

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA - INBIO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ANA LUISA RYUMI MIRANDA KOMENO

ARANHAS URBANAS COMO POTENCIAIS PREDADORAS DE *Aedes aegypti* (Diptera:
Culicidae) EM AMBIENTE URBANO DE UBERLÂNDIA, MG

UBERLÂNDIA

2025

ANA LUISA RYUMI MIRANDA KOMENO

ARANHAS URBANAS COMO POTENCIAIS PREDADORAS DE AEDES AEGYPTI
(DIPTERA: CULICIDAE) NA ÁREA URBANA DE UBERLÂNDIA, MG

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC),
apresentado ao Instituto de Biologia (INBIO) da
Universidade Federal de Uberlândia (UFU) como
requisito parcial obrigatório para a obtenção do
título de Bacharelado em Ciências Biológicas.

Área do conhecimento: Ecologia

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Oliveira
Gonzaga

Coorientador: Gabriel Máximo Xavier

UBERLÂNDIA

2025

ARANHAS URBANAS COMO POTENCIAIS PREDADORAS DE AEDES AEGYPTI
(DIPTERA: CULICIDAE) NA ÁREA URBANA DE UBERLÂNDIA, MG

Uberlândia, 22 de abril de 2025.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Gonzaga
Universidade Federal de Uberlândia

Prof. Dr. Rafael Rios Moura
Universidade do Estado de Minas Gerais

Prof^ª. Dra. Natália Oliveira Leiner
Universidade Federal de Uberlândia

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

Aos meus pais e irmão pelo apoio incondicional, assim como minha avó Márcia, bachan Michiko e dichan Kiyoki que, com seus esforços, me permitiram estar aqui.

Aos colegas e professores do Laboratório de Aracnologia.

Aos meus amigos e familiares.

À Universidade Federal de Uberlândia.

RESUMO

Aedes aegypti é um vetor de múltiplos patógenos e esforços massivos têm sido investidos para compreender sua biologia e para desenvolver mecanismos de controle. Mas a compreensão de como inimigos naturais dos mosquitos adultos podem afetar suas populações é ainda muito incipiente. Aranhas, em especial da família Salticidae, têm sido apontadas como possuindo as características necessárias para desempenhar uma pressão de predação relevante sobre esses mosquitos no meio urbano, ao contrário da maioria de outros predadores. Por isso, este estudo foi dedicado a testar a hipótese de que o aumento da densidade de aranhas, sobretudo de salticídeos, esteja relacionado a um decréscimo na população de *Ae. aegypti*. De fato, vimos que a incidência de dengue está negativamente relacionada a abundância geral de aranhas na cidade de Uberlândia, porém não esteve relacionada a abundância de famílias de aranhas em específico, como Salticidae. Novos estudos são necessários para se identificar o grau de interação direta entre aranhas e mosquitos no meio urbano e para esclarecer se ambos são afetados de maneira oposta pelas condições ambientais. Apesar disso, este foi o primeiro estudo a identificar uma relação de oposição entre a comunidade de aranhas e culicídeos no meio urbano. Esses resultados, portanto, dão o embasamento necessário para as próximas etapas de investigação dessa linha de pesquisa. Aqui, discutimos em mais detalhes quais métodos serão de especial valor para a compreensão dessas interações e controle populacional para estudos futuros.

Palavras-chave: Culicidae, Controle biológico, Fauna urbana, Predadores, Vetores

ABSTRACT

Aedes aegypti is a vector of multiple pathogens, and massive efforts have been invested to understand its biology and develop control mechanisms. However, understanding how natural enemies of adult mosquitoes may affect their populations is still in its early stages. Spiders, particularly from the Salticidae family, have been suggested to possess the necessary characteristics to exert significant predation pressure on these mosquitoes in urban environments, unlike most other predators. Therefore, this study was dedicated to testing the hypothesis that an increase in spider density, especially Salticidae, is related to a decrease in the *Ae. aegypti* population. Indeed, we found that the incidence of dengue is negatively related to the general abundance of spiders in the city of Uberlândia, although it was not associated with the abundance of specific spider families, such as Salticidae. Further studies are needed to identify the extent of the direct interaction between spiders and mosquitoes in urban areas and to clarify whether both are affected oppositely by environmental conditions. Despite this, this is the first study to identify an opposing relationship between the spider community and mosquitoes in urban environments. These results thus provide the necessary foundation for the next steps in research in this field. Here, we discuss in more detail which methods will be of special value for understanding these interactions and population control for future studies.

Keywords: Culicidae; Biological control; Urban fauna; Predators, Vectors

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	8
2. MATERIAL E MÉTODOS	11
2.1 Amostragem da arácnofauna urbana	11
2.2 Quantificação da ocorrência de dengue	12
2.3 Análise Estatística	13
3. RESULTADOS	14
4. DISCUSSÃO	21
BIBLIOGRAFIA	23

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Aedes* (Diptera, Culicidae) contém espécies que atuam como vetores de múltiplos patógenos em escala global (Mayer et al. 2017). *Aedes aegypti*, por exemplo, pode transmitir os vírus da dengue, chikungunya, febre amarela e zika (Mayer et al. 2017). Nas últimas décadas, os limites geográficos da distribuição de *Ae. aegypti* foram ampliados para além dos trópicos e o grau de transmissão de doenças foi intensificado em algumas regiões (Kraemer et al. 2015). Isso se deve, provavelmente, às mudanças climáticas e a expansão de áreas urbanas que favorecem sua sobrevivência e reprodução (Ryan et al. 2019) e melhoram sua competência como vetores virais (Brady et al. 2014). Atualmente, é provável que mais de um bilhão de pessoas vivam nas áreas geográficas desses vetores e sejam vulneráveis às infecções (Ryan et al. 2019).

Não é surpreendente que muitos esforços tenham sido dedicados a investigar a biologia de mosquitos e a desenvolver mecanismos de controle das espécies de *Aedes*. Estudos abordaram como seus ciclos de vida são afetados por condições climáticas, principalmente pela temperatura e precipitação (e.g., Brady et al. 2014, Kraemer et al. 2015). Essas informações permitem uma compreensão sobre sua distribuição geográfica em grande escala (Brady et al. 2014, Kraemer et al. 2015). Por outro lado, entender as interações de *Aedes* com inimigos biológicos e estruturas urbanas produz uma compreensão sobre sua distribuição em uma escala mais fina dentro de ambientes urbanos (Weterings et al. 2018, Maffey et al. 2022). Essas informações fornecem uma base para se aplicar mecanismos de controle melhores (Bonds et al. 2022). Por exemplo, se técnicas de controle de mosquitos também eliminarem seus predadores (e.g., aplicando pesticidas não específicos ou manipulando microhabitats), esses métodos podem perder eficiência.

Nesse sentido, as interações biológicas envolvendo os estágios larvais das espécies de *Aedes* têm recebido atenção especial na pesquisa. Isso se deve ao fato de que as larvas são provavelmente mais vulneráveis a predadores e a recursos limitantes (Bonds et al. 2022). Assim, a influência de competidores larvais (e.g., Daugherty et al. 2000, Juliano et al. 2004) e predadores de larvas sobre as populações de *Aedes* tem sido mais investigadas (e.g., Kay et al. 2002, Marten & Reid 2007, Weterings et al. 2015, Fröh et al. 2019, Priyadarshana & Slade 2022, Russell et al. 2021). Os principais predadores de larvas são invertebrados aquáticos (e.g., ninfas de Odonata, besouros mergulhadores, copépodes, cyclops e camarões), mas até alguns vertebrados podem agir como predadores (e.g., girinos e peixes) (Bonds et al. 2022). Contudo, é improvável que esses animais estejam presentes nos recipientes de água temporários dos quais *Ae. aegypti* depende para ovipositar em ambientes urbanos. Portanto, também é importante investigar a existência de predadores

relevantes de mosquitos adultos.

Em geral, os mosquitos adultos de *Aedes* são considerados presas pouco interessantes, pois seu valor nutricional não compensa a energia gasta na caça por parte da maioria dos predadores (Collins et al. 2019, Bonds et al. 2022). Sabe-se que os predadores que incluem mosquitos adultos de *Aedes* em suas dietas o fazem de forma oportunística e, geralmente, não têm os mosquitos como os principais alvos (Bonds et al. 2022). Todavia, as aranhas possuem muitas características que as tornam predadores potencialmente relevantes de mosquitos. Muitas espécies poderiam se beneficiar energeticamente do consumo de presas do tamanho de culicídeos (Harmer et al. 2015). A maioria das aranhas pode consumir uma grande quantidade e diversidade de presas para obter uma nutrição ótima (Toft 2013). Assim, é pouco provável que rejeitem insetos não tóxicos que estejam ao seu alcance. Por fim, as aranhas são altamente abundantes e diversas, ocupando muitos tipos de microhabitats e atuando como predadores influentes em todos os tipos de ecossistemas terrestres (Nyffeler & Birkhoffer 2017).

Ambientes urbanos podem favorecer algumas aranhas da família Salticidae, e existem muitas espécies sinantrópicas que caçam em paredes, cercas e árvores (e.g., Cumming & Wesolowska 2004, Rodríguez-Rodríguez et al. 2015, Pupin & Brescovit 2023). Essas aranhas têm uma boa acuidade visual, incluindo percepção de profundidade, visão periférica e uma distinção de cores refinada em algumas espécies (Hill 2010a, Cronin et al. 2014). Quando detectam uma presa, usam sua habilidade de deslocamento rápido e salto para alcançá-la (Hill 2010a, 2010b). Essa família apresenta espécies que são eficientes na captura de mosquitos. *Plexippus petersi* e *P. paykulli*, por exemplo, foram considerados predadores recorrentes de *Ae. aegypti* em áreas urbanas da Malásia, uma vez que testes de precipitina identificaram uma ingestão frequente desses mosquitos (Sulaiman et al. 1990a). Outro estudo demonstrou que *P. petersi*, *P. paykulli* e *Menemerus bivittatus* têm altas taxas de predação de culicídeos (Weterings & Umponstira 2014). *Paracyrba wanlessi* é uma Salticidae que apresenta forte preferência por mosquitos e costuma caçar suas larvas, pupas e adultos (Jackson et al. 2014). Mas o exemplo mais emblemático é *Evarcha culicivora*, uma espécie da África Oriental, que é especializada em capturar mosquitos *Anopheles* e tem preferência por aqueles que se alimentaram recentemente com sangue (Jackson et al. 2005, Taylor et al. 2022). Por fim, modelos matemáticos baseados em dados ecológicos indicam que predadores, incluindo aranhas, possuem potencial para controlar as

populações de mosquitos *Aedes* (Weterings et al. 2018).

A literatura possui muitos exemplos que nos levam a supor que aranhas da família Salticidae são predadores eficazes de mosquitos. Isso é conflitante com o que é esperado para muitas aranhas construtoras de teias. Primeiramente, essas aranhas não podem se direcionar às presas fora de suas teias. Assim, elas dependem do posicionamento estratégico, arquitetura e propriedade física das teias para aumentar as chances de interceptação e retenção de presas (Xavier et al. 2021). O posicionamento de alguns tipos de teias, como as teias orbiculares, pode ser mais viável longe das residências, diminuindo as chances de interceptação desses culicídeos. Mesmo em ambientes naturais, esse tipo de presa parece ser raramente interceptado por aranhas de teias orbiculares e de teias de tridimensionais, como aquelas de alguns theridiídeos (Ludwig et al. 2018, Xavier et al. 2021).

Pesquisas específicas são necessárias para identificar se os Salticidae controlam populações de mosquitos nas cidades. Certamente, avaliar as taxas de consumo de mosquitos e fazer modelagens populacionais são cruciais para essa linha de pesquisa. Porém, acreditamos que esse esforço de pesquisa se beneficiará de uma avaliação inicial sobre como as populações de aranhas, sobretudo de Salticidae, estão relacionadas às populações de *Ae. aegypti* no ambiente urbano. Assim, conduzimos uma pesquisa de caráter inicial e exploratório, assumindo que (i) se aranhas forem capazes de controlar populações de culicídeos, locais com maior densidade de aranhas deverão apresentar populações menores de *Ae. aegypti*; e que (ii) aranhas Salticidae deverão ser as principais responsáveis por esse potencial controle. Consequentemente, este estudo pretende testar essas hipóteses e fornecer uma base sólida para futuras pesquisas sobre a influência das aranhas urbanas nas populações de mosquitos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 AMOSTRAGEM DA ARAENOFAUNA URBANA

Todas as coletas foram realizadas em Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. Planejamos a amostragem de forma que ela representasse toda principal área urbanizada do município. Todos os pontos e percursos de amostragem podem ser visualizados no mapa suplementar em:

https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1DcDUfuzTvqHi39rZxCilQxs_Lm64wnU&ll=-18.923508085667113%2C-48.27083235&z=13.

Primeiro, definimos 30 pontos de amostragem (pontos em preto no mapa suplementar). Para garantir que esses pontos representassem a cidade de maneira relativamente homogênea, os dispusemos em seis fileiras (cinco pontos por fileira) que, juntas, passavam por todas as principais partes da cidade. Os pontos foram escolhidos de forma a estarem 1 km de distância uns dos outros.

Em seguida, marcamos 30 segmentos de ruas no entorno de cada um dos pontos de amostragem. A partir desses segmentos, fizemos um sorteio de modo que cada ponto de amostragem ficasse com apenas 500 m de segmentos de rua a serem amostrados. Portanto, para cada ponto de amostragem, percorremos 500 m de rua (segmentos vermelhos no mapa). No total, 15 km de segmentos, espalhados por 220 ruas diferentes, foram inspecionados em busca de aranhas.

Durante todas as amostragens, três pessoas percorriam cada trajeto de 500 m em 40 minutos. As amostragens foram conduzidas entre abril e maio de 2023 e ocorreram sempre durante o período diurno, entre 8:00 e 11:00 e entre 14:00 e 17:00. Os membros da equipe inspecionavam ativamente muros, paredes, portões, cercas, postes, calçadas, canteiros, lixeiras, árvores, plantas ornamentais e jardins. Todas as aranhas encontradas foram coletadas individualmente em tubos Falcon e as coordenadas geográficas dos locais de coleta foram registrados. Todas as aranhas coletadas foram levadas ao Laboratório de Aracnologia da Universidade Federal de Uberlândia e identificadas, sempre que possível, em nível de espécie, exceto indivíduos muito imaturos ou com danos que inviabilizassem esse nível de classificação. Inspeccionamos as estruturas morfológicas das aranhas no estéreo-microscópio modelo Leica 250C, equipado com uma câmera Leica DFC conectada ao software LAS Application Suite. Ao concluir as identificações, as aranhas foram depositadas na coleção biológica do laboratório.

2.2 QUANTIFICAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE DENGUE

Utilizamos os números de casos de dengue nos locais dos pontos de amostragem como variável representativa da população de *Ae. aegypti*, uma vez que o número de casos da doença está relacionado ao número de vetores. Para isso, na plataforma DATASUS (Ministério da Saúde do Brasil 2024), acessamos o número de casos de dengue no Brasil notificados em 2023 e reportados pelo Sistema de Informação de Agravos de Notificação (2024). Dengue é uma doença de notificação compulsória (Portaria de Consolidação nº 4, de 28 de setembro de 2017) e todas as unidades de saúde, sejam públicas ou privadas, alimentam o banco de dados com os seus casos de dengue.

Primeiramente, selecionamos somente os casos notificados para Uberlândia (código IBGE: 3170206) e inspecionamos os números de Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES 2024), usando o portal on-line de consultas, de todas as unidades de saúde notificadoras de casos de dengue no município. Em seguida, por meio do CNES, consultamos a natureza jurídica de cada unidade (pública ou privada) e de atendimento pelo SUS (sim ou não). Por meio dessas informações, selecionamos somente as unidades de saúde públicas (e.g., UAI, UBS, UBSF, UPA, Hospitais Municipais) e as unidades privadas que atendem pelo SUS. Obtivemos as coordenadas geográficas de cada uma dessas unidades de saúde por meio de seus CEPs e atribuímos seus números de notificações de dengue ao ponto de amostragem de aranhas mais próximo. Em caso de equidistância entre uma unidade de saúde e mais de um ponto de amostragem, o número de notificações daquela unidade foi dividido entre os pontos.

Esse critério de seleção de unidades de saúde deve revelar de maneira acurada o número de casos de dengue para cada local da cidade. Isso porque pacientes em busca de atendimento pelo SUS devem procurar as unidades mais próximas de suas residências, ao passo que os demais pacientes podem precisar se deslocar mais até as unidades privadas que atendam pelos seus planos de saúde.

O manejo de dados foi conduzido no R, versão X.X.X (R Core Team 2024, versão 4.3.3), por meio do pacote “dplyr” (Wickham et al. 2023). Utilizamos também o pacote “read.dbc” (Petruszalek 2023) para a abertura de arquivos do DATASUS no R. Para representar nossos dados em mapas, utilizamos os pacotes “sf” (Pebesma 2018) e “sp” (Pebesma & Bivand 2005) para estabelecer os contornos espaciais de interesse (shapefiles) e o pacote “geobr” (Pereira & Gonçalves 2024) para obter as delimitações da área

urbanizada de Uberlândia. Utilizamos o pacote “ggplot2” (Wickham 2016) para a edição de gráficos e, conjuntamente, o pacote “sfhotspot” (Ashby 2023) para a projeção de estimativas de densidade de Kernel nesses gráficos.

2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para controlar os potenciais efeitos de autocorrelação espacial em nossas amostragens, primeiramente, calculamos dois autovetores espaciais para considerar em nossas análises estatísticas. Para isso, utilizamos a latitude e a longitude de cada ponto de amostragem de aranhas para calcular uma matriz de distâncias Euclidianas entre esses pontos e, em seguida, suas matrizes de conectividade (Diniz-Filho 2001, Peres-Neto 2006). Por meio destas, pudemos calcular os autovetores de Moran usando o método de proximidade de Abouheif (1999).

Para avaliar se a abundância geral de aranhas pode influenciar a incidência de *Ae. aegypti*, estabelecemos nosso primeiro modelo estatístico (I). Esse modelo foi construído como um modelo linear generalizado com distribuição de erro Gamma e função de ligação logarítmica (MLG Gamma log). Nele, incluímos o número total de aranhas em cada ponto de amostragem e os dois autovetores espaciais, como variáveis preditoras, e o número de casos de dengue atribuídos a cada local de coleta, como variável resposta.

Após isso, avaliamos separadamente como abundância de aranhas de cada uma das quatro famílias mais comuns nas amostras (*Salticidae*, *Theridiidae*, *Araneidae*, *Pholcidae*) podem, por si só, influenciar a incidência de *Ae. aegypti*. Para isso, conduzimos mais quatro MLGs Gamma (log) (II, III, IV, V) com as mesmas variáveis do modelo estatístico I, porém, cada um deles incluindo somente aranhas de uma das famílias. Todas as análises estatísticas foram conduzidas no R, versão X.X.X (R Core Team 2024, versão 4.3.3). Para prosseguir com os MLGs Gamma (log), inspecionamos as distribuições de erro dos resíduos pela análise gráfica utilizando o pacote “DHARMA” (Hartig 2022). Usamos os pacotes “lme4” (Bates et al. 2015) e “car” (Fox e Weisberg 2019) para construir os modelos estatísticos e estimar seus valores de probabilidade (P), respectivamente. Uma vez que os valores de probabilidade de um modelo foram menores que nível de significância (5%), aceitamos a hipótese alternativa e calculamos o coeficiente de determinação (R^2) daquele modelo usando o pacote “rsq” (Zhang 2022). Utilizamos o pacote “adespatial” (Dray et

al. 2023) para o cálculo dos autovetores espaciais.

3. RESULTADOS

Coletamos 762 aranhas (excluindo indivíduos recém-eclodidos), pertencentes a 13 famílias e a 31 espécies, na área urbana de Uberlândia (Tabela 1). Destacaram-se amplamente as duas mais abundantes: *M. bivittatus* (Salticidae), com 355 indivíduos, e *Latrodectus geometricus* (Theridiidae), com 180 indivíduos.

A distribuição geral de aranhas foi heterogênea ao longo da área amostrada, com maior densidade estimada para a parte leste da cidade (Figura 1A). A distribuição de casos de dengue, por sua vez, apresentou quatro focos de maior concentração (Figura 1B). Num primeiro momento, alguns desses focos aparentam se localizar em pontos de menor abundância geral de aranhas. Quando observamos separadamente as espécies (Figura 2) e as famílias (Figura 3) mais comuns nas amostras, entretanto, cada uma delas parece ter áreas distintas de maior densidade.

O aumento geral do número de aranhas explicou apenas 9% da variação do número de casos de dengue ($R^2 = 0,09$). Por outro lado, os modelos que levam em conta a abundância de aranhas separada das quatro famílias mais abundantes nas amostragens (Salticidae, Theridiidae, Araneidae e Pholcidae) não exibiram relação com o número de casos de dengue (veja os modelos II, III, IV e V na Tabela 2 e a Figura 4).

Tabela 1. Número de indivíduos de aranhas amostradas por famílias e espécies.

Família	Espécie	Indivíduos
Anyphaenidae	NI	1
Araneidae	<i>Alpaida leucogramma</i>	3
	<i>Alpaida versicolor</i>	3
	<i>Argiope argentata</i>	33
	<i>Cyclosa</i> sp.	3

	<i>Cyrtophora citricola</i>	43
	<i>Eriophora edax</i>	1
	<i>Gasteracantha cancriformis</i>	1
	<i>Hypognatha</i> sp.	1
	<i>Parawixia audax</i>	1
	NI	1
Filistatidae	<i>Misionella mendensis</i>	1
	<i>Pikelinia mendensis</i>	1
Mimetidae	<i>Gelanor</i> sp.	1
Oecobiidae	<i>Oecobius marathaus</i>	1
	<i>Oecobius navus</i>	4
	<i>Oecobius</i> sp.	1
Oxyopidae	<i>Oxyopes salticus</i>	3
	NI	1
Philodromidae	<i>Tibelloides</i> sp.	6
Pholcidae	<i>Crossopriza lyoni</i>	1
	<i>Pholcus phalangoides</i>	3
	<i>Physocyclus globosus</i>	27
	NI	15
Salticidae	<i>Corythalia conferta</i>	20
	<i>Hasarius adansoni</i>	9
	<i>Menemerus bivittatus</i>	355
	NI	8
Scytodidae	<i>Scytodes fusca</i>	6
	<i>Scytodes</i> sp.	1
Sparassidae	NI	1
Tetragnathidae	<i>Leucauge</i> sp.	2
Theridiidae	<i>Anelosimus</i> sp.	5
	<i>Cryptachaea altiventer</i>	5
	<i>Latrodectus geometricus</i>	180
	<i>Nesticoides rufipes</i>	4
	<i>Theridion</i> sp.	4
	NI	6

Tabela 2. Resultados para os modelos estatísticos (I - V). * valores de P menores que o nível de significância (0,05).

Modelo estatístico	Variável resposta	Variáveis preditoras	Estatística-teste		gl	Gl-res	P	R²
(I) MLG Gamma (log)	Casos de dengue	- Número de aranhas	χ^2	4,11	1	25	0,04 *	0,09
		- Autovetor espacial I		0,37	1		0,54	
		- Autovetor espacial II		0,87	1		0,35	
(II) MLG Gamma (log)	Casos de dengue	- Número de salticídeos	χ^2	0,65	1	25	0,41	
		- Autovetor espacial I		1,19	1		0,27	
		- Autovetor espacial II		0,03	1		0,84	
(III) MLG Gamma (log)	Casos de dengue	- Número de theridiídeos	χ^2	0,43	1	22	0,51	
		- Autovetor espacial I		0,52	1		0,46	
		- Autovetor espacial II		0,86	1		0,35	
(IV) MLG Gamma (log)	Casos de dengue	- Número de araneídeos	χ^2	3,29	1	17	0,07	
		- Autovetor espacial I		1,46	1		0,22	
		- Autovetor espacial II		3,44	1		0,06	
(V) MLG Gamma (log)	Casos de dengue	- Número de pholcídeos	χ^2	0,17	1	9	0,67	
		- Autovetor espacial I		1,12	1		0,28	
		- Autovetor espacial II		1,91	1		0,16	

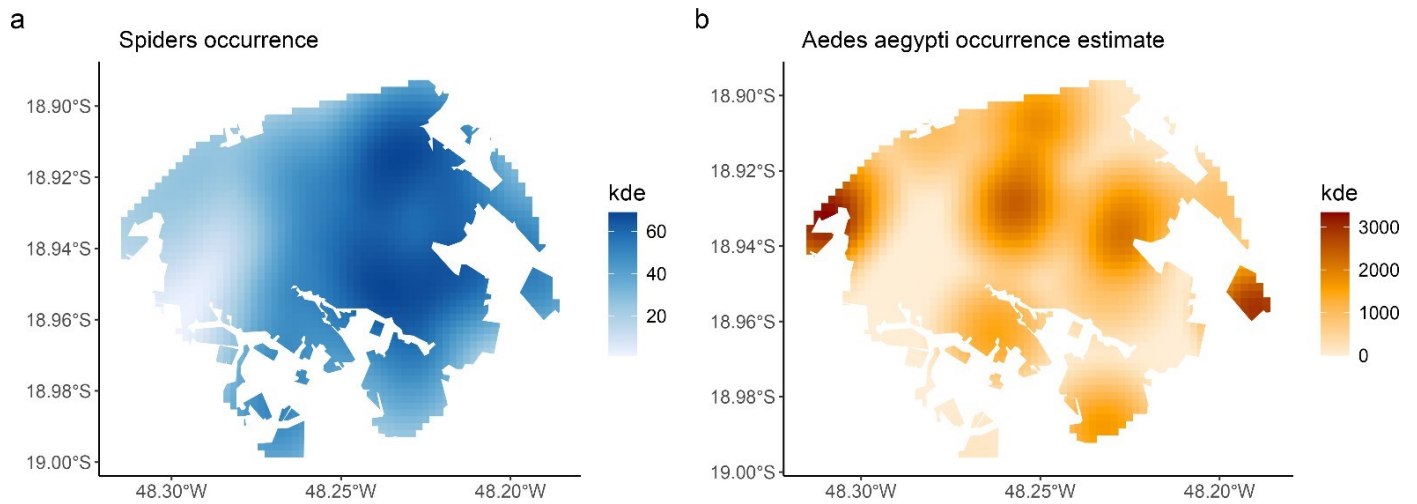


Figura 1. (a) Estimativa de densidade total de aranhas e (b) da ocorrência de *Ae. aegypti* (casos de dengue) (estimativas de densidade de Kernel - kde) para a área amostrada em Uberlândia. Áreas urbanizadas, porém, que estiveram fora da abrangência de amostragem permanecem sem estimativa (em branco).

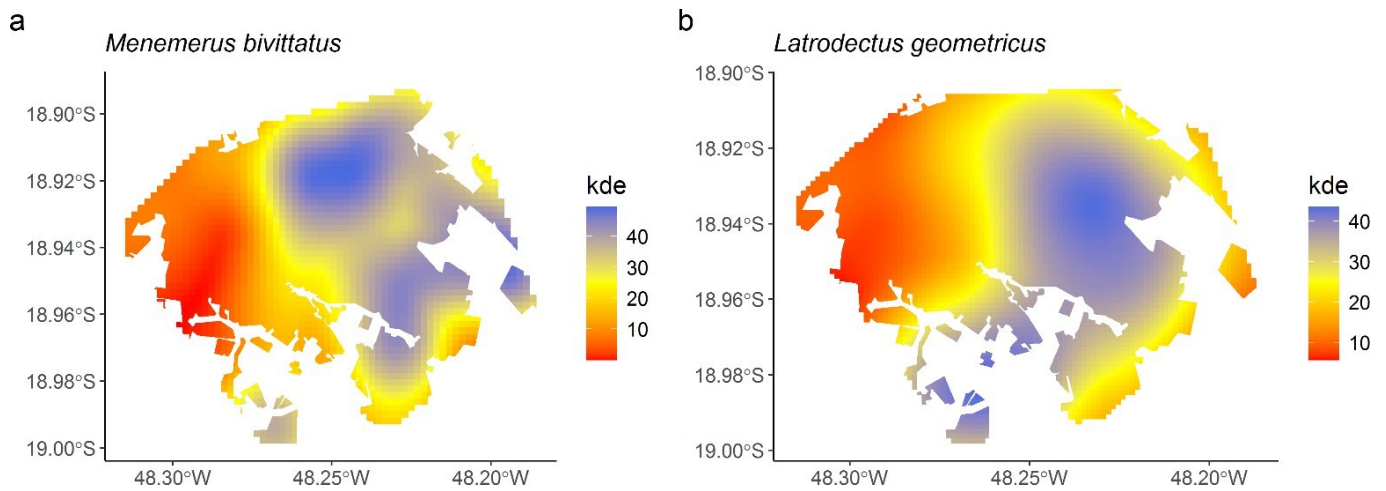


Figura 2. Estimativa de densidade (estimativa de densidade de Kernel - kde) para as duas espécies mais abundantes (**a** - *M. bivittatus*; **b** - *L. geometricus*) na área amostrada em Uberlândia. Áreas urbanizadas, porém, que estiveram fora da abrangência de amostragem permanecem sem estimativa (em branco).

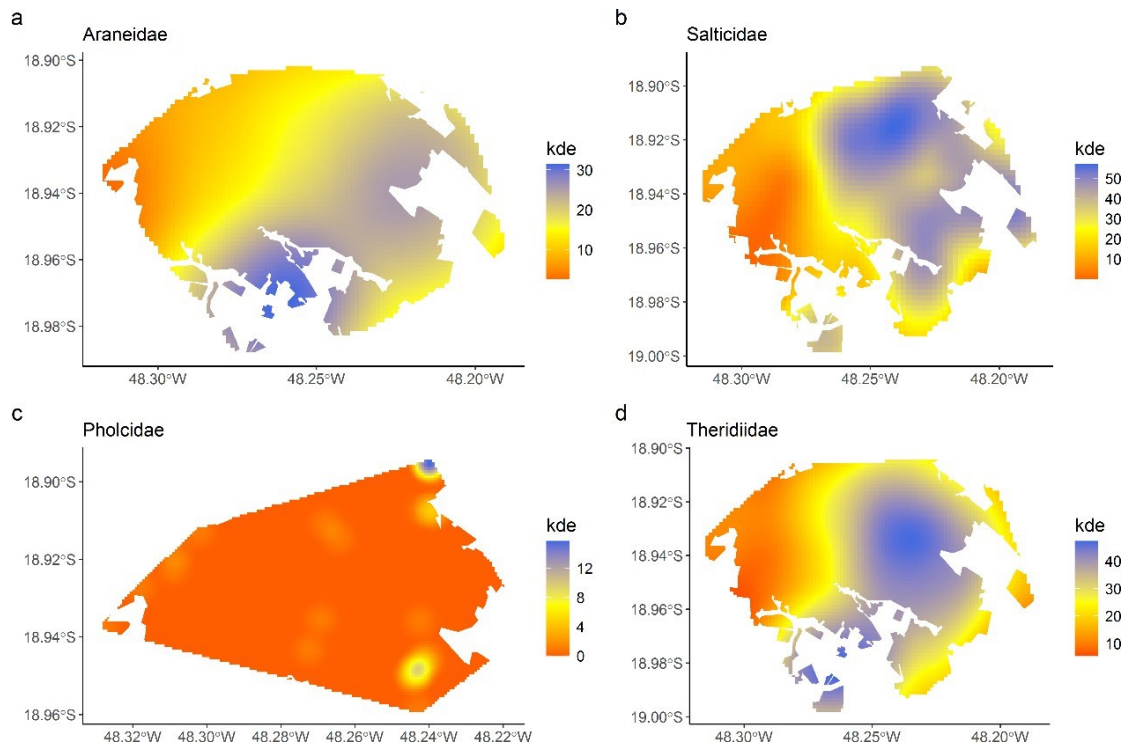


Figura 3. Estimativa de densidade (estimativa de densidade de Kernel - kde) para as quatro famílias mais abundantes (**a** - Araneidae; **b** - Salticidae; **c** - Pholcidae; **d** - Theridiidae) na área amostrada em Uberlândia. Áreas urbanizadas, porém, que estiveram fora da abrangência de amostragem permanecem sem estimativa (em branco).

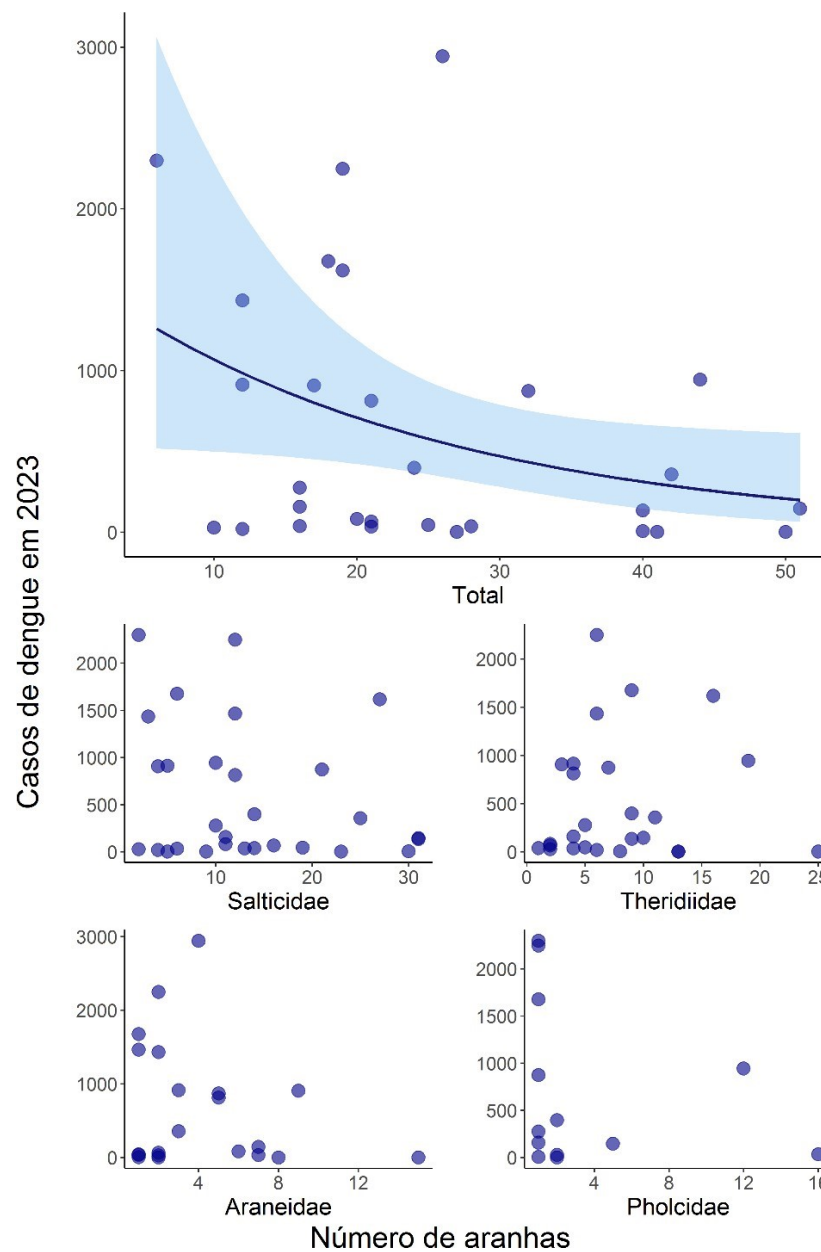


Figura 4. Relações entre o número de aranhas (total e separadamente: Salticidae, Theridiidae, Araneidae e Pholcidae) e o número de casos de dengue em 2023 atribuídos a cada ponto de amostragem. Preditores com efeito significativo sobre a variável resposta exibem a estimativa do modelo como uma curva (em preto) e seu intervalo de confiança de 95% (sombreado em azul).

4. DISCUSSÃO

Nosso estudo produziu a primeira lista de aranhas para o ambiente urbano de Uberlândia obtido por uma coleta padronizada. Isso possibilita uma melhor compreensão de quais espécies são mais comuns e como estão distribuídas na cidade. Vimos que *M. bivittatus* (Salticidae) e *L. geometricus* (Theridiidae) se destacaram como as espécies mais comuns, seguidas por espécies de outras famílias, como *C. cirtricola* e *A. argentata* (Araneidae), *P. globosus* (Pholcidae) e *H. adansoni* (Salticidae). A distribuição geral de aranhas aparenta ser inversa em muitos pontos em relação à ocorrência de dengue. De fato, nossos testes sugerem que a incidência de dengue decresce à medida que a densidade de aranhas aumenta, fornecendo suporte à nossa primeira hipótese (i). Entretanto, quando essa mesma relação não foi presente que consideramos separadamente a abundância de aranhas das quatro famílias mais comuns (Salticidae, Theridiidae, Araneidae e Pholcidae), contrariando nossa segunda hipótese (ii).

A ubiquidade de salticídeos nas estruturas urbanas inspecionadas e suas proximidades com as habitações tornam viáveis os encontros e capturas de *Ae. aegypti*. O amplo período de forrageio ao longo do dia também aumenta as chances desses encontros, uma vez que *Ae. aegypti* possui atividade diurna e crepuscular (Mutebi 2022). *Menemerus bivittatus* é o principal candidato a predador de mosquitos em nossas amostras, dado a sua abundância e conhecida habilidade para capturar diversos insetos (Penney & Gabriel 2009, Pupin & Brescovit 2023). É uma espécie sinantrópica e cosmopolita (Metzner 2019) que, na natureza, já foi registrada capturando moscas, formigas, abelhas sem ferrão e outras aranhas (Penney & Gabriel 2009, Pupin & Brescovit 2023). Em um experimento, essa espécie demonstrou ser propensa e capaz de capturar culicídeos (Weterings & Umponstira 2014) e nós flagramos um evento desse tipo de captura na cidade (culicídeo não identificado). Finalmente, uma espécie próxima, *M. semilimbatus*, pode ter uma dieta composta com até 70% de dípteros (Guseinov 2003).

Menemerus bivittatus teve a maior contribuição em nosso teste geral (abundância total de aranhas vs. incidência de dengue) uma vez que sua abundância foi quase duas vezes maior que a da segunda espécie mais comum. Apesar dessa contribuição, nossos resultados sugerem salticídeos por si só, assim como as outras famílias, não devem ser capazes de limitar populações de culicídeos. Em vez disso, a ação conjunta com aranhas de outras famílias e de espécies menos comuns poderia ser capaz de exercer um nível de predação

suficiente para limitar as populações de mosquitos. *Corythalia conferta*, por exemplo, foi outro salticídeo presente em nossas amostras. Essa espécie possui ampla distribuição na América do Sul (Metzner 2019) e, embora ocupe naturalmente a Mata Atlântica, é comum em muros de áreas urbanas (Baigorria et al. 2021). Essa espécie costuma construir pequenos abrigos em fendas e emboscar presas que passam caminhando. Mas, mesmo assim, culicídeos são oportunamente capturados (1,3% das presas) (Baigorria et al. 2021). Portanto, é possível que o somatório de predações eventuais de culicídeos por todas as famílias e espécies de aranhas menos comuns possa resultar um número considerável de mosquitos removidos da população de presas. Mesmo algumas aranhas de teia orbicular já foram registradas interceptando pequenos dípteros em áreas urbanas e em ambientes naturais (e.g., Onyeka 1983, Sulaiman et al. 1990a, 1990b, Xavier et al. 2021). Aranhas maiores caçam ativamente, como *Lycosidae* e *Pisauridae*, também são propensas e capazes de capturas espécies de *Aedes* e outros culicídeos (Lawania et al. 2013, Dharmaraj et al. 2020, Bonds et al. 2022).

Pensamos que o nível de controle de mosquitos por aranhas deve depender também da composição de espécies em cada local, aumentando à medida que predadores mais eficazes se tornam presentes. Por exemplo, *Plexippus paykulli* é outro salticídeo sinatrópico e cosmopolita. Essa espécie possui grande habilidade para predação *Ae. aegypti* e outros culicídeos (Sulaiman et al. 1990a, Weterings & Umponstira 2014), sendo provavelmente um dos salticídeos mais comuns em áreas urbanas do Brasil (Pupin & Brescovit 2023). Entretanto, não encontramos nenhum indivíduo de *P. paykulli* em nossas amostragens. Expandir essa investigação para áreas de ocorrência dessa espécie pode, então, contribuir muito para essa linha de pesquisa.

Há que se destacar também que utilizamos a incidência de dengue como variável representativa da população de *Ae. aegypti* neste estudo. Essa variável parece ser boa o suficiente para representar a população de vetores da doença. Em uma amostragem, Pires (2022) registrou uma incidência de ovos e larvas de *Ae. aegypti* significativamente mais alta para áreas com maior incidência de dengue em Uberlândia, coincidindo com os hotspots estimados de *Ae. aegypti* neste estudo. Portanto, é muito provável que as pessoas infectadas estejam buscando serviços de saúde principalmente em locais próximos a suas casas, onde as infecções são mais prováveis de ocorrer. Essa relação também deve refletir os limites de deslocamento dos mosquitos. *Aedes aegypti* não costumam se deslocar por mais de 100 m de seu ponto de nascimento (Honório et al. 2003, Liew & Curtis 2004).

Precisamos destacar também que as populações de *Ae. aegypti* devem ser

altamente influenciadas por outras variáveis ambientais de escala local, como pontos adequados para oviposição, programas de controle e uso de inseticidas. Identificamos que apenas 9% da variação da incidência de dengue pôde ser atribuída a abundância de aranhas nos pontos de amostragem. Portanto, se um controle populacional por predação de fato ocorrer, ele deve ter uma influência limitada sobre a população de mosquitos diante de todas as outras variáveis não avaliadas. Não sabemos ainda até que ponto esses resultados refletem as condições que beneficiam e prejudicam aranhas e mosquitos na cidade, que podem ser opostas. De qualquer maneira, este estudo fornece a primeira identificação de uma relação entre distribuição de aranhas e culicídeos no meio urbano. Esses resultados são convidativos para novos estudos que avaliem mais diretamente a relação de consumo de mosquitos por aranhas. Registros diretos de eventos de predação por muitas aranhas são difíceis de conduzir uma vez que mosquitos podem ser rapidamente consumidos. Por isso, métodos moleculares e razões isotópicas, conjuntamente com a quantificação das características ambientais urbanas, serão de especial valor para próximas etapas deste estudo.

5. BIBLIOGRAFIA

ABOUHEIF, E. A method for testing the assumption of phylogenetic independence in comparative data. *Evolutionary Ecology Research*, v.1, p.895–909, 1999.

ASHBY, M. *sfhotspot: spatial point pattern hotspots*. R package version 0.1.0, 2023.

BAIGORRIA, M. J. et al. Spider predation in urban ecosystems: The case of *Corythalia conferta*. *Journal of Urban Ecology*, v.7, n.1, p.1–9, 2021.

BATES, D. et al. Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, v.67, n.1, p.1–48, 2015.

BONDS, J. A. S. et al. Mosquito Ecology and Control Strategies. *Annual Review of Entomology*, v.67, p.481–499, 2022.

BRADY, O. J. et al. Global temperature constraints on *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus* persistence and competence. *Parasites & Vectors*, v.7, n.338, 2014.

COLLINS, L. E. et al. Predator-prey interactions involving adult mosquitoes. *Journal of Vector Ecology*, v.44, p.85–95, 2019.

CRONIN, T. W. et al. *Visual Ecology*. Princeton University Press, 2014.

CUMMING, M. S.; WESOŁOWSKA, W. Habitat use by jumping spiders in urban environments. *Journal of Arachnology*, v.32, p.23–30, 2004.

DAUGHERTY, M. P. et al. Competition among larval mosquitoes. *Ecological Applications*, v.10, n.2, p.635–644, 2000.

DINIZ-FILHO, J. A. F. Spatial autocorrelation analysis in population genetics and ecology. *Brazilian Journal of Biology*, v.61, p.169–176, 2001.

DRAY, S. et al. *adespatial: Multivariate Multiscale Spatial Analysis*. R package version 0.3-19, 2023.

FOX, J.; WEISBERG, S. *An R Companion to Applied Regression*. 3. ed. Thousand Oaks, CA: Sage, 2019.

FRÜH, L. et al. Predators of mosquito larvae in urban habitats. *Urban Ecosystems*, v.22, p.335–345, 2019.

GUSEINOV, E. I. Feeding habits of jumping spiders in Azerbaijan. *Arthropoda Selecta*, v.11, p.123–126, 2003.

HARTIG, F. *DHARMA: Residual diagnostics for hierarchical (multi-level/mixed) regression models*. R package version 0.4.5, 2022.

HILL, D. E. a. Visual acuity in jumping spiders. *Journal of Comparative Physiology A*, v.196, p.179–191, 2010a.

HILL, D. E. b. Jumping spider predatory behavior. *Journal of Arachnology*, v.38, p.245–251, 2010b.

HONÓRIO, N. A. et al. Dispersal of *Aedes aegypti* in urban areas. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v.98, n.2, p.191–198, 2003.

JACKSON, R. R. et al. Specialized predation by *Evarcha culicivora*. *Journal of Experimental Biology*, v.208, p.1079–1090, 2005.

JACKSON, R. R. et al. Mosquito-preferring spiders in Southeast Asia. *Journal of Arachnology*, v.42, p.217–225, 2014.

- JULIANO, S. A. et al. Ecological interactions in container habitats: Competition and predation among mosquitoes. *Annual Review of Entomology*, v.49, p.377–406, 2004.
- KAY, B. H. et al. Biological control of mosquito larvae with predatory copepods. *Journal of Medical Entomology*, v.39, p.376–382, 2002.
- KRAEMER, M. U. G. et al. The global distribution of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus*. *eLife*, v.4, e08347, 2015.
- LAWANIA, K. et al. Predatory behavior of wolf spiders. *Indian Journal of Entomology*, v.75, p.238–240, 2013.
- LIEW, C.; CURTIS, C. F. Horizontal and vertical dispersal of dengue vector mosquitoes. *Medical and Veterinary Entomology*, v.18, p.379–385, 2004.
- LUDWIG, G. et al. Prey capture in orb-weaving spiders. *Journal of Arachnology*, v.46, p.243–250, 2018.
- MAFFEY, G. L. et al. Urban mosquito ecology. *Urban Ecosystems*, v.25, p.431–445, 2022.
- MARTEN, G. G.; REID, J. W. Cyclopoid copepods: Effective biocontrol agents of mosquitoes. *Journal of the American Mosquito Control Association*, v.23, p.142–150, 2007.
- MAYER, S. V. et al. *Aedes aegypti*: biology and vector competence. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, v.17, n.1, p.1–13, 2017.
- METZNER, H. Jumping spiders (Salticidae) of the world. Disponível em: <<http://www.jumping-spiders.com>>. 2019.
- MUTEBI, J. P. Dengue vector biology. In: WHO (org.). *Global Vector Control Response 2017–2030*, 2022.
- NYFFELER, M.; BIRKHOFFER, K. An estimated 400–800 million tons of prey are annually killed by the global spider community. *The Science of Nature*, v.104, p.30, 2017.
- ONYEKA, J. O. Observations on the prey of orb-web spiders in Nigeria. *Entomologia Africana*, v.18, p.101–106, 1983.
- PENNEY, D.; GABRIEL, R. The ecology of *Menemerus bivittatus*. *Journal of Arachnology*, v.37, p.343–348, 2009.

PERES-NETO, P. R. Spatial modeling in community ecology. *Oecologia*, v.148, p.303–313, 2006.

PEREIRA, R. H. M.; GONÇALVES, R. Q. geobr: Download Official Spatial Data Sets of Brazil. R package version 1.7.0, 2024.

PETRUZALEK, M. read.dbc: Read Data from Data Base Container (DBC) Files. R package version 0.3.0, 2023.

PIRES, R. M. *Aedes aegypti* egg and larval occurrence in urban zones of Uberlândia. *Revista Brasileira de Entomologia*, v.66, p.41–47, 2022.

PRIYADARSHANA, T. S.; SLADE, R. Biological interactions in mosquito larvae. *Journal of Medical Entomology*, v.59, p.308–315, 2022.

PUPIN, F. A.; BRESCOVIT, A. D. Jumping spiders of urban Brazil: Salticidae fauna and behavior. *Zootaxa*, v.5252, n.1, p.1–55, 2023.

R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2024.

RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, M. C. et al. Urban synanthropic spiders: Salticidae diversity and distribution. *Urban Ecosystems*, v.18, p.1091–1102, 2015.

RUSSELL, T. L. et al. Mosquito predators in urban water systems. *Ecological Entomology*, v.46, p.223–234, 2021.

RYAN, S. J. et al. Global expansion and environmental drivers of *Aedes aegypti*. *Nature Microbiology*, v.4, p.854–863, 2019.

SULAIMAN, S. et al. Predation of mosquitoes by spiders in Malaysia. *Journal of Vector Ecology*, v.15, p.119–124, 1990a.

SULAIMAN, S. et al. Feeding behavior of urban spiders. *Tropical Biomedicine*, v.7, p.43–48, 1990b.

TAYLOR, R. et al. Blood-fed mosquito preference in spiders. *Frontiers in Ecology and Evolution*, v.10, 2022.

TOFT, S. The nutritional value of prey for spiders. *Journal of Arachnology*, v.41, p.277–

283, 2013.

WETERINGS, R. et al. Ecological models of mosquito control. *Ecological Modelling*, v.385, p.104–111, 2018.

WETERINGS, R.; UMPONSTIRA, C. Predation of mosquitoes by jumping spiders. *Tropical Biomedicine*, v.31, p.474–480, 2014.

WICKHAM, H. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag, 2016.

WICKHAM, H. et al. *dplyr: A Grammar of Data Manipulation*. R package version 1.1.2, 2023.

XAVIER, G. M. et al. Orb web spiders and mosquito interception in urban areas. *Ecology and Evolution*, v.11, p.1505–1516, 2021.

ZHANG, D. *rsq: R-squared and Related Measures*. R package version 2.2, 2022.