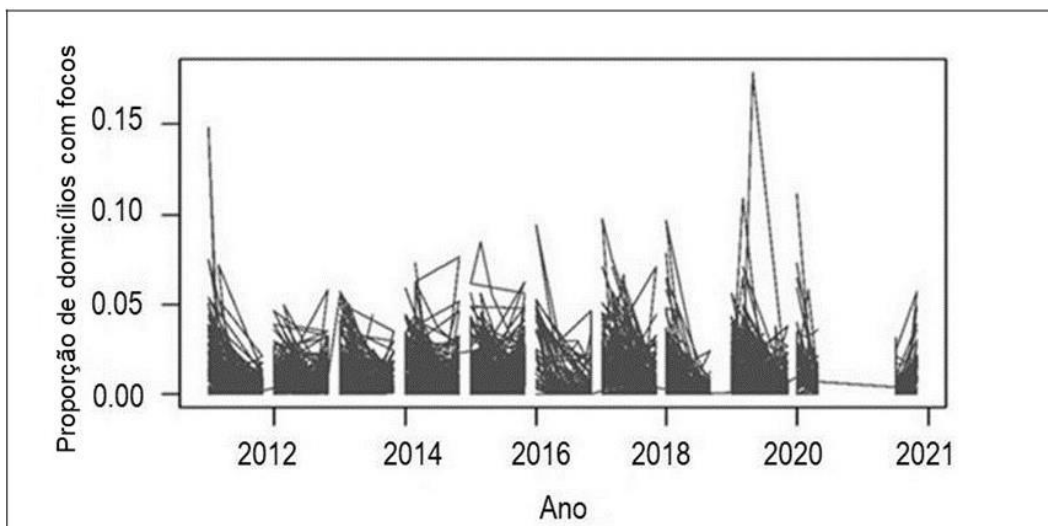
194

195

196 Resultados

197 Inicialmente foi verificada a proporção de domicílios com focos de *A. aegypti* em cada
198 município (Fig 3). Cada coluna representa seis ciclos epidemiológicos em um ano e, dentro
199 destes blocos, cada linha representa um município, logo, nós temos a proporção de domicílios
200 com focos de *A.aegypti* anual de cada município ao longo dos 11 anos analisados. Também é
201 possível inferir que a presença de focos de larvas em um município ao longo desses anos variou
202 durante os meses, porém alta durante o ano inteiro, levando-se em conta que até o valor de 1%,
203 o índice de infestação de *Aedes aegypti* é considerado baixo.

204 A distribuição temporal dos focos no estado apresentou-se de maneira quase
205 homogênea durante os seis ciclos de cada ano. A exceção ocorreu nos anos de 2020 e 2021, em
206 decorrência da pandemia de COVID-19, cujo levantamento entomológico foi realizado apenas
207 nos três primeiros e três últimos ciclos de cada ano, respectivamente, causando o estreitamento
208 das colunas nestes dois anos.

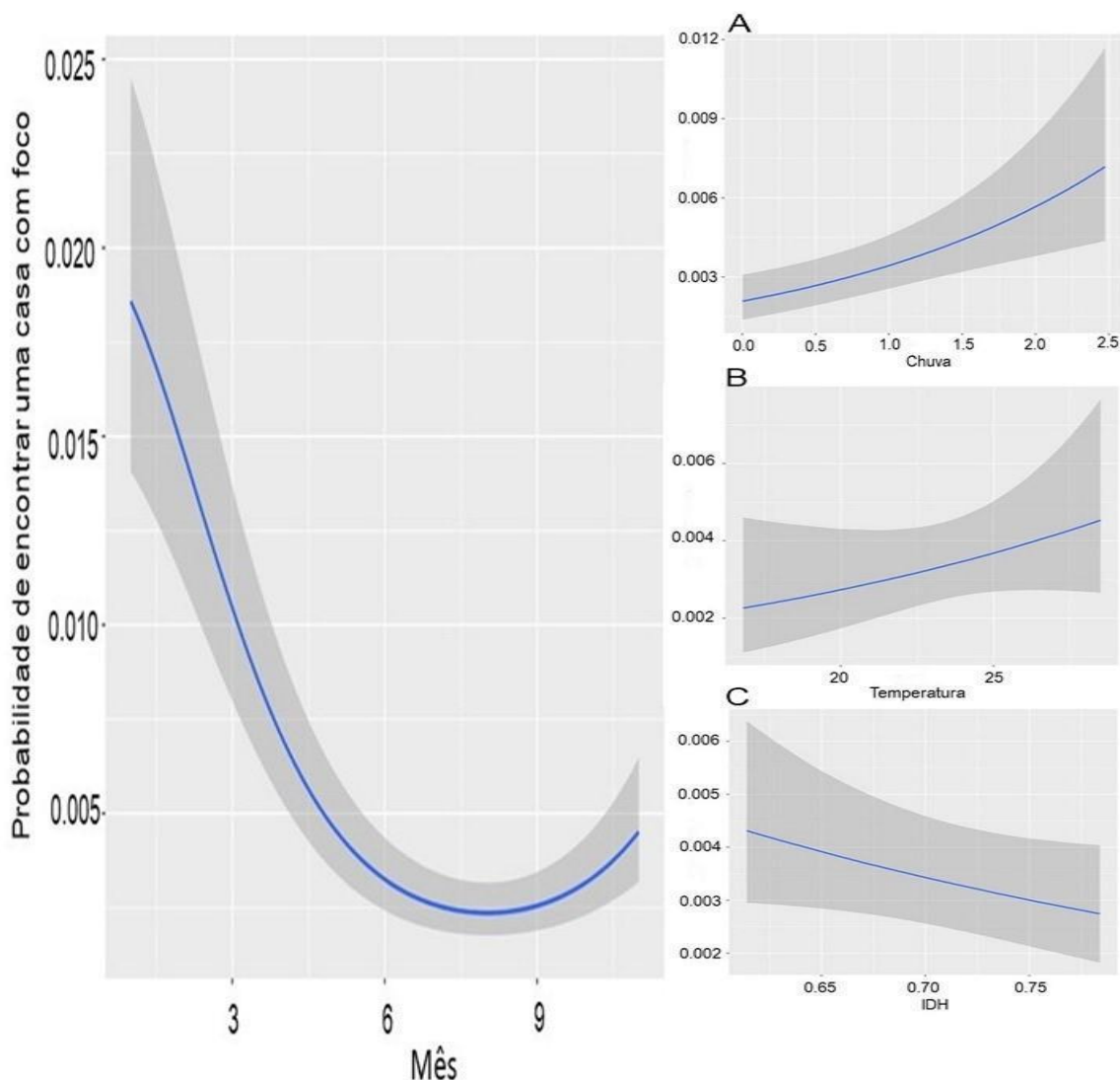


210 **Fig 3. Proporção de domicílios com focos de *Aedes aegypti* ao longo dos anos, em todos os**
211 **municípios do estado de MS.**

212 Com os modelos multiníveis foi possível identificar a probabilidade de encontrar uma
213 residência com foco ao longo dos meses nos 27 municípios analisados, e os efeitos de cada
214 variável socioclimática na distribuição dos focos. Verificamos uma forte associação entre o
215 aumento da precipitação acumulada com o aumento do número de focos (Fig 4A). A
216 temperatura média esteve entre 20 e 25°C ao longo dos anos, não apresentando associação
217 significativa no aumento de focos (Fig 4B) se comparada ao fator pluviosidade. Já o IDH
218 elevado apresentou uma diminuição considerável de focos (Fig 4C).

219

220



221

222 **Fig 4. Probabilidade de encontrar um domicílio com focos de *A. aegypti* ao longo do ano.**

223 Lado esquerdo: Modelo sazonal da probabilidade de encontrar um imóvel com foco dentro de

224 um ano. Lado direito: Efeito direto das variáveis na probabilidade de domicílios com focos: (A)

225 Chuva; (B) Temperatura e (C) IDH.

226

227 Para o perfil sazonal foi feita a média da distribuição dos focos ao longo de um ano em
228 cada município, e foi possível verificar que nos primeiros meses há um alto índice de focos,

229 que vai diminuindo gradativamente nos períodos de seca e inverno, e volta a aumentar no final
do ano, quando o período chuvoso se inicia novamente (Fig 4).

229

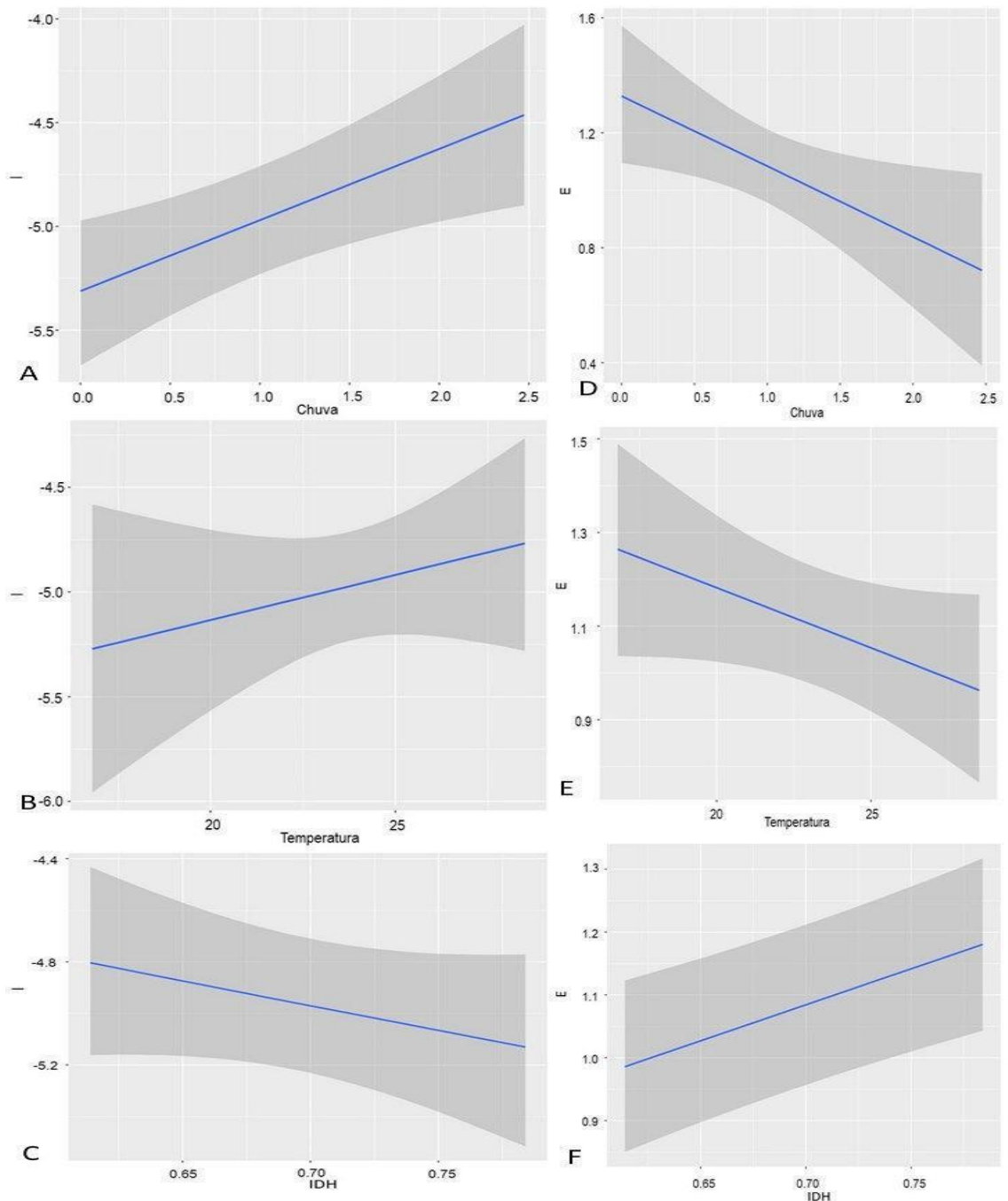
230

231 Para que o modelo sazonal tomasse essa forma, nós modelamos os parâmetros “*T*” e “*E*”
separadamente, permitindo que fossem verificados os efeitos das três variáveis, agora nos

232 parâmetros que modelam o formato da curva (intensidade e sazonalidade), lembrando que a
233 curva possui 3 parâmetros: I (intensidade), E (sazonalidade) e R (Número de picos). Neste
234 estudo nós apenas modelamos os parâmetros I e E conforme demonstrado na Fig 5. No lado
235 esquerdo da figura, temos a intensidade (I) no eixo y *versus* as três variáveis (chuva, temperatura
236 e IDH) e no lado direito a força de sazonalidade (E) com as mesmas variáveis.

237 Na Fig 5 pode-se observar como cada variável influenciou para que a curva ganhasse
238 este formato. Na figura 5A, a chuva se apresenta como um fator bem significativo na
239 intensidade do formato da curva. Lembrando que a intensidade indica o quanto esta curva estará
240 mais próxima do eixo x . Quanto maior a intensidade, mais distante estará do eixo x , e o
241 contrário, quanto menor, mais próxima do eixo x . Fazendo uma interpretação biológica, esse
242 “ T ” confirma que quanto maior o volume de chuvas, maior o número de focos encontrados,
243 como já comentado na Fig 4. O mesmo ocorre com as demais covariáveis.

244 Para verificar a força de sazonalidade (E) da espécie, utilizamos a mesma abordagem
245 mista referente à intensidade, sendo modelada de acordo com as covariáveis. O modelo nos
246 mostrou que durante o ano, uma cidade com maior volume pluviométrico tende a ter menor
247 força de sazonalidade, fazendo com que haja um estreitamento entre o topo e o fundo do vale
248 da curva (Fig 5D), esse estreitamento nos mostra que os focos acabam ocorrendo mensalmente,
249 não apenas em alguns meses específicos. O mesmo ocorre com o aumento da temperatura, cuja
250 tendência é diminuir a força de sazonalidade (Fig 5E). Quando analisamos o IDH, nós
251 percebemos que essa relação é inversa, pois ao aumentar o IDH, a força de sazonalidade
252 também aumentou (Fig 5F), inferindo que aquele município que possui um IDH elevado
253 possivelmente terá uma sazonalidade mais demarcada na sua modelagem de perfil sazonal,
254 fazendo com que sejam observados picos sazonais ao longo de todo o ano.



255

256

257 **Fig 5. Efeitos das variáveis socioclimáticas nos parâmetros (I e E) do modelo.** Lado
 258 esquerdo: Efeito das 3 variáveis na intensidade da curva: (A) I vs. chuva; (B) I vs. temperatura;
 259 (C) I vs. IDH. Lado direito: efeito das três variáveis na força de sazonalidade da curva: (D) E
 260 vs. chuva; (E) E vs. temperatura; (F) E vs. IDH.

261

262

263 **Discussão**

264 A espécie *Aedes aegypti* está amplamente distribuída pelo Brasil e é considerada
265 principal vetora dos arbovírus dengue, chikungunya e Zika. Das medidas de controle dessas
266 arboviroses, a principal delas está focada no vetor, avaliando, principalmente, a infestação pela
267 presença de larvas, pupas e ovos através dos índices de infestação predial (IIP) e de Breteau
268 (IB) [14].

269 A metodologia proposta pelo Ministério da Saúde, em seis ciclos anuais, em teoria é
270 satisfatória, pois as atividades de monitoramento da infestação ocorrem ao longo do ano,
271 possibilitando a análise dos dados para a tomada de decisões em relação ao controle [17].
272 Quando ocorre uma interrupção dessas ações, todas as informações de vigilância são afetadas.
273 Como foi o que aconteceu nos anos de 2020 e 2021, com o advento da pandemia de COVID-
274 19, cujas orientações foram de suspensão de todas as atividades durante o período de
275 “lockdown” em decorrência da segurança dos agentes de saúde, bem como dos residentes [18–
276 20]. Foi possível verificar esse prejuízo quando analisamos a série histórica de proporção de
277 domicílios com possíveis focos de infestação no estado de Mato Grosso do Sul; houve uma
278 interrupção nas atividades, e a falta dessas informações pode ter impactado nos casos de dengue
279 notificados nos anos subsequentes [21].

280 Fatores socioclimáticos possuem papel determinante na distribuição de focos de *A.*
281 *aegypti*, tais como: temperatura, precipitação, umidade e infraestrutura urbana [1,2,22,23]. A
282 temperatura é um dos fatores que possui maior influência positiva na oviposição, além de
283 acelerar o ciclo de vida dos imaturos, proporcionando mais alados em curto período de
284 tempo[22,24]. Quando analisamos a variável temperatura em nosso modelo, foi possível
285 verificar que não houve associação significativa com o número de focos, acredita-se que isso

286 se deva principalmente em decorrência do clima tropical semi-úmido do estado, que oscila mais
287 com a pluviosidade do que a temperatura [13]. Corroborando a importância da temperatura no
288 desenvolvimento do inseto, em Campo Grande, MS, foi verificado que temperaturas acima de
289 24°C favorecem o desenvolvimento do vetor [22], já na região sul do Brasil, o índice de
290 infestação do mosquito aumentou significativamente, em temperaturas médias entre 18 e 22°C
291 e precipitação de 350 mm e 300 mm, sugerindo também, que regiões com alta densidade urbana
292 e pouca vegetação contribuem com a proliferação do vetor [25].

293 Embora os estudos relacionados à incidência de *Aedes aegypti* e a influência de fatores
294 socioambientais na densidade larvária ainda sejam escassos em Mato Grosso do Sul, neste
295 trabalho foi possível discutir os resultados encontrados com outros estudos já realizados em
296 outras regiões brasileiras. Verificamos a presença de larvas de *Aedes aegypti* ao longo de todo
297 o ano nos 27 municípios analisados, com maior intensidade nos períodos chuvosos e quentes,
298 associando ao perfil climático do estado definido anteriormente como: verão quente e chuvoso
299 (novembro-janeiro) e inverno seco (junho-agosto) [13]. O mesmo foi observado no município
300 de Costa Rica, MS e no estado de São Paulo onde a espécie se mostrou presente em todas as
301 épocas do ano, persistindo tanto nos períodos de seca quanto de chuva [26,27]. Um estudo
302 realizado na Malásia, simulando a dinâmica populacional de *Aedes aegypti* considerando o
303 efeito das chuvas, demonstrou que esta variável é considerada um fator significativo no
304 desenvolvimento populacional do inseto. As chuvas fazem com que a população de mosquitos
305 aumente, porém com excesso de chuvas ininterruptas, a densidade populacional também pode
306 diminuir[28]. Em contrapartida, estudo realizado por Nunes et al, (2011) utilizando ovitrampas
307 verificou densidade expressiva do mosquito em períodos secos, geralmente considerados
308 inadequados para seu desenvolvimento, chamando a atenção para que as medidas de controle
309 também sejam realizadas nesse período. É de suma importância destacar que as fêmeas desta

310 espécie apresentam preferência pelo ambiente domiciliar como local de repouso e,
311 principalmente, para a obtenção de repasto sanguíneo [26,29].

312 Precipitação e temperatura são fatores que influenciam diretamente a densidade larvária
313 e a dinâmica de *Aedes aegypti* [1,22]. Em outro estudo, realizado na Malásia, utilizando
314 monitoramento do *A. aegypti* por ovitrampas foi constatado que o aumento ou diminuição da
315 densidade larvária estava relacionado aos índices pluviométricos. Um aumento de chuvas de
316 uma semana resultava em maior população de larvas na semana seguinte; a diminuição das
317 chuvas resultava na diminuição das larvas. A temperatura também se correlacionou
318 positivamente, no qual a maior quantidade de larvas coletadas foi com as temperaturas variando
319 de 22 a 42°C [30]. Em São Sebastião, estado de São Paulo, a associação entre o número de
320 fêmeas de *A. aegypti* e a precipitação total ou média mostrou que a pluviosidade afetou o
321 número de fêmeas coletadas nas residências; principalmente no peridomicílio. No caso de
322 adultos, as chuvas podem afugentá-los para abrigos nos quintais, bem como facilitar a presença
323 dentro das casas aumentando, assim, o risco de transmissão de dengue [31].

324 Não só em Mato Grosso do Sul, mas também, no estado de São Paulo foi observada a
325 presença de suas formas imaturas ao longo de todo o ano [26,27,29]. Neste estudo a temperatura
326 não foi um fator tão significativo no aumento dos focos, talvez pelo fato do estado apresentar
327 temperaturas favoráveis ao seu desenvolvimento ao longo ano.

328 Verificamos que ao longo dos 11 anos, todos os municípios do Estado apresentaram alta
329 infestação, acima de 1%, valor limite preconizado pelo Ministério da Saúde e Organização
330 Mundial da Saúde (OMS). No Programa Nacional de Controle de Dengue foi estabelecida uma
331 classificação de risco de transmissão de dengue através de dados obtidos pelo IIP do LIRAA,
332 cujos índices maiores que 3,9 são considerados alerta vermelho (local em risco de transmissão

333 de dengue)[14,17]. Dos 79 municípios de Mato Grosso do Sul, 40 (50,6%) encontram-se nessa
334 situação, sendo deles 18(Coxim, Paranaíba, Ponta Porã, Água Clara, Cassilândia, Corumbá,
335 São Gabriel d'Oeste, Chapadão do Sul, Maracaju, Amambai, Bataguassu, Dourados, Ivinhema,
336 Sidrolândia, Três Lagoas, Bela Vista, Juti e Jardim) pertencentes ao rol dos 27 municípios
337 selecionados (66,6%) para realizar as análises.

338 Por outro lado, alguns autores vêm discutindo a respeito da qualidade desses valores se
339 realmente refletem o risco de epidemia para o município, pois 91,6% das edições do LIRAa
340 entre 2011 e 2016 no estado do Rio de Janeiro apresentaram IIP <2%, não sendo consideradas
341 com risco elevado de epidemia, apesar de vários surtos epidêmicos no período [32].

342 A análise realizada por meio do modelo multinível revelou que o estado de Mato Grosso
343 do Sul apresenta um único pico sazonal, que se inicia em outubro e termina em janeiro,
344 resultando em um período de quatro meses com alta infestação ao longo do ano, coincidindo
345 com a estação chuvosa. Após uma avaliação da influência do Índice de Desenvolvimento
346 Humano (IDH) na intensidade e na amplitude da sazonalidade da curva, podemos sugerir que
347 áreas com maiores IDH tendem a registrar uma menor prevalência de focos do mosquito.
348 Ademais, foi possível identificar o período específico do ano em que esses focos tendem a
349 surgir. Estudos mundiais têm mostrado uma forte associação entre os fatores socioeconômicos
350 e o aumento da proliferação do *Aedes aegypti* [33–36]. O IDH é utilizado nas políticas públicas
351 para medir o desenvolvimento econômico e qualidade de vida oferecida à população [37] com
352 base em 3 principais dimensões: saúde, educação e padrão de vida. Localidades com baixa
353 renda e condições sanitárias inadequadas estão fortemente associadas ao baixo IDH, criando
354 condições favoráveis à proliferação do mosquito e transmissão de arbovírus [33,36,38]. Tal
355 cenário pode resultar em um aumento nos casos de dengue, conforme evidenciado por um

356 estudo de modelagem espacial realizado no Rio de Janeiro, no qual os autores identificaram a
357 associação entre a incidência de dengue com a desigualdade social e entre a infestação do vetor
358 e chuvas [39].

359 Os fatores climáticos e sociais analisados neste estudo destacaram-se como elementos
360 primordiais, corroborando achados de uma revisão sistemática realizada por Sousa et al. (2021).
361 Nessa revisão, tais fatores foram associados à incidência de epidemias de dengue no Brasil.
362 Destacaram-se diversos elementos que se correlacionam com tais surtos, abrangendo desde a
363 capacidade de adaptação do vetor até o nível socioeconômico da população, seus hábitos
364 culturais e o clima do país. Ressaltando a necessidade de desenvolver estratégias e ferramentas
365 inovadoras para o controle e prevenção eficazes do vetor [40]. É crucial também melhorar
366 serviços básicos como fornecimento regular de água, gestão adequada de lixo, especialmente
367 em áreas de baixa renda, para reduzir os locais onde os mosquitos se reproduzem e limitar sua
368 proliferação [34].

369 Por fim, as principais dificuldades enfrentadas durante a execução deste estudo, foram
370 relacionadas principalmente à obtenção e análise dos dados. Embora o Levantamento Rápido
371 de Índices Rápido para *Aedes aegypti* (LIRAA) seja uma atividade obrigatória em todos os
372 municípios, observamos que alguns deles não forneciam ou não realizavam o envio dos dados
373 pertinentes à Coordenação Estadual de Vetores. Essa lacuna de informações resultou em uma
374 limitação significativa na elaboração do modelo estatístico proposto neste estudo. Além disso,
375 a ausência de estações meteorológicas em todos os municípios do estado, juntamente com a
376 falta de dados meteorológicos em alguns meses ao longo dos anos, representou outro desafio
377 substancial. Essas limitações destacam a necessidade de melhorias na coleta e

378 compartilhamento de dados entomológicos e meteorológicos para facilitar a análise e previsão
379 dos índices de infestação e surtos de doenças transmitidas por vetores.

380 **Conclusão**

381 O estudo propôs um modelo de perfil sazonal do *Aedes aegypti* no estado de MS e como
382 as variáveis socioambientais influenciam na densidade larval do vetor e quais os seus efeitos na
383 modelagem do perfil sazonal. Concluimos que a probabilidade de encontrar focos de *Aedes*
384 *aegypti* em um município no estado se dá ao longo de todo o ano, sendo alguns meses mais
385 propícios ao aumento desta probabilidade, que pode ser verificada através dos efeitos das
386 variáveis. Pelo fato de o estado possuir temperaturas médias favoráveis ao desenvolvimento do
387 *Aedes* ao longo de todo o ano, este não foi um fator significativo para o aumento da distribuição
388 dos focos, já a precipitação demonstrou ser o fator que mais influenciou no aumento ou
389 diminuição dos focos dentro de um ano. É importante também que os órgãos públicos levem
390 em consideração locais mais precários de infraestrutura e saneamento, pois, como foi verificado
391 nos modelos, o IDH influencia negativamente na intensidade do formato da curva, mostrando
392 que, se há uma alta intensidade na curva, a probabilidade de aumento dos focos também é maior,
393 sendo estes mais propensos à proliferação do mosquito. Este estudo propõe à vigilância em
394 saúde considerar os fatores socioclimáticos no desenvolvimento de estratégias de controle
395 vetorial.

396

397

398

399 Referências

400

- 401 1. Consoli RAGB, Oliveira RL de. Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil
402 [Internet]. Editora Fiocruz; 1994 [cited 2024 Jan 16]. Available from:
403 <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/2708>
- 404 2. Zara AL de SA, Santos SM dos, Fernandes-Oliveira ES, Carvalho RG, Coelho GE.
405 Estratégias de controle do *Aedes aegypti*: uma revisão. Epidemiologia e Serviços de Saúde
406 [Internet]. 2016 Jun [cited 2024 Jan 16];25(2):391–404. Available from:
407 [http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1679-](http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1679-49742016000200391&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)
408 [49742016000200391&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1679-49742016000200391&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)
- 409 3. Lima-Camara TN. Emerging arboviruses and public health challenges in Brazil. Rev
410 Saúde Pública [Internet]. 2016 Jun 27 [cited 2024 Jan 16];50:36. Available from:
411 <https://www.scielo.br/j/rsp/a/ZVNSNvmVknYpnDYnNYZHwxk/?lang=en>
- 412 4. Heinisch MRS, Diaz-Quijano FA, Chiaravalloti-Neto F, Menezes Pancetti FG, Rocha
413 Coelho R, dos Santos Andrade P, Urbinatti PR, de Almeida RMMS, Lima-Camara TN.
414 Seasonal and spatial distribution of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in a municipal
415 urban park in São Paulo, SP, Brazil. Acta Tropica [Internet]. 2019 Jan 1 [cited 2024 Jan
416 16];189:104–13. Available from:
417 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001706X18308155>
- 418 5. Butakka CM de M, Rodrigues FAC, Mariotto S, Cerqueira LL de M, Miyazaki RD.
419 Ecologia e coexistência de *Aedes aegypti* (Linnaeus 1762) e *Aedes (Ste.) albopictus* (Skuse
420 1894) em dois parques estaduais em Cuiabá, MT, Brasil. Brazilian Journal of
421 Environmental Sciences (RBCIAMB) [Internet]. 2022 [cited 2024 Jan 21];57(4):665–76.
422 Available from: https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/1451
- 423 6. Andrade AT dos S, Bezerra JMT, Pinheiro VCS, Andrade AT dos S, Bezerra JMT,
424 Pinheiro VCS. Characterization of the Proliferation Sites of *Aedes aegypti* (Diptera:
425 Culicidae) in the Artificial Breeding Sites of Caxias, Maranhão, Brazil. In: Life Cycle and
426 Development of Diptera [Internet]. IntechOpen; 2019 [cited 2024 Jan 21]. Available from:
427 <https://www.intechopen.com/chapters/69875>
- 428 7. PAHO. Report on the epidemiological situation of dengue in the Americas. 2023;
429 Available from: [https://www.paho.org/en/documents/situation-report-n2-dengue-](https://www.paho.org/en/documents/situation-report-n2-dengue-epidemiological-situation-region-americas-epidemiological-week)
430 [epidemiological-situation-region-americas-epidemiological-week](https://www.paho.org/en/documents/situation-report-n2-dengue-epidemiological-situation-region-americas-epidemiological-week)
- 431 8. Mato Grosso do Sul. PLANO DE CONTINGÊNCIA PARA ARBOVIROSES
432 TRANSMITIDAS PELO *Aedes aegypti* NO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL -
433 2020/JULHO 2022. 2020; Available from: [https://www.vs.saude.ms.gov.br/wp-](https://www.vs.saude.ms.gov.br/wp-content/uploads/2021/05/Plano-de-Contingencia-Arboviroses-2020-2022.pdf)
434 [content/uploads/2021/05/Plano-de-Contingencia-Arboviroses-2020-2022.pdf](https://www.vs.saude.ms.gov.br/wp-content/uploads/2021/05/Plano-de-Contingencia-Arboviroses-2020-2022.pdf)
- 435 9. Donalísio MR, Glasser CM. Vigilância entomológica e controle de vetores do dengue.
436 Rev bras epidemiol [Internet]. 2002 Dec [cited 2024 Jan 16];5:259–79. Available from:
437 <https://www.scielo.br/j/rbepid/a/r4NHZqPnhJ8ym8MYPjyRDcd/?lang=pt>

- 438 10. Bürkner PC. brms: An R Package for Bayesian Multilevel Models Using Stan. Journal of
439 Statistical Software [Internet]. 2017 Aug 29 [cited 2024 Jan 16];80:1–28. Available from:
440 <https://doi.org/10.18637/jss.v080.i01>
- 441 11. IBGE. IBGE. Cidades. Mato Grosso do Sul. Panorama [Internet]. 2023 [cited 2024 Jan
442 29]. Available from: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ms/panorama>
- 443 12. Souza A de, Fernandes WA, Albrez E do A, Galvêncio JD. ANÁLISE DE
444 AGRUPAMENTO DA PRECIPITAÇÃO E DA TEMPERATURA NO MATO GROSSO
445 DO SUL (Cluster analysis of rainfall and temperature in Mato Grosso do Sul). ACTA
446 GEOGRÁFICA [Internet]. 2012 Jul 23 [cited 2024 Jan 17];6(12):109–24. Available from:
447 <https://revista.ufr.br/actageo/article/view/782>
- 448 13. De Souza A, Pavão HG, Lastoria G, Garcia Gabas S, Cavazzana GH, Paranhos Filho AC.
449 Modelo de Thom para o zoneamento bioclimático de Mato Grosso do Sul. Rev geogr
450 Norte Gd [Internet]. 2010 Sep [cited 2024 Jan 22];(46). Available from:
451 [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34022010000200008&lng=en&nrm=iso&tlng=en)
452 [34022010000200008&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34022010000200008&lng=en&nrm=iso&tlng=en)
- 453 14. Saúde S de V em. Levantamento rápido de índices para *Aedes Aegypti* (LIRAA) para
454 vigilância entomológica do *Aedes Aegypti* no Brasil: metodologia para avaliação dos
455 índices de breteau e predial e tipo de recipientes. 1st ed. Brasília: Ministério da Saúde;
456 2013. (Manual).
- 457 15. Keane C, Marchetto KM, Oliveira-Santos LGR, Wünschmann A, Wolf TM.
458 Epidemiological Investigation of Meningeal Worm-Induced Mortalities in Small
459 Ruminants and Camelids Over a 19 Year Period. Front Vet Sci. 2022;9:859028.
- 460 16. Souza DA, Oliveira-Santos LGR, Infran J de OM, Fernandes W de S, Arrua AEC, Piranda
461 EM, Oliveira AG de. Spatiotemporal changes in exposition risk to leishmaniasis vector in
462 residences within a fishing tourism area of Pantanal wetland. PLOS Neglected Tropical
463 Diseases [Internet]. 2023 Dec 4 [cited 2024 Jan 16];17(12):e0011809. Available from:
464 <https://journals.plos.org/plosntds/article?id=10.1371/journal.pntd.0011809>
- 465 17. Ministério da Saúde. Diretrizes Nacionais para a Prevenção e Controle de Epidemias de
466 Dengue - Brasília/ DF • 2009 — Ministério da Saúde [Internet]. 2009 [cited 2024 Jan 30].
467 Available from: [https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-](https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/dengue/diretrizes_nacionais_prevencao_controle_dengue.pdf/view)
468 [conteudo/publicacoes/svsa/dengue/diretrizes_nacionais_prevencao_controle_dengue.pdf](https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/dengue/diretrizes_nacionais_prevencao_controle_dengue.pdf/view)
469 [/view](https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/dengue/diretrizes_nacionais_prevencao_controle_dengue.pdf/view)
- 470 18. Castañeda-Gómez J, González-Acosta C, Jaime-Rodríguez JL, Villegas-Trejo A, Moreno-
471 García M. COVID-19 and its impact on the control of *Aedes (Stegomyia) aegypti* mosquito
472 and epidemiological surveillance of arbovirus infections. Gaceta Médica de México
473 [Internet]. 2021 [cited 2024 Feb 17];157(2). Available from:
474 https://www.gacetamedicademexico.com/frame_eng.php?id=571
- 475 19. Dantés HG, Manrique-Saide P, Vazquez-Prokopec G, Morales FC, Siqueira Junior JB,
476 Pimenta F, Coelho G, Bezerra H. Prevention and control of *Aedes* transmitted infections
477 in the post-pandemic scenario of COVID-19: challenges and opportunities for the region

- 478 of the Americas. Mem Inst Oswaldo Cruz [Internet]. 2020 Aug 5 [cited 2024 Feb
479 17];115:e200284. Available from:
480 <https://www.scielo.br/j/mioc/a/tnLdRCsj9RQtKykm3L8btGH/>
- 481 20. Daniel Reegan A, Rajiv Gandhi M, Cruz Asharaja A, Devi C, Shanthakumar SP. COVID-
482 19 lockdown: impact assessment on *Aedes* larval indices, breeding habitats, effects on
483 vector control programme and prevention of dengue outbreaks. Heliyon. 2020
484 Oct;6(10):e05181.
- 485 21. Secretaria de Estado de Saúde, Governo de Mato Grosso do Sul. Boletim Epidemiológico
486 Dengue SE 06 - 2024 [Internet]. Vigilância Epidemiológica; 2024. Available from:
487 [https://www.vs.saude.ms.gov.br/wp-content/uploads/2024/02/Boletim-Epidemiologico-](https://www.vs.saude.ms.gov.br/wp-content/uploads/2024/02/Boletim-Epidemiologico-Dengue-SE-06-2024.pdf)
488 [Dengue-SE-06-2024.pdf](https://www.vs.saude.ms.gov.br/wp-content/uploads/2024/02/Boletim-Epidemiologico-Dengue-SE-06-2024.pdf)
- 489 22. Custódio JM de O, Nogueira LMS, Souza DA, Fernandes MF, Oshiro ET, Oliveira EF de,
490 Piranda EM, Oliveira AG de. Abiotic factors and population dynamic of *Aedes aegypti*
491 and *Aedes albopictus* in an endemic area of dengue in Brazil. Rev Inst Med trop S Paulo
492 [Internet]. 2019 Apr 4 [cited 2024 Jan 21];61:e18. Available from:
493 <https://www.scielo.br/j/rimtsp/a/Mxvjb6Ghwfk67G8BcW686nC/?lang=en>
- 494 23. de Souza SJP, de Camargo Guaraldo A, Honório NA, Câmara DCP, Sukow NM, Machado
495 ST, Duarte dos Santos CN, da Costa-Ribeiro MCV. Spatial and Temporal Distribution of
496 *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* Oviposition on the Coast of Paraná, Brazil, a Recent
497 Area of Dengue Virus Transmission. Tropical Medicine and Infectious Disease [Internet].
498 2022 Sep [cited 2024 Feb 11];7(9):246. Available from: [https://www.mdpi.com/2414-](https://www.mdpi.com/2414-6366/7/9/246)
499 [6366/7/9/246](https://www.mdpi.com/2414-6366/7/9/246)
- 500 24. de Oliveira JG, Netto SA, Francisco EO, Vieira CP, Variza PF, Iser BPM, Lima-Camara
501 TN, Lorenz C, Prophiro JS. *Aedes aegypti* in Southern Brazil: Spatiotemporal Distribution
502 Dynamics and Association with Climate and Environmental Factors. Tropical Medicine
503 and Infectious Disease [Internet]. 2023 Feb [cited 2024 Jan 21];8(2):77. Available from:
504 <https://www.mdpi.com/2414-6366/8/2/77>
- 505 25. Goellner E, Neckel A, Bodah BW, Maculan LS, Almeida Silva CCO de, Piccinato D,
506 Grub J, Cambrussi LP, Korcelski C, Oliveira MLS. Geospatial analysis of *Ae. aegypti* foci
507 in southern Brazil. Journal of Environmental Chemical Engineering [Internet]. 2021 Dec
508 1 [cited 2024 Jan 28];9(6):106645. Available from:
509 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213343721016225>
- 510 26. Almeida PS de, Meotti C, Almeida G dos S, Nascimento J, Araújo AD de, Faccenda O,
511 Fernandes MG. INFESTAÇÃO DE *Aedes aegypti* (LINNAEUS, 1762) (DIPTERA:
512 CULICIDAE) DETERMINADA POR ARMADILHAS DE OVIPOSIÇÃO
513 (OVITRAMPAS) NO MUNICÍPIO DE COSTA RICA, ESTADO DE MATO GROSSO
514 DO SUL. Revista de Patologia Tropical / Journal of Tropical Pathology [Internet]. 2013
515 [cited 2024 Jan 19];42(3). Available from: <https://revistas.ufg.br/iptsp/article/view/26929>
- 516 27. Serpa LLN, Costa KVRM, Voltolini JC, Kakitani I. Variação sazonal de *Aedes aegypti* e
517 *Aedes albopictus* no município de Potim, São Paulo. Rev Saúde Pública [Internet]. 2006

- 518 Dec [cited 2024 Jan 21];40:1101–5. Available from:
519 <https://www.scielo.br/j/rsp/a/gbdhBM98c7LsshHpfhBLDjf/>
- 520 28. Tokachil N, Yusoff N. Effect of rainfall duration on *Aedes aegypti* population. AIP
521 Conference Proceedings [Internet]. 2018 Jun 28 [cited 2024 Feb 11];1974(1):020081.
522 Available from: <https://doi.org/10.1063/1.5041612>
- 523 29. Nunes L, Trindade R, Souto N. Avaliação da Atratividade de Ovitrapas a *Aedes*
524 (*Stegomyia*) *aegypti* Linneus (Diptera: Culicidae) no Bairro Hospitalidade, Santana,
525 Amapá. Biota Amazônia. 2011 Sep 6;1.
- 526 30. Madi M, Ahmad R, Kulaimi NAM, Ali WNWM, Ismail S, Lee HL. CLIMATIC
527 INFLUENCES ON *Aedes* MOSQUITO LARVAE POPULATION. Malaysian Journal
528 of Science [Internet]. 2012 [cited 2024 Jan 28];31(1):36–44. Available from:
529 <https://ejournal.um.edu.my/index.php/MJS/article/view/7726>
- 530 31. Rodrigues M de M, Marques GRAM, Serpa LLN, Arduino M de B, Voltolini JC, Barbosa
531 GL, Andrade VR, de Lima VLC. Density of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* and its
532 association with number of residents and meteorological variables in the home
533 environment of dengue endemic area, São Paulo, Brazil. Parasites & Vectors [Internet].
534 2015 Feb 19 [cited 2024 Feb 17];8(1):115. Available from:
535 <https://doi.org/10.1186/s13071-015-0703-y>
- 536 32. Ribeiro MS, Ferreira DF, Azevedo RC, Santos GBGD, Medronho RDA. Índices larvais
537 de *Aedes aegypti* e incidência de dengue: um estudo ecológico no Estado do Rio de
538 Janeiro, Brasil. Cad Saúde Pública [Internet]. 2021 [cited 2024 Jan 29];37(7):e00263320.
539 Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2021000705006&tlng=pt
- 541 33. Donnelly MAP, Klueh S, Snyder RE, Barker CM. Quantifying sociodemographic
542 heterogeneities in the distribution of *Aedes aegypti* among California households. Viennet
543 E, editor. PLoS Negl Trop Dis [Internet]. 2020 Jul 21 [cited 2024 Jan 29];14(7):e0008408.
544 Available from: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pntd.0008408>
- 545 34. Holeva-Eklund WM, Behrens TK, Hepp CM. Systematic review: the impact of
546 socioeconomic factors on *Aedes aegypti* mosquito distribution in the mainland United
547 States. Reviews on Environmental Health [Internet]. 2021 Mar 1 [cited 2024 Feb
548 12];36(1):63–75. Available from:
549 <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/reveh-2020-0028/html>
- 550 35. Scavo NA, Barrera R, Reyes-Torres LJ, Yee DA. Lower socioeconomic status
551 neighborhoods in Puerto Rico have more diverse mosquito communities and higher *Aedes*
552 *aegypti* abundance. Journal of Urban Ecology [Internet]. 2021 Jan 22 [cited 2024 Feb
553 12];7(1):juab009. Available from: <https://doi.org/10.1093/jue/juab009>
- 554 36. Souza RL, Nazare RJ, Argibay HD, Pellizzaro M, Anjos RO, Portilho MM, Jacob-
555 Nascimento LC, Reis MG, Kitron UD, Ribeiro GS. Density of *Aedes aegypti* (Diptera:
556 Culicidae) in a low-income Brazilian urban community where dengue, Zika, and

- 557 chikungunya viruses co-circulate. *Parasites & Vectors* [Internet]. 2023 May 6 [cited 2024
558 Jan 21];16(1):159. Available from: <https://doi.org/10.1186/s13071-023-05766-5>
- 559 37. Souza CA de. A importância da Educação Ambiental na manutenção e aumento do IDH.
560 Refas - Revista Fatec Zona Sul [Internet]. 2015 Oct 27 [cited 2024 Jan 21];2(1):1–18.
561 Available from: <https://revistarefas.com.br/RevFATECZS/article/view/32>
- 562 38. Azevedo TS de, Bourke BP, Piovezan R, Sallum MAM. The influence of urban heat
563 islands and socioeconomic factors on the spatial distribution of *Aedes aegypti* larval
564 habitats. *Geospatial Health* [Internet]. 2018 May 8 [cited 2024 Jan 29];13(1). Available
565 from: <https://geospatialhealth.net/index.php/gh/article/view/623>
- 566 39. Teixeira TR de A, Cruz OG. Spatial modeling of dengue and socio-environmental
567 indicators in the city of Rio de Janeiro, Brazil. *Cad Saúde Pública* [Internet]. 2011 Mar
568 [cited 2024 Feb 18];27:591–602. Available from:
569 <https://www.scielo.br/j/csp/a/gxkWMccQ8wGD648nL8qGqSs/?lang=en>
- 570 40. de Sousa SC, Carneiro M, Eiras ÁE, Bezerra JMT, Barbosa DS. Factors associated with
571 the occurrence of dengue epidemics in Brazil: a systematic review. *ago2021* [Internet].
572 2021;45. Available from: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/54569>

573

574

575

576

577

578

579

580

581

582
583
584

ANEXO NORMAS PARA SUBMISSÃO DO MANUSCRITO

Modified April 2021



MANUSCRIPT BODY FORMATTING GUIDELINES

1 **Abstract** ←

2 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit.
3 Vestibulum adipiscing urna ut lectus gravida, vitae blandit tortor
4 interdum. Donec tincidunt porta sem nec hendrerit. Vestibulum nec
5 pharetra quam, vitae convallis nunc. Mauris in mattis sapien. Fusce
6 sodales vulputate auctor. Nam lacus felis, fermentum sit amet nulla
7 ac, tristique ultrices tellus. Integer rutrum aliquet sapien, eu
8 fermentum magna pellentesque vitae. Integer semper viverra mauris
9 vel pulvinar. Suspendisse sagittis malesuada urna. Praesent mauris
10 diam, fringilla id fringilla ac, posuere non lorem. Vestibulum mauris
11 ante, fringilla quis tortor sit amet, accumsan fermentum quam. Nulla
12 dictum consectetur leo. Ut vulputate ipsum purus, a interdum nibh
13 viverra et. Praesent aliquam sapien vel massa sodales bibendum.
14 Nulla interdum accumsan lectus, sed auctor elit accumsan a.
15 Suspendisse quis rhoncus nibh. The verum est de illic.

16 **NOTE: Before submitting, review the full submission guidelines**
17 **for the journal to which you are submitting:** [PLOS ONE](#), [PLOS](#)
[Biology](#), [PLOS Medicine](#), [PLOS Neglected Tropical Diseases](#), [PLOS](#)
[Computational Biology](#), [PLOS Genetics](#), [PLOS Pathogens](#)

18 **Introduction** ←

19 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit.
20 Vestibulum adipiscing urna ut lectus gravida, vitae blandit tortor
21 interdum. Donec tincidunt porta sem nec hendrerit. Vestibulum nec
22 pharetra quam, vitae convallis nunc.

23 **Level 1 heading**

24 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit.
25 Vestibulum adipiscing urna ut lectus gravida, vitae (Fig 1)
26 interdum. Donec tincidunt porta sem nec hendrerit. Vestibulum nec
27 pharetra quam, vitae convallis nunc. Mauris in mattis sapien. Fusce
28 sodales vulputate auctor. Nam sit amet nulla lacus a, (Figs 1 and 2)
29 ultrices tellus. Integer rutrum aliquet sapien, eu fermentum magna
30 pellentesque vitae.

31
32 **Fig 1. This is the Fig 1 Title.** This is the Fig 1 legend.

33 **Fig 2. This is the Fig 2 Title.** This is the Fig 2 legend.

34 **File Naming for Figures**

- Figure files should be saved as "Fig1.tif", "Fig2.eps", etc.
- Acceptable file formats for figures are ".tif", ".tiff", and ".eps"
- Figures should be uploaded separately as individual files.

Level 1 Heading

- Use Level 1 heading for all major sections (Abstract, Introduction, Materials and methods, Results, Discussion, etc.).
- Bold type, 18pt font.
- Only use italics and text formatting where needed (e.g. genus and species names, genes, etc.).
- Headings should be written in sentence case (capitalize only the first word of the heading, the first word of the subheading, and any proper nouns and genus names).

NOTE: Do not cite figures, tables, supporting information, or references in the Abstract.

Figure Citations

- Cite figures as "Fig 1", "Fig 2", etc.
- Cite figures and tables in order.
- Do not cite "Fig 2" before "Fig 1".
- Cite multiple figures as "Figs 1 and 2", "Figs 1-3", etc.

Figure Captions

- Each figure caption should appear directly after the paragraph in which they are first cited.
- Do not include tables within captions.
- Use bold type for the figure titles.

585
586
587
588
589

MANUSCRIPT BODY FORMATTING GUIDELINES

35

36 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit.
 37 Vestibulum adipiscing urna ut lectus gravida, vitae blandit tortor
 38 interdum. Donec p^3 et q^2 tincidunt porta sem nec hendrerit.

39
$$p^2 + 2pq + q^2 = 1 \tag{1}$$

40 Vestibulum nec pharetra quam, vitae convallis nunc. Mauris
 41 in mattis sapien. Fusce sodales vulputate auctor. Nam lacus felis,
 42 fermentum sit amet nulla ac, tristique ultrices tellus. Integer rutrum
 43 aliquet sapien, eu fermentum magna pellentesque vitae. Integer
 44 semper viverra mauris vel pulvinar dolor sit amet en $(p + q)^2 = 1$.

45

46 **Level 2 heading**

47 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit.
 48 Vestibulum adipiscing urna ut lectus gravida, vitae blandit tortor
 49 interdum. Donec tincidunt porta sem nec hendrerit. Omnes tuum
 50 basi sunt pertinent ad nos. Mauris in mattis sapien. Fusce sodales
 51 vulputate auctor. Nam lacus felis, fermentum sit amet nulla ac,
 52 tristique ultrices tellus. Integer rutrum aliquet sapien, eu fermentum
 53 magna pellentesque vitae. Integer semper viverra mauris vel
 54 pulvinar et alst.

55 **Level 3 heading**

56 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit.
 57 Vestibulum adipiscing urna ut lectus gravida, vitae blandit tortor
 58 interdum. Donec tincidunt porta sem nec hendrerit. Vestibulum nec
 59 pharetra quam, vitae convallis nunc. Mauris in mattis sapien. Fusce
 60 sodales vulputate auctor. Numquam iens dare tibi up.

61 **NOTE:** This document is presented in single-space paragraph
 62 format for ease of use. Please submit your manuscript in
 double-space paragraph format.

63

64

Display/Numbered Equation

- Format display equations in Mathtype or Equation Tools.
- Do not use Graphic Objects.

Inline Equation

- Format in regular text or as an inline equation in Mathtype or Equation Tools.
- Do not use Symbol Font.
- Do not use Graphic Objects.

Level 2 Heading

- Use Level 2 headings for sub-sections of major sections.
- Bold type, 16pt font.
- Only use italics and text formatting where needed.
- Use sentence case.

Level 3 heading

- Use Level 3 headings for sub-sections within Level 2 headings.
- Bold type, 14pt font.
- Only use italics and text formatting where needed.
- Use sentence case.

65 **Level 1 heading**

66 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit.
 67 Vestibulum adipiscing urna ut lectus gravida, et bland **Table 1**
 68 Donec tincidunt porta sem nec hendrerit. Vestibulum nec pharetra
 69 quam, vitae convalli. Fido nemo.

70 **Table 1. This is the Table 1 Title.**

	Chemical W	Chemical X	Chemical Y	Chemical Z
Chemical 1	Reaction 1W	Reaction 1X	Reaction 1Y	Reaction 1Z
Chemical 2	Reaction 2W	Reaction 2X	Reaction 2Y	Reaction 2Z
Chemical 3	Reaction 3W ^a	Reaction 3X	Reaction 3Y ^b	Reaction 3Z
Chemical 4	Reaction 4W	Reaction 4X	Reaction 4Y	Reaction 4Z
Chemical 5	Reaction 5W	Reaction 5X	Reaction 5Y	Reaction 5Z

71 This is the Table 1 legend.
 72 ^aTable footnotes belong here.
 73 ^bFootnotes should have corresponding symbols in the table.
 74
 75

Tables and Table Citations

- Tables should be cited as "Table 1", "Table 2", etc.
- Cite multiple tables as "Tables 1 and 2", "Tables 1-3", etc.
- Tables should be included directly after the paragraph in which they are first cited.
- Tables must be cell-based in Microsoft Word or embedded with Microsoft Excel.
- Do not use empty rows to create spacing.
- Do not include graphic objects, images, or colored text.

76 **Conclusion**

77 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing **[1-5]**
 78 Vestibulum adipiscing urna ut lectus gravida, vitae blandit tortor
 79 interdum. Donec tincidunt porta sem nec hendrerit. Vestibulum nec
 80 pharetra quam, vitae convallis nunc. Mauris in mattis sapien. Fusce
 81 sodales vulputate auctor **[S1 Fig]**. Dolor sit amet **[S1 and S2 Tables]**.

Reference Citations

- Cite references in brackets (for example, "[1]" or "[2-5]" or "[3,7,9]").
- References must be cited in order at first mention.

82
 83

Supporting Information Citations

- Format Supporting Information Citations as "S1 Fig", "S1 Table", etc.
- Cite multiple files as "S1 and S2 Figs", "S1-S3 Figs", etc.
- It is not required to cite each Supporting Information file.
- Supporting information should be uploaded separately as individual files.

3

84

85

86 Acknowledgments

87 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit.
88 Vestibulum adipiscing urna ut lectus gravida, vitae blandit tortor
89 interdum.

90

91

92 References

- 93 1. Doe J, Data A, van Stats J, Testperson M, Ribosome D Jr,
94 McBio GHT, et al. This is the article title. PLoS ONE.
95 2017;12(12):e000000. doi: 10.1371/journal.pone.0000000
96 2. Doe J, Data A, van Stats J, Testperson M, Ribosome D Jr,
97 McBio GHT, et al. Bunny dynamics in cartoon landscapes.
98 PLoS ONE. Forthcoming 2017.

99

100

101 Supporting information

102 **S1 Fig. This is the S1 Fig Title.** This is the S1 Fig legend.

103 **S2 Fig. This is the S2 Fig Title.** This is the S2 Fig legend.

104 **S1 Table. This is the S1 Table Title.** This is the S1 Table legend.

105 **S2 Table. This is the S2 Table Title.** This is the S2 Table legend.

106 **S1 File. This is the S1 File Title.** This is the S1 File legend.

File Naming for Supporting Information

- Supporting Information files should be saved as "S1_Fig.tif", "S1_File.pdf", etc.
- All file types are supported.

Acknowledgments

- Do not include funding or competing interests information in Acknowledgments.

References

- References should be listed after the main text, before the supporting information.
- References with more than six authors should list the first six author names, followed by "et al."
- References should be formatted according to the NLM/ICMJE style: https://www.nlm.nih.gov/bd/uniform_requirements.html

Supporting Information Captions

- List Supporting Information captions at the end of the manuscript in a section titled "Supporting information".
- Use a Level 1 heading.
- Use bold type for the titles.
- Supporting Information files do not require full captions; only labels ("S1 Fig") are fully required.

4

Before submitting, review the full submission guidelines for the journal to which you are submitting: [PLOS ONE](#), [PLOS Biology](#), [PLOS Medicine](#), [PLOS Neglected Tropical Diseases](#), [PLOS Computational Biology](#), [PLOS Genetics](#), [PLOS Pathogens](#)

594

595 Disponível em: <https://journals.plos.org/plosntds/s/submission-guidelines>

596