

Universidade Federal de Uberlândia
Instituto de Biologia
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e
Conservação de Recursos Naturais



SINAIS VISUAIS DETERMINANTES DA SELEÇÃO DE PRESAS DURANTE A CAPTURA DE
Aedes aegypti* (DIPTERA, CULICIDAE) PELA ARANHA SINANTRÓPICA *Menemerus
***bivittatus* (ARANEAE, SALTICIDAE): AVALIAÇÃO DO EFEITO DA FORMA, COLORAÇÃO**
E ESPAÇO TRIDIMENSIONAL

Bruna Sara Alves Lopes

Uberlândia, MG

2022

**SINAIS VISUAIS DETERMINANTES DA SELEÇÃO DE PRESAS DURANTE A CAPTURA DE
Aedes aegypti (DIPTERA, CULICIDAE) PELA ARANHA SINANTRÓPICA *Menemerus
bivittatus* (ARANEAE, SALTICIDAE): AVALIAÇÃO DO EFEITO DA FORMA, COLORAÇÃO E
ESPAÇO TRIDIMENSIONAL**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Uberlândia, como
parte das exigências para obtenção do
título de Mestre em Ecologia, Conservação e
Biodiversidade.

Orientador
Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Gonzaga

Co-orientador
Prof. Dr. Rafael Rios Moura

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

L864 Lopes, Bruna Sara Alves, 1994-
2022 SINAIS VISUAIS DETERMINANTES DA SELEÇÃO DE PRESAS DURANTE A CAPTURA DE AEDES AEGYPTI (DIPTERA, CULICIDAE) PELA ARANHA SINANTRÓPICA MENEMERUS BIVITTATUS (ARANEAE, SALTICIDAE): AVALIAÇÃO DO EFEITO DA FORMA, COLORAÇÃO E ESPAÇO TRIDIMENSIONAL [recurso eletrônico] / Bruna Sara Alves Lopes. - 2022.

Orientador: Marcelo de Oliveira
Gonzaga. Coorientador: Rafael Rios
Moura.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em:

<http://doi.org/10.14393/ufu.di.2022.394> Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Ecologia. I. Gonzaga, Marcelo de Oliveira, 1974-, (Orient.). II. Moura, Rafael Rios, 1989-, (Coorient.).

III. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. IV. Título.

CDU: 574

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091 Nelson
Marcos Ferreira - CRB6/3074



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Ecologia, Conservação e Biodiversidade				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, número 320, PPGECB				
Data:	vinte e nove de agosto de dois mil e vinte e dois	Hora de início:	09:00	Hora de término:	11:31
Matrícula do Discente:	12012ECR001				
Nome do Discente:	Bruna Sara Alves Lopes				
Título do Trabalho:	Sinais visuais determinantes da seleção de presas durante a captura de <i>Aedes aegypti</i> (Diptera, Culicidae) pela aranha sinantrópica <i>Menemerus bivittatus</i> (Araneae, Salticidae): avaliação do efeito da forma, coloração e espaço tridimensional				
Área de concentração:	Ecologia				
Linha de pesquisa:	Ecologia comportamental e de interações				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Ecologia comportamental e cuidado parental em Arachnida				

Reuniu-se por videoconferência a Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ecologia, Conservação e Biodiversidade assim composta pelos doutores: Renan de Brito Pitilin - UTFPR; Gabriel Maximo Xavier e Marcelo de Oliveira Gonzaga - INBIO/UFU, orientador(a) do(a) candidato(a). Estava também presente o Dr. Rafael Rios Moura, coorientador.

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr(a). Marcelo de Oliveira Gonzaga, apresentou a Comissão Examinadora e o(a) candidato(a), agradeceu a presença do público e concedeu ao(à) Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do(a) Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o(a) senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado(a).

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Marcelo de Oliveira Gonzaga, Professor(a) do Magistério Superior**, em 29/08/2022, às 15:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Gabriel Máximo Xavier, Usuário Externo**, em 29/08/2022, às 16:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Renan de Brito Pitilin, Usuário Externo**, em 30/08/2022, às 10:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3790664** eo código CRC **1D0D8C77**.

ÍNDICE

Agradecimentos	.....	4
Resumo	.....	5
Abstract	.....	7
Introdução	.....	9
Métodos	.....	15
Resultados	.....	24
Discussão	.....	33
Referências	.....	37

AGRADECIMENTOS

Este mestrado foi um desafio enorme, cheio de incertezas, alegrias e uma oportunidade única de aprendizado acadêmico e pessoal. No caminho me deparei com algumas dificuldades, que só foram superadas porque tive pessoas indispensáveis para encontrar o melhor rumo em cada momento dessa trajetória. Trilhar este caminho só foi possível com o apoio, energia e força de várias pessoas, a quem dedico especialmente este projeto de vida. Especialmente ao orientador, Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Gonzaga, agradeço sua orientação exemplar pautado por um elevado e rigoroso nível científico, seu empenho, as correções, ensinamentos, os quais contribuíram para enriquecer, com grande dedicação, passo a passo, todas as etapas realizadas. Ao co-orientador Prof. Dr. Rafael Rios Moura, agradeço o apoio científico e motivação que ajudou a tornar este trabalho uma válida e agradável experiência de aprendizagem. À minha mãe que sempre esteve ao meu lado, me apoiando a dedicar aos estudos. Este título é sentido com gratidão que só foi possível com apoio da Universidade Federal de Uberlândia e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

RESUMO

Embora a maioria das espécies de aranhas tenha uma dieta generalista, composta de uma ampla diversidade de artrópodes e até alguns itens vegetais, o estudo de seu potencial para controle biológico de espécies que representam problemas em lavouras e áreas urbanas tem sido considerado em recentes. Muitas espécies da família Salticidae ocorrem com espécies que constituem importantes vetores de doenças, como mosquitos, capazes de transmitir e disseminar patógenos. Já foi demonstrado, por exemplo, que uma espécie africana, *Evarchaculicivora*, apresenta preferência por mosquitos do gênero *Anopheles* e, dentre esses, que ocorre ainda uma predação preferencial de fêmeas que estejam carregando sangue como resultado de evento recente de alimentação. Essa preferência mostrou-se inata e a seleção de presas ocorre tendo como base estímulos químicos, mas, principalmente, visuais. O objetivo dessa pesquisa foi investigar que estímulos visuais são utilizados por uma espécie de Salticidae, *Menemerusbivittatus*, que ocorre em abundância em muitas cidades brasileiras e que pode atuar como importante fator de mortalidade do mosquito *Aedes aegypti* (Culicidae). Foram feitos experimentos de seleção de presas em laboratório, oferecendo três tipos de modelos para as aranhas: mosquitos congelados com abdômes pintados de vermelho e preto, modelos plásticos nas mesmas cores com forma esférica e modelos bidimensionais em forma de mosquito, apresentados em uma tela. A similaridade entre as frequências de escolha nos três experimentos indicou que o componente visual de um abdome cheio de sangue e a coloração vermelha dos modelos esféricos não deve constituir um fator determinante na seleção de presas por *Menemerusbivittatus*. Embora a percepção de cores seja uma característica do sistema visual de Salticidae, comprimentos de onda no espectro do vermelho não são universalmente perceptíveis por membros dessa família. É possível que

M. bivittatus (1) não perceba a diferença entre os tipos de modelos utilizados, e (2) que realmente não exista uma preferência por mosquitos com abdome cheio de sangue. A primeira possibilidade está ligada a limitações dos métodos escolhidos. Como pistas químicas também podem ser importantes para determinação das escolhas, é possível que esse componente perceptivo seja essencial no caso de *M. bivittatus*. A segunda possibilidade poderia decorrer de uma baixa frequência de captura de mosquitos cheios de sangue em condições naturais e/ou de uma vantagem nutricional relativamente baixa da captura desse item (o que poderia ocorrer devido a particularidades fisiológicas da espécie ou porque mosquitos podem representar uma parte muito pequena da dieta dessa espécie. O potencial impacto do predador sobre as populações dos mosquitos depende ainda de observações inexistentes sobre a composição de sua dieta e mais estudos, incluindo testes em laboratório envolvendo seleção de presas em um contexto com múltiplas opções e observações de predação em campo.

ABSTRACT

Although most spider species have a generalist diet, composed of a wide diversity of arthropods and even some plant items, the study of their potential for biological control of species that represent problems in crops and urban areas have been considered in recent years. Many species of the Salticidae family co-occur with species that are important vectors of diseases, such as mosquitoes, capable of transmitting and disseminating pathogens. It has already been demonstrated, for example, that an African species, *Evarchaculicivora*, has a preference for mosquitoes of the *Anopheles* genus and, among these, that there is still preferential predation of females that are carrying blood as a result of a recent feeding event. This preference proved to be innate and the selection of prey occurs based on chemical stimuli, but mainly visual. The objective of this research was to investigate which visual stimuli are used by a species of Salticidae, *Menemerusbivittatus*, which occurs in abundance in many Brazilian cities and which can act as an important mortality factor for the *Aedes aegypti* mosquito (Culicidae). Prey selection experiments were carried out in the laboratory, providing three types of models for the spiders: frozen mosquitoes with abdomens painted red and black, plastic models in the same colors with a spherical shape, and two-dimensional models in the shape of a mosquito, presented on a screen. The similarity between the frequencies of choice in the three experiments indicated that the visual component of a bloody abdomen and the red color of the spherical models should not be a determining factor in the selection of prey by *Menemerusbivittatus*. Although color perception is a common feature of the Salticidae visual system, wavelengths in the red spectrum are not universally perceptible by members of this family. It is possible that *M. bivittatus* (1) does not perceive the difference between the types of models used, and (2) that there is no preference for mosquitoes with

a bloody abdomen. The first possibility is linked to the limitations of the chosen methods. As chemical cues can also be important in determining choices, it is possible that this perceptual component is essential in the case of *M. bivittatus*. The second possibility could arise from a low frequency of capturing blood-filled mosquitoes under natural conditions and/or from a relatively low nutritional advantage of capturing this item (which could be due to physiological particularities of the species or because mosquitoes may represent a part very small part of the diet of this species. The predator's potential impact on mosquito populations still depends on non-existent observations of its diet composition and further studies, including laboratory tests involving prey selection in a multi-option context and field predation observations.

INTRODUÇÃO

A amplitude da dieta de predadores tende a variar de entre as categorias de totalmente especialista e generalista. Na ecologia nutricional, esses extremos de variação são classificados com estenofagia a eurifagia, respectivamente (Raubenheimer & Simpson, 2018). Espécies eurífagas apresentam uma ampla gama de tipos e tamanhos de presas em suas dietas (e.g. Seib 1985), enquanto espécies estenófagas utilizam consistentemente itens muito específicos (e.g. Schulz 2000). Dietas compostas por poucos itens podem ser um reflexo apenas da abundância relativa das presas disponíveis no ambiente, mas, frequentemente, também envolvem limitações determinadas por características fisiológicas, morfológicas e comportamentais dos predadores. Mesmo em espécies eurífagas, pode haver uma variação na capacidade de cada predador em capturar diferentes presas. A dieta de uma população, portanto, pode ser o resultado da soma da dieta dos indivíduos, de modo que nem todos os indivíduos apresentam a mesma amplitude de dieta (Araujo & Moura, 2022). Assim, pode haver seleção de presas pelos indivíduos, de acordo com suas habilidades perceptivas ou seus requerimentos nutricionais no momento em que a atividade de forrageio acontece.

É certo que, geralmente, nem tudo o que um predador encontra disponível e tem habilidade para subjugar, poderá ser consumido. Os predadores podem encontrar uma enorme variação na qualidade das presas, com algumas possuindo alto valor nutricional e outras sendo tão tóxicas que poderiam levá-los à morte. Em alguns casos, o balanço nutricional necessário para garantir uma dieta que possibilite uma maior longevidade e fecundidade é conseguido através de dietas mistas. Em outros, há a seleção de tipos específicos de presas, com alto valor nutricional e que sejam especialmente susceptíveis

à captura (Svanbäck & Bolnick 2005; Jensen *et al.* 2011). Finalmente, pode haver variação nos requerimentos nutricionais em diferentes fases da vida do predador. Determinados itens da dieta podem ser mais importantes na fase de crescimento e outros na fase reprodutiva. Assim, a seleção de presas durante a atividade de forrageamento torna-se essencial para que o indivíduo obtenha os recursos necessários para manter-se vivo e em boas condições nutricionais de acordo com o momento específico de seu ciclo de vida (Mayntz&Toft 2000).

Espécies estenófagas tendem a ter maior potencial para controle biológico, sendo estritamente influenciadas pelo tamanho e pela densidade das populações de suas presas e exercendo importante papel como fator de variação dessas populações (Ramakers 1995). Apesar disso, mesmo espécies eurífagas podem ter importante papel do controle da população de determinadas presas em condições onde estas estejam em maior abundância ou constituam itens preferenciais, devido, por exemplo, a sua composição nutricional (De Clerq 2002).

A distribuição das presas em potencial utilizadas pelas aranhas pode variar muito no ambiente, devido às condições de temperatura, à estrutura espacial do habitat, às condições de disponibilidade de alimento e abrigo e aos fatores intrínsecos das espécies, como tolerância à proximidade de coespecíficos e capacidade de cooperação. Essa variação faz com que as aranhas geralmente apresentem certa flexibilidade em atividades de forrageio. Assim, situações de baixa disponibilidade de recursos ótimos podem determinar uma maior frequência de captura de itens subótimos, caso estes estejam em maior abundância naquele habitat ou período (Blamires *et al.* 2011). Geralmente há a possibilidade para as aranhas de abandonarem um sítio com baixa disponibilidade de presas para procurarem por novos locais, onde exista maior quantidade e/ou qualidade de

presas. Riechert (1976, 1985), por exemplo, mostrou que a seleção de microhabitats por *Agelenopsis aperta* (Agelenidae) teve um grande impacto sobre seu sucesso de forrageamento e incremento de peso. Locais que estejam fornecendo uma dieta deficiente são abandonados em detrimento de outros que potencialmente possam proporcionar um maior retorno energético.

Muitas espécies da família Salticidae apresentam populações abundantes em ambientes urbanos (Mora-Castro et al. 2019), onde co-ocorrem com presas em potencial que constituem importantes vetores de doenças. Em regiões tropicais e subtropicais, esse grupo de vetores é composto principalmente por mosquitos, capazes de transmitir e disseminar diversos patógenos causadores de doenças (dengue, zika, malária, febre amarela, chikungunya) (Confalonieri et al. 2007). A possibilidade da existência de uma influência das aranhas sobre as populações de mosquitos e, inclusive, de haver uma seleção de presas que minimize a chance de transmissão de doenças, têm motivado vários estudos recentes sobre a seleção de presas no grupo (Lawania et al. 2013, Ndava et al. 2018, Dharmaraj et al. 2020).

Entre os estudos mais promissores sobre a predação de mosquitos por salticídeos, destacam-se aqueles com espécies africanas (principalmente *Evarcha culicivora*) que indicam que há uma preferência por mosquitos do gênero *Anopheles* e, dentre esses, que ocorre uma predação preferencial de fêmeas que estejam carregando sangue como resultado de evento recente de alimentação (Jackson et al. 2005, 2016). As fêmeas com sangue possivelmente apresentam um conteúdo nutricional muito mais rico, além de deslocarem-se com maior dificuldade, constituindo alvos mais fáceis para predação. Assim, torna-se interessante a investigação não só da predação preferencial de presas desse tipo, como também das estratégias de captura, já que estas podem determinar a

frequência de sucesso nos ataques e, conseqüentemente, o seu impacto sobre as populações dos insetos vetores de doenças. Além disso, torna-se importante determinar se indivíduos em diferentes estágios de desenvolvimento apresentam comportamentos semelhantes frente a estas presas e os mesmos padrões de preferência. Nos casos bem estudados, onde observou-se preferência por mosquitos cheios de sangue, essa preferência mostrou-se inata e não decorrente de aprendizado (Nelson et al. 2005).

Salticídeos possuem a capacidade de identificar suas presas e traçar rotas e estratégias de captura com base unicamente em estímulos visuais, deslocando-se até que estejam perto o suficiente para fazer saltos precisos sobre suas presas (Tarsitano & Andrew 1999, Harland & Jackson 2000, Nelson & Jackson 2011). Essas aranhas não constroem teias para captura, caçando através da procura ativa por suas presas na superfície de troncos, folhagem da vegetação, solo ou, no caso das espécies sinantrópicas, em paredes e outras construções (Cardoso 2012). O sistema visual em Salticidae é composto por: (1) dois olhos posteriores medianos, que provavelmente não são essenciais para formação de imagens, sendo relativamente pequenos e vestigiais em algumas espécies; (2) dois olhos posteriores laterais que possuem um grande campo de visão, sendo responsáveis pela detecção de movimento em quase 360°; (3) dois olhos anteriores laterais, responsáveis pela percepção de profundidade e que são auxiliares na percepção de imagens; (4) dois olhos anteriores medianos, que possuem formato longo e tubular e alcançam uma distância de visão maior, porém com campo estreito. Para compensar, sua retina é móvel, capaz de realizar movimentos de rotação e translação (Costa, 1999). Os olhos medianos anteriores das aranhas dessa família apresentam pigmentos com propriedades absorptivas que desfocam as imagens, reduzindo a acuidade visual em uma parte da retina. A intensidade da distorção das imagens nessa área permite que os

indivíduos possam estimar com precisão as distâncias dos objetos antes do salto para captura (Nagata et al. 2013).

Outra característica impressionante da visão dos salticídeos é que, ao menos em algumas espécies, há a capacidade de alteração da sensibilidade de uma fração dos fotorreceptores presentes nesses olhos, fazendo com que seja possível uma visão tricromática que inclui a perfeita identificação de tons vermelhos, laranjas e amarelos (Zurek et al. 2015). Eles possuem a capacidade de reconhecer visualmente detalhes finos (como formas e cores) e usam esses recursos visuais para identificar predadores e presas e, muitas vezes, desenvolver rotinas comportamentais específicas para capturá-los ou para escapar de ataques (Ushizima, 2000, Nelson et al, 2005, Jackson & Nelson, 2011). Essas características, de grande acuidade visual e percepção de cores, também tornam o grupo particularmente interessante como objeto de estudos sobre seleção de presas e estratégias de forrageamento, porque são perfeitamente capazes de identificar o tipo e tamanho de presa antes do ataque (Harland & Jackson 2004, Nelson & Jackson 2011, Harland et al. 2012).

Captura de presas em Salticidae – preferências inatas e aprendizado

Salticídeos capturam uma ampla gama de presas, mas a composição da dieta é muito variável entre espécies. Membros da subfamília *Spartainae*, por exemplo, são predominantemente araneofágicos, invadindo teias de vários grupos de aranhas para capturar as residentes (Jackson 1990, 1992a, b, Cerveira et al. 2003). Outras espécies, usualmente consideradas estenófagas e que ocorrem também em áreas urbanas, no entanto, possuem uma dieta mais ampla do que a originalmente reportada, como

Anasaitescanosa. Essa espécie, pertencente à subfamília Salticinae, era conhecida pela captura frequente de formigas. Schadegg&King (2021), no entanto, mostraram que outros tipos de presas, como dípteros, também são frequentemente capturados.

Bartos&Szczepko (2012) observaram que importantes aspectos do comportamento de forrageamento, relacionados à experiência em eventos predatórios, de *Yllenusarenarius* (Salticidae) mudam com a idade. Alterações influenciadas pela idade foram encontradas na direção de aproximação, tipo de aproximação e distância de ataque, que afetaram o sucesso de predação dos tipos de presas oferecidos em laboratório (como gafanhotos, lagartas e thrips). Outras espécies embora muito jovens já sejam capazes de capturar esses mesmos tipos de presas, mas optam por presas menores, aranhas mais velhas e experientes acabam sempre dando preferência por mosquitos cheios de sangue (Jackson et al. 2005). Quando isso acontece e o alvo é maior que o predador jovem, eles têm uma tática para isso, aproximando-se lentamente do mosquito e agarrando o seu abdômen por baixo. O mosquito pode voar, mas logo cairá, quando o veneno fizer efeito. Já no caso de aranhas adultas ou maiores do que a presa, é improvável que o mosquito consiga fugir (Nelson & Jackson 2012).

OBJETIVOS

O objetivo dessa pesquisa foi investigar quais estímulos visuais são utilizados por uma das espécies de Salticidae mais comuns na área urbana de Uberlândia (e de inúmeras outras cidades brasileiras), *Menemerus bivittatus* (Dufour, 1831). Assim como as espécies africanas predadoras de mosquitos do gênero *Anopheles*, essa espécie sinantrópica pode ter um significativo papel na predação de mosquitos vetores de doenças, especialmente

Aedes aegypti. Propomos as hipóteses de que (1) o abdome vermelho de mosquitos que se alimentaram recentemente é um o sinal visual que determina a preferência por esse tipo de presa e que (2) essa preferência é independente do tamanho dos indivíduos (o qual está frequentemente relacionado com a idade da aranha e sua experiência prévia na caça desse tipo de presa). Também investigamos as hipóteses de que (3) mesmo um sinal visual vermelho, sem a forma definida de um mosquito, já é suficiente para determinar a preferência, e de que (4) as aranhas são capazes de expressar a preferência por mosquitos vermelhos mesmo em um ambiente bidimensional de testes, com a exibição de imagens virtuais em um monitor.

MATERIAL E MÉTODOS

Espécies objeto de estudo

Aedes aegypti

O mosquito *Aedes aegypti*, nativo da África (Tabachnick 1991), é citado no ‘Global InvasiveSpeciesDatabase’ (IUCN) como uma das espécies que causou mais danos ao homem após a expansão de sua área de distribuição original. Esses danos decorrem de seu potencial para transmissão de vários patógenos, incluindo os vírus promotores de dengue, zika, chikungunha e febre amarela (Medlock et al. 2015),e da grande amplitude de distribuição alcançada, havendo colonizado e estabelecido populações estáveis em toda a região tropical das Américas, Ásia e parte da Oceania (Cunze et al. 2018).A maior parte dos estudos que analisam a expansão dessa e de outras espécies de mosquitos de relevante interesse em saúde pública, o fazem com base

exclusivamente na similaridade das condições climáticas de suas potenciais áreas para colonização com aquelas encontradas em sua área de distribuição original. Kraemer et al. (2019), no entanto, enfatizam que esse tipo de análise ignora fatores de grande relevância, especialmente porque tratam-se de espécies que fizeram uma transição de hábitos zoofílicos para antropofílicos. Nesse contexto, características estruturais e socioeconômicas em áreas urbanas podem ter influência igual ou até maior que condições macroambientais e climáticas para determinar a ocorrência e crescimento populacional desses mosquitos (veja também Scott et al. 2000, Powell & Tabachnick 2013). O modelo de Kraemer et al. (2019), considerando esses diversos aspectos e as prováveis consequências do aquecimento global nos próximos 60 anos, prevê uma expansão da área de distribuição atual, com a invasão principalmente de áreas temperadas da América do Norte e China (o que pode ter graves impactos epidemiológicos). Estima ainda que, por volta de 2080, o mosquito e muito possivelmente os vírus transmitidos por ele, estarão presentes em 159 países.

Três características interessantes, de grande relevância para tornar *A. aegypti* especialmente perigoso e pouco comuns entre outros mosquitos são: (1) uma marcante preferência por sangue humano, (2) a ocorrência de múltiplos eventos de alimentação pelas fêmeas durante o período de oogênese (Chadee 2012), (3) a baixa frequência de utilização de outros recursos alimentares, como açúcares de plantas. Já foi demonstrado que a ingestão de sangue humano, caracteristicamente com níveis de isoleucinas menores que o sangue de ratos ou galinhas, permite o acúmulo de maiores reservas energéticas e maior sucesso reprodutivo pelos mosquitos. Além disso, alimentando-se de sangue humano, as fêmeas obtêm uma acumulação maior de lipídios (triglicérides) que explorando o sangue de outras espécies (Scott et al. 2000, Harrington et al. 2009). Assim,

embora possam também explorar o sangue de bovinos, suínos, gatos, ratos e galinhas, existem estudos mostrando que todas essas outras espécies fornecem menos de 1% do sangue ingerido pelas fêmeas de *A. aegypti* (Ponlawat & Harrington 2005). Cada fêmea é capaz de ingerir um volume médio de 2,4 µl de sangue humano (Ogunrinade 1980).

Se o consumo preferencial de sangue humano por *Aedes aegypti*, sua completa tolerância às condições microambientais encontradas em nossas cidades e sua capacidade de atuar como vetor de diversas viroses tornam nossa interação com essa espécie de Diptera especialmente complicada, um estudo recente acrescenta ainda outro ponto crítico de preocupação. Zhang et al. (2022) demonstraram recentemente que os vírus da Zika e Dengue, ambos pertencentes à família Flaviviridae, são capazes de manipular a microbiota da pele de seus hospedeiros, fazendo com que ocorra a produção de substâncias voláteis que atraem os mosquitos vetores. Assim, além da preferência por sangue humano e ocorrência de múltiplos eventos de alimentação antes da oviposição do mosquito, há ainda uma maior atração para aqueles indivíduos que estejam infectados com flavovírus. Nesse contexto, quaisquer fatores que possam promover o controle populacional da espécie e/ou predação preferencial de mosquitos que tenham acabado de alimentar-se de sangue assumem grande importância para saúde pública.

Menemerus bivittatus

A espécie escolhida como modelo de predador para esse estudo foi *Menemerus bivittatus* (Dufour 1831), uma aranha com distribuição pantropical, incluída na subfamília Marpissinae (Barnes, 1958, WSC 2022). No Brasil existem 213 registros de ocorrência dessa espécie cadastrados no “Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira (SiBBr)”. A distribuição dos pontos de ocorrência, no entanto, sugere que a espécie está

presente em todo o país (Fig. 1). Ocorre principalmente associada a ambientes antrópicos e, embora a época de reprodução comece no outono e geralmente prossiga até a primavera, adultos e imaturos geralmente são encontrados durante todo o ano (Edwards 2003). As fêmeas medem de 8 a 10 mm e, assim como os imaturos, apresentam coloração dorsal predominantemente cinzenta (Fig. 2A). Os machos têm de 8 a 9 mm e apresentam coloração do corpo similar às fêmeas, mas com uma faixa longitudinal contínua mais escura ao longo do dorso do abdômen (Fig. 2B).



Figura 1. Registros de ocorrência de *Menemerus bivittatus* listados no SiBBr.

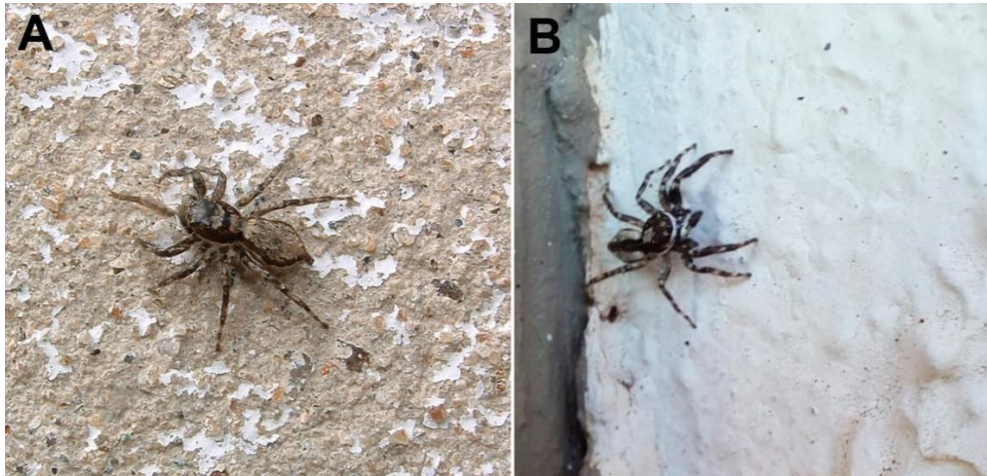


Figura 2. (A) Fêmea e (B) macho de *Menemerus bivittatus*.

Coleta dos espécimes e desenho experimental

Os espécimes utilizados nos experimentos foram coletados no ambiente urbano, em árvores e paredes. Todos tiveram sua identificação e sexo confirmados e foram medidos usando-se um estereomicroscópio Leica MC205 com sistema de captação de imagens e análise pelo software LAS. Todos os indivíduos coletados (299) foram alimentados no mesmo dia de sua captura. No dia seguinte, foram privados de alimento. Os experimentos tiveram início no terceiro dia. Esse procedimento foi adotado para que, ao iniciar cada ensaio, todas as aranhas estivessem com as mesmas condições de saciedade. Foram padronizados também o horário (sempre à tarde) e as condições de iluminação (luz artificial fria) durante a realização dos experimentos. Estes consistiram em:

Experimento 1 (seleção de mosquitos com abdome vermelho ou mosquitos com abdome normal) (Fig. 3A): Cada ensaio consistiu em permitir a entrada de uma aranha por uma abertura localizada no centro da porção inferior de uma caixa acrílica com (22,5 x 16 x 8 cm, CxLxA). A 8 cm de cada lado da abertura foi posicionado um

mosquito congelado. Essa distância foi definida com base nos resultados obtidos por Jackson (1986) e Harland *et al.* (1999) mostrando que aranhas do gênero *Menemerus* são capazes de perceber e identificar imagens, agindo em conformidade com o comportamento esperado frente ao modelo apresentado, a cerca de 8 cm. Um dos mosquitos inseridos como presa em potencial teve seu abdome pintado de vermelho, com tinta guache atóxica, e do outro o mosquito foi adicionado sem manipulação de cor. O deslocamento da aranha pela caixa foi filmado nos três minutos subsequentes à sua entrada. As seguintes variáveis envolvidas nos comportamentos de aproximação e ataque foram registradas: o modelo escolhido para ser atacado, a velocidade de deslocamento da aranha, e o número de correções da trajetória (Fig. 4). A caixa era limpa após cada ensaio para evitar que sinais químicos pudessem ser usados como fonte de informação para a próxima aranha a ser testada. Nenhuma aranha participou de mais de um ensaio para evitar que a mesma tenha adquirido experiência; foram realizados ensaios com 128 indivíduos dos quais 28 não se deslocaram na direção de nenhum dos objetos e foram descartados como eventos em que não ocorreu seleção de presa.

Experimento 2 (seleção de modelos sem forma de presa, com variação de coloração) (Fig. 3B): Os mesmos procedimentos descritos acima foram utilizados para esse segundo experimento, havendo apenas a substituição dos mosquitos congelados por bolinhas plásticas de 4mm de diâmetro com as cores vermelho e preto, simulando as cores dos mosquitos com e sem sangue no abdome. As mesmas variáveis registradas para o experimento anterior foram analisadas neste caso e foram realizados 99 ensaios com indivíduos novos.

Experimento 3 (seleção de mosquitos em apresentação bidimensional) (Fig. 3C): Esse terceiro experimento segue o mesmo protocolo dos anteriores, mas os objetos de interesse para as aranhas eram imagens de mosquitos (com abdome repleto de sangue e com abdome vazio) em uma tela. Para esse experimento a caixa foi colocada sobre a tela de um notebook e as imagens de mosquito foram mostradas, em um fundo branco, nas mesmas posições em que foram colocados os modelos físicos nos demais experimentos. Foram realizados 139 ensaios nesse experimento dos quais 39 foram descartados quando não se deslocaram na direção de nenhum dos objetos e foram descartados como eventos em que não ocorreu seleção de presa.

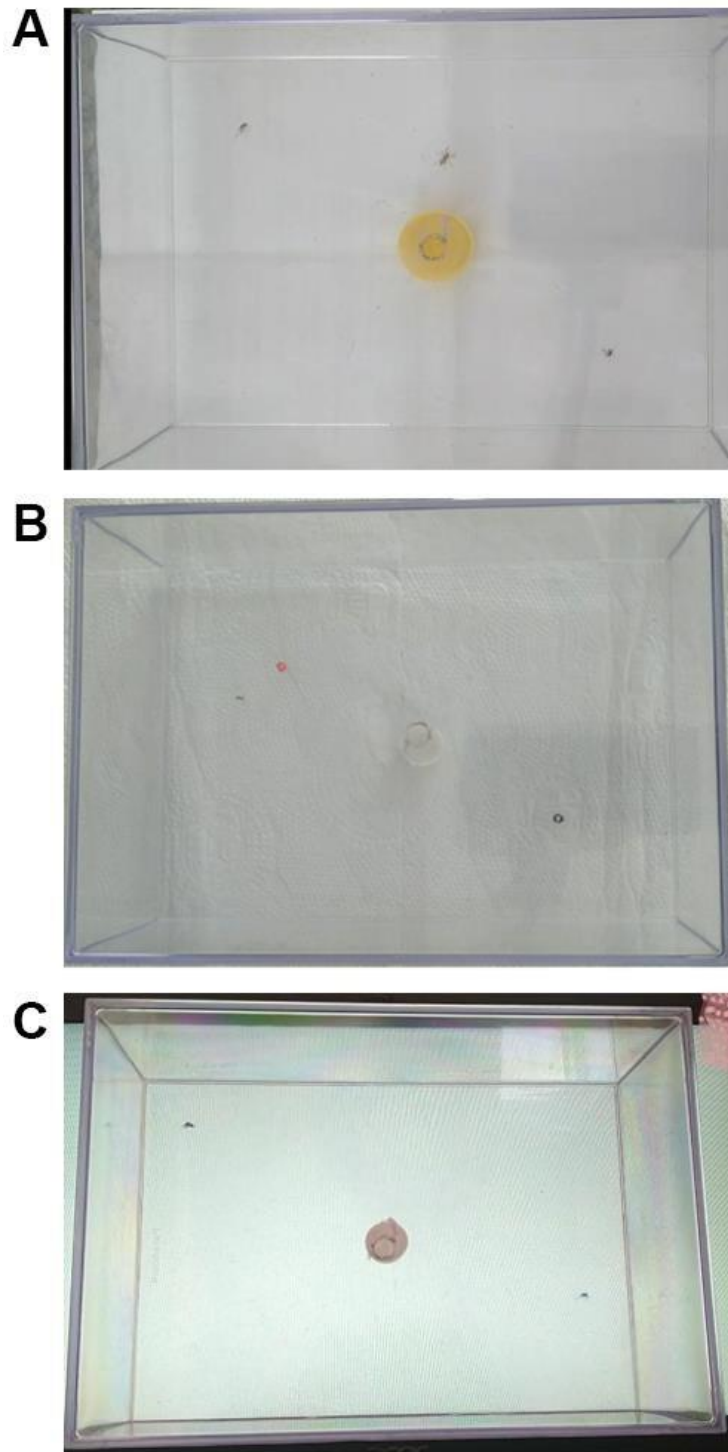


Figura 3: Caixas acrílicas utilizadas para os experimentos de seleção de presas. (A) caixa com mosquitos congelados (um com abdome vermelho e um com abdome normal); (B) caixa com modelos esféricos de massinha de modelar com as mesmas cores do experimento anterior; (C) caixa acrílica colocada sobre monitor, com imagens de mosquitos com abdome preenchido por sangue e abdome vazio.

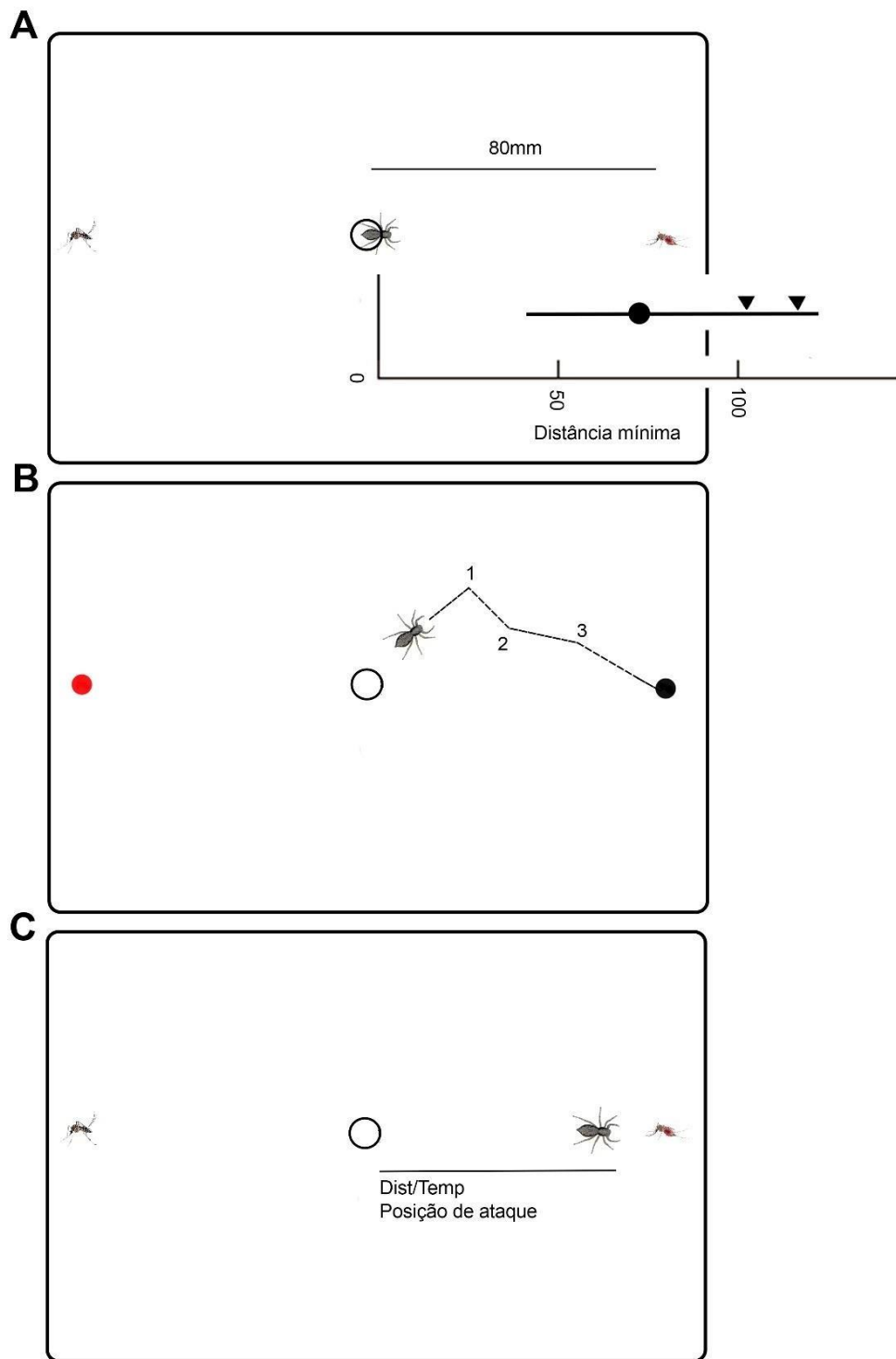


Figura 4: Descrição das variáveis envolvidas no comportamento de captura. (A) De acordo com Harland *et al.* (1999) *M. bivittatus* consegue formar imagens e agir de acordo com a natureza do objeto observado a partir de 8cm. Essa foi a distância estabelecida para os testes. (B) Número de alterações de rota. (C) Velocidade de ataque.

Análises estatísticas

Comparamos a frequência de escolha de cada cor pelas aranhas nos três experimentos usando um teste qui-quadrado (χ^2). Calculamos os valores de P usando uma distribuição χ^2 construída a partir de simulações de Monte Carlos usando os nossos dados (2000 réplicas), com uma correção de continuidade para pequenas amostras (Hope, 1968). Usamos a função ‘chisq.test’ dos pacotes base do R (R Development Core Team, 2022).

Para avaliar como o tipo de modelo de presa, a idade, a largura e o comprimento do corpo das aranhas (variáveis preditoras) podem afetar a velocidade de ataque e a número de correções da trajetória ao entrar na arena (variáveis respostas), realizamos duas seleções de modelos separadas para cada variável resposta. Construímos modelos lineares generalizados usando distribuição de erro Gamma e função de ligação logarítmica. Uma vez que a distribuição Gamma não aceita valores residuais negativos, somamos uma constante ($y_i + 10$) em todos os valores das variáveis resposta (y_i). Em seguida, construímos os modelos com o efeito aditivo de todos os preditores para cada variável resposta.

Comparamos o ajuste dos modelos alternativos (gerados com todas as combinações possíveis das variáveis preditoras) e do modelo nulo para os dados usando o Critério de Informação de Akaike corrigido para amostras pequenas, AICc (Burnham & Anderson, 2002). Consideramos o modelo com o menor AICc e qualquer modelo dentro de uma diferença de 2 unidades dele ($\Delta AICc$) como sendo os melhores modelos (Burnham & Anderson, 2002). Caso mais de um modelo alternativo tenha $\Delta AICc$ menor ou igual a 2 unidades, avaliamos se os intervalos de confiança de 95% (IC) para cada variável preditora incluíram o zero. Caso tenham incluído, consideramos essas variáveis como parâmetros não-informativos (*sensu* Arnold 2010) e selecionamos o modelo com

menor número de preditores como sendo o modelo mais explicativo. Caso modelos com apenas uma variável preditora se encontrem no intervalo de 2 AICc, selecionamos o modelo com maior peso (ω_i).

Para descrever o efeito das variáveis preditoras nos modelos explicativos, apresentamos os valores do intercepto (β_0), da inclinação da reta (β_{preditor}) e dos IC ($\beta[2,5\% \text{ IC} - 97,5\% \text{ IC}]$). Realizamos a seleção de modelos usando a função “dredge” do pacote MuMIn (Barton, 2020). Estimamos os IC usando a função “confint” dos pacotes base do R. Fizemos todas as análises no R, versão 4.1.2 (R Development Core Team, 2022).

RESULTADOS

Não houve diferença na escolha das aranhas no experimento com oferta de mosquitos congelados com cores diferentes ($n_{\text{vermelho}} = 52$; $n_{\text{preto}} = 45$; $\chi^2 = 0,51$; g.l. = 1; $P = 0,55$). No experimento de oferta de bolas com cores diferentes, 51 aranhas escolheram as bolinhas pretas e 47 selecionaram as bolinhas vermelhas. Não houve diferença entre essas frequências de escolha ($\chi^2 = 0,16$; g.l. = 1; $P = 0,75$). Da mesma forma, no experimento de oferta de modelos virtuais com diferentes colorações, as frequências de escolha não diferiram ($n_{\text{vermelho}} = 47$ aranhas; $n_{\text{preto}} = 47$; $\chi^2 = 0,01$; g.l. = 1; $P = 0,99$).

No experimento com mosquitos congelados, a velocidade de deslocamento das aranhas diferiu entre os tipos de modelos de presa ($\beta_0 = 2,33 [-0,02 - -0,0003]$; $\beta_{\text{preto}} = -0,01 [2,33 - 2,34]$; Tabela 1). As aranhas se deslocaram 1,6 vezes mais rápido em direção aos mosquitos com coloração vermelha ($0,32 \pm 0,37$ cm/s) do que preta ($0,20 \pm 0,15$ cm/s). A variação no número de correções não foi explicada por nenhuma das variáveis preditoras nesse experimento (Tabela 2).

No experimento de oferta de bolas com cores diferentes, o melhor modelo para descrever a velocidade de deslocamento da aranha incluiu apenas o comprimento do corpo (Tabela 3). A velocidade de deslocamento das aranhas aumentou com o seu comprimento ($\beta_0 = 0,03 [0,01 - 0,06]$; $\beta_{\text{comprimento}} = 0,03 [0,01 - 0,06]$). A variação no número de correções não foi explicada por nenhuma das variáveis preditoras (Tabela 4). No experimento com modelos virtuais, nenhuma das variáveis preditoras explicou as variações na velocidade de deslocamento (Tabela 5) e no número de correções das aranhas (Tabela 6).

Tabela 1. Seleção de modelos usando Critério de Informação de Akaike corrigido para amostras pequenas (AICc) para a velocidade de deslocamento da aranha no experimento de oferta de mosquitos congelados com cores diferentes. Os modelos estão organizados em ordem crescente dos valores de AICc. Os modelos no intervalo de $\Delta AICc = 2$ estão destacados em negrito e o melhor modelo está marcado em negrito e itálico. $\Delta AICc$ = diferença entre o valor de AICc de cada modelo e o valor de AICc do modelo mais parcimonioso, K = número de parâmetros do modelo ω_i = peso do AICc de cada modelo. TP= tipo de presa; L= largura; C= comprimento; E= estágio.

Modelo	k	LogLikelihood	AICc	$\Delta AICc$	ω_i
TP + L	4	-11.9	32.2	0	0.20
<i>TP</i>	3	-13.3	32.8	0.6	0.15
C + TP	4	-12.4	33.3	1.1	0.12
E + TP	4	-12.6	33.7	1.5	0.10
E + TP + L	5	-11.9	34.4	2.2	0.07
C + TP + L	5	-11.9	34.4	2.2	0.07
L	3	-14.2	34.7	2.5	0.06
Nulo	2	-15.4	35.0	2.8	0.05
C + E + TP	5	-12.3	35.3	3.2	0.04

Tabela 2. Seleção de modelos usando Critério de Informação de Akaike corrigido para amostras pequenas (AICc) para o número de correções da trajetória da aranha no experimento de oferta de mosquitos congelados com cores diferentes. Os modelos estão organizados em ordem crescente dos valores de AICc. Os modelos no intervalo de $\Delta AICc = 2$ estão destacados em negrito e o melhor modelo está marcado em negrito e itálico. $\Delta AICc =$ diferença entre o valor de AICc de cada modelo e o valor de AICc do modelo mais parcimonioso, K = número de parâmetros do modelo $\omega_i =$ peso do AICc de cada modelo. TP= tipo de presa; L= largura; C= comprimento; E= estágio.

Modelo	k	LogLikelihood	AICc	$\Delta AICc$	Ω_i
Nulo	2	-193.3	390.7	0	0.25
TP	3	-193.0	392.3	1.5	0.12
L	3	-193.0	392.3	1.6	0.11
E	3	-193.1	392.5	1.7	0.10
C	3	-193.2	392.6	1.9	0.10
TP + L	4	-192.7	393.8	3.1	0.05
E + TP	4	-192.8	394.0	3.2	0.05
C + TP	4	-192.8	394.1	3.4	0.05
E + L	4	-193.0	394.4	3.7	0.04

Tabela 3. Seleção de modelos usando Critério de Informação de Akaike corrigido para amostras pequenas (AICc) para a velocidade de deslocamento da aranha no experimento de oferta de bolinhas com cores diferentes. Os modelos estão organizados em ordem crescente dos valores de AICc. Os modelos no intervalo de $\Delta AICc = 2$ estão destacados em negrito e o melhor modelo está marcado em negrito e itálico. $\Delta AICc$ = diferença entre o valor de AICc de cada modelo e o valor de AICc do modelo mais parcimonioso, K = número de parâmetros do modelo e ω_i = peso do AICc de cada modelo. TP= tipo de presa; L= largura; C= comprimento; E= estágio.

Modelo	k	LogLikelihood	AICc	$\Delta AICc$	ω_i
<i>C</i>	<i>3</i>	<i>-179.9</i>	<i>366.1</i>	<i>0</i>	<i>0.22</i>
L	3	-180.2	366.7	0.6	0.16
C + E	4	-179.6	367.6	1.5	0.10
C + L	4	-179.9	368.2	2.1	0.08
C + TP	4	-179.9	368.2	2.1	0.08
E + L	4	-179.9	368.3	2.2	0.07
E	3	-181.1	368.4	2.4	0.07
TP + L	4	-180.2	368.8	2.7	0.06
C + E + TP	5	-179.6	369.8	3.7	0.04

Tabela 4. Seleção de modelos usando Critério de Informação de Akaike corrigido para amostras pequenas (AICc) para o número de correções da trajetória da aranha no experimento de oferta de bolinhas com cores diferentes. Os modelos estão organizados em ordem crescente dos valores de AICc. Os modelos no intervalo de $\Delta AICc = 2$ estão destacados em negrito e o melhor modelo está marcado em negrito e itálico. $\Delta AICc$ = diferença entre o valor de AICc de cada modelo e o valor de AICc do modelo mais parcimonioso, K = número de parâmetros do modelo e ω_i = peso do AICc de cada modelo. TP= tipo de presa; L= largura; C= comprimento; E= estágio.

Modelo	k	LogLikelihood	AICc	$\Delta AICc$	Ω_i
Nulo	2	-7.7	<i>19.6</i>	<i>0</i>	<i>0.24</i>
C + L	4	-6.4	21.2	1.6	0.11
L	3	-7.6	21.4	1.9	0.10
TP	3	-7.7	21.6	2.0	0.09
E	3	-7.7	21.6	2.1	0.09
C	3	-7.7	21.7	2.1	0.08
C + E + L	5	-6.0	22.6	3.0	0.05
E + L	4	-7.2	22.9	3.3	0.05
C + TP + L	5	-6.4	23.4	3.8	0.04
TP + L	4	-7.6	23.5	4.0	0.03

Tabela 5. Seleção de modelos usando Critério de Informação de Akaike corrigido para amostras pequenas (AICc) para a velocidade de deslocamento da aranha no experimento de oferta de modelos de presa digitais com cores diferentes. Os modelos estão organizados em ordem crescente dos valores de AICc. Os modelos no intervalo de $\Delta AICc = 2$ estão destacados em negrito e o melhor modelo está marcado em negrito e itálico. $\Delta AICc$ = diferença entre o valor de AICc de cada modelo e o valor de AICc do modelo mais parcimonioso, K = número de parâmetros do modelo e ω_i = peso do AICc de cada modelo. TP= tipo de presa; L= largura; C= comprimento; E= estágio.

Modelo	k	LogLikelihood	AICc	$\Delta AICc$	ω_i
C	3	<i>-152.4</i>	<i>311.0</i>	<i>0</i>	<i>0.16</i>
C + L	4	-151.6	311.6	0.6	0.12
Nulo	2	-153.8	311.7	0.6	0.12
C + E	4	-151.7	311.8	0.7	0.11
L	3	-153.0	312.3	1.2	0.09
C + TP	4	-152.3	313.0	2.0	0.06
C + E + L	5	-151.3	313.2	2.2	0.05
E + L	4	-152.5	313.5	2.5	0.05
TP	3	-153.7	313.6	2.6	0.04

Tabela 6. Seleção de modelos usando Critério de Informação de Akaike corrigido para amostras pequenas (AICc) para o número de correções da trajetória da aranha no experimento de oferta de modelos de presa digitais com cores diferentes. Os modelos estão organizados em ordem crescente dos valores de AICc. Os modelos no intervalo de $\Delta AICc = 2$ estão destacados em negrito e o melhor modelo está marcado em negrito e itálico. $\Delta AICc$ = diferença entre o valor de AICc de cada modelo e o valor de AICc do modelo mais parcimonioso, K = número de parâmetros do modelo e ω_i = peso do AICc de cada modelo. TP= tipo de presa; L= largura; C= comprimento; E= estágio.

Modelo	k	LogLikelihood	AICc	$\Delta AICc$	ω_i
E	3	<i>-16.9</i>	<i>40.1</i>	<i>0</i>	<i>0.20</i>
Nulo	2	-18.3	40.7	0.6	0.14
C	3	-17.7	41.7	1.7	0.09
E + L	4	-16.7	41.9	1.8	0.08
E + TP	4	-16.8	42.0	1.9	0.07
L	3	-17.9	42.1	2.1	0.07
C + E	4	-16.9	42.3	2.2	0.07
TP	3	-18.1	42.5	2.5	0.06
C + E + L	5	-16.1	42.9	2.9	0.05

DISCUSSÃO

A similaridade entre as frequências de escolha de mosquitos, bolinhas e imagens de mosquitos vermelhos e pretos indica que o componente visual de um abdome cheio de sangue não deve constituir um fator determinante na seleção de presas por *Menemerus bivittatus*. Embora, logo após a ingestão de sangue, os mosquitos representem presas em potencial que supostamente teriam maior dificuldade para fugir de um ataque e possam representar itens alimentares de maior qualidade, é possível que a frequência de encontro com esses insetos logo após sua alimentação seja baixa o bastante para não afetar as frequências de ataque. Neste caso, não seria esperado que aranhas que tenham uma preferência por esses itens tenham evoluído por seleção natural. Mesmo considerando a inexistência de uma preferência inata, no entanto, ainda seria possível que os indivíduos testados tivessem experimentado eventos prévios de captura de mosquitos nas duas condições e que aprendessem a distinguir características visuais das presas. Essa possibilidade também não foi corroborada pelos resultados obtidos. Encontramos uma fraca evidência disso, uma vez que, no experimento com mosquitos congelados, as aranhas tenderam a atacar mais rapidamente os mosquitos com coloração vermelha do que preta. É possível que a cor precise estar associada à forma tridimensional dos mosquitos para que aranhas experientes sejam capazes de reconhecê-los como presas ou ainda que outras pistas, além das visuais, sejam exploradas pelas aranhas, como sinais químicos. Também observamos, no experimento com bolas de cores diferentes, que a velocidade de deslocamento da aranha foi positivamente correlacionada com o seu tamanho. Assim, as aranhas maiores (e, portanto, provavelmente mais velhas) parecem exibir uma propensão a se aproximar mais rapidamente dos modelos visuais. Esse efeito, no entanto, não se repetiu nos demais experimentos.

Salticídeos utilizam a visão como uma importante fonte de aquisição de informações sobre o meio e esse sentido está envolvido tanto na seleção de parceiros (com a discriminação e exposição de determinadas partes do corpo com propriedades reflexivas específicas), quanto na seleção e captura de presas. Taylor *et al.* (2022) realizaram experimentos com *Evarcha culicivora*, uma espécie africana de aranha que captura mosquitos do gênero *Anopheles* e, preferencialmente, aqueles que se alimentaram de sangue há pouco tempo, e observaram que a ingestão de um composto que deixa o abdome avermelhado é suficiente para tornar os mosquitos alvos preferenciais. Esse estudo indica que o componente visual já é suficiente para determinar a seleção de presas. Jackson *et al.* (2005), no entanto, demonstraram que, para a mesma espécie, a percepção de sinais químicos das presas também é relevante para a diferenciação entre mosquitos que estão com abdome preenchido por sangue e aqueles que não se alimentaram recentemente. Nesse caso, os pesquisadores mostraram, através de experimentos de olfatométria, que apenas a exposição de correntes de ar que tiveram contato com os mosquitos repletos de sangue já são capazes de guiar as aranhas até a fonte do sinal. Assim, predadores dessa e de outras espécies de Salticidae podem usar uma contribuição dos dois tipos de sinais. No caso descrito nesse trabalho, embora o sinal visual do abdome vermelho esteja presente, este foi criado artificialmente através da inserção de um pigmento. Com isso, qualquer componente químico potencialmente envolvido no processo de seleção não estaria presente e é possível que isso tenha prejudicado a aquisição de informações pelas aranhas. Para solucionar esse problema seria necessária a realização de uma bateria de testes adicionais, com a utilização de mosquitos que acabaram de alimentar-se de sangue humano.

Nelson *et al.* (2005) observaram que outras pistas visuais, ligadas não só à forma do corpo, mas também à postura quando em posição de repouso, podem ser utilizadas por juvenis de *E. culicivora*. Os autores avaliaram experimentalmente o comportamento de captura de dois gêneros de mosquitos, *Anopheles* e *Culex*, cada qual com uma postura típica em estado de repouso. Através de manipulação da posição aparente desses mosquitos, os pesquisadores conseguiram determinar que jovens de *E. culicivora* são mais propensos a demonstrar a sequência comportamental típica de captura quando os mosquitos são colocados na posição típica de suas presas preferenciais (*Anopheles*). Isso indica que as aranhas são capazes de usar detalhes muito sofisticados das imagens que obtêm para subsidiar as estratégias de caça. No caso dos experimentos que realizamos com *M. bivittatus*, esses detalhes não estavam disponíveis às aranhas. Como usamos mosquitos congelados, informações sobre a postura natural da presa em condição de repouso não poderiam ser acessadas e isso pode ter prejudicado a execução de comportamentos que ocorreriam em eventos naturais de predação. Apesar disso, como os dois modelos apresentados (com coloração vermelha e preta) foram igualmente posicionados, essa limitação não deve ter influência na escolha, embora possa ser um fator relevante para afetar a motivação e, conseqüentemente, a velocidade de ataque, o número de ajustes de rota e a estratégia de aproximação.

Embora a percepção de cores seja uma característica do sistema visual de Salticidae (Harland *et al.* 2012), comprimentos de onda no espectro do vermelho não são universalmente perceptíveis por membros dessa família. Glenszczyk *et al.* (2022), por exemplo, demonstraram que uma espécie cujos machos realizam cortejo mostrando partes vermelhas do corpo para as fêmeas, surpreendentemente, não possuem fotoreceptores sensíveis a comprimentos de onda na cor vermelha. Qualquer sinal visual de cor vermelha

seria, no máximo, percebido como levemente distinto de um objeto preto e completamente indistinguível de um verde com baixo brilho. Assim, os pesquisadores sugeriram que as partes do corpo com coloração preta e vermelha nesta aranha são importantes apenas para gerar um forte contraste acromático com o fundo. Esses dados sugerem que é necessário investigar os sistemas visuais de cada espécie, não sendo adequado considerar que as capacidades de percepção de diferentes partes do espectro de luz de algumas espécies de Salticidaesão compartilhadas por todo o grupo. Assim, é possível também que a similaridade na seleção de objetos pretos e vermelhos que observamos em *M. bivittatus* seja um reflexo de sua incapacidade de diferenciar essas duas cores.

De forma geral, os resultados obtidos nesse trabalho indicam que *M. bivittatus* não teria potencial similar ao de *E. culicivora* para reduzir a transmissão de doenças carreadas pela principal espécie de mosquito que ocorre em simpatria com o predador em áreas urbanas. Apesar disso, os métodos empregados não nos permitem tirar conclusões sobre a possível importância de *M. bivittatus* como fator de controle biológico desse vetor. Mesmo sem a ocorrência de preferência por indivíduos que recém consumiram sangue, há ainda a possibilidade de ocorrer uma interação predador-presa relevante e importante como fator de regulação populacional dos mosquitos. Uma evidência nesse sentido é que a predação de *Aedes aegypti* por *M. bivittatus* em condições de laboratório acontece prontamente e vários indivíduos podem ser consumidos em um curto intervalo de tempo (Julio C. R. Pires, com. pessoal). Além disso, as duas espécies utilizam os mesmos microhabitats de ambientes urbanos (paredes, superfícies de árvores, plantas nos jardins de residências). Assim, embora exista, o potencial impacto do predador sobre as

populações dos mosquitos depende ainda de observações inexistentes sobre a composição de sua dieta e que seriam de grande interesse no contexto de saúde pública.

REFERÊNCIAS

- Araujo, G. & Moura, R.R. (2022). Individual specialization and generalization in predator-prey dynamics: The determinant role of predation efficiency and prey reproductive rates. *Journal of Theoretical Biology*. 537: 111026. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2022.111026>
- Arnold, T.W. (2010). Uninformative parameters and model selection using Akaike's Information Criterion. *Journal of Wildlife Management*. 74: 1175–1178. <https://doi.org/10.1111/j.1937-2817.2010.tb01236.x>
- Barnes RD (1958) North American jumping spiders of the subfamily Marpissinae (Araneae, Salticidae). *American Museum Novitates*. 1867: 1-50.
- Barton, K. (2020). MuMIn: multi-model inference. R Packag. version 1.43.17. R package.
- Bartos M, Szczepko K (2012) Development of prey-specific predatory behavior in a jumping spider (Araneae: Salticidae). *Journal of Arachnology* 40:228-233. <https://doi.org/10.1636/Hi11-66.1>
- Blamires SJ, Chao YC, Liao C, Tso I (2011) Multiple prey cues induce foraging flexibility in a trap-building predator. *Animal Behaviour* 81:955 – 961. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2011.01.022>
- Burnham, K.P. & Anderson, D.R. 2002. Model selection and multimodel inference a practical information: Theoretic approach, 2nd Editio. Springer-Verlag New York, Inc., New York.
- Cardoso, JCF (2012) Influência da coloração do substrato na seleção de microhabitats para forrageamento por *Menemerus bivittatus* (Dufour, 1831) (Araneae: Salticidae).

Monografia de Bacharelado. Instituto de Biologia – Universidade Federal de Uberlândia.

Cerveira A.M., Jackson R.R. & Guseinov E.F. (2003) Stalking decisions of web-invading araneophagic jumping spiders from Australia, Azerbaijan, Israel, Kenya, Portugal, and Sri Lanka: the opportunistic smokescreen tactics of *Brettus*, *Cocalus*, *Cyrba*, and *Portia*. *New Zealand Journal of Zoology* 30:21-30. <https://doi.org/10.1080/03014223.2003.9518321>

Chadee DD (2012) Studies on the post-oviposition blood-feeding behaviour of *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) in the laboratory. *Pathogens and Global Health* 106:413-417. <https://doi.org/10.1179/2047773212Y.0000000036>

Costa FMG (1999) Revendo o problema da detecção de retas através dos olhos da aranha. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Física de São Carlos, IFSC-USP, São Carlos – São Paulo, 127p.

Cross FR, Jackson RR. Mosquito-specialist spiders. *Current Biology* 20, R622. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2010.06.039>

Cunze S, Kochmann J, Koch, LK, Klimpel S (2018). Niche conservatism of *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti* – two mosquito species with different invasion histories. *Scientific Reports* 8:7733. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-26092-2>

Dharmaraj J, Gunasekaran C, Rajkumar V, Paul CA (2020) Spiders controlling mosquitoes (*Aedes aegypti*, *Culex quinquefasciatus*, *Anopheles stephensi*): A comprehensive research. *International Journal of Mosquito Research* 7:51-55

De Clerq P (2002) Dark clouds and their silver linings: exotic generalist predators in augmentative biological control. *Neotropical Entomology* 31:169-176. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2002000200001>.

- Edwards Jr., Glavis B. (2003) "Pantropical Jumping Spiders in Florida: EENY-158/IN315, Rev. 9/2002". EDIS 2003 (16). <https://doi.org/10.32473/edis-in315-2002>. <https://doi.org/10.32473/edis-in315-2002>
- Harrington LC, Edman JD, Scott TW (2009) Why do female *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) feed preferentially and frequently on human blood? *Journal of Medical Entomology*. 38: 411–422. <https://doi.org/10.1603/0022-2585-38.3.411>
- Harland DP, Jackson RR (2004) *Portia* perceptions: the Umwelt of an araneophagic jumping spider. *Complex worlds from simpler nervous systems*, 5-40.
- Harland D. P, Jackson R. R & Macnab AM (1999) Distances at which jumping spiders (Araneae: Salticidae) distinguish between prey and conspecific rivals. *Journal of Zoology* 247: 357-364. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1999.tb00998.x>
- Harland DP, Jackson RR (2000) 'Eight-legged cats' and how they see - a review of recent research on jumping spiders (Araneae: Salticidae) - Department of Zoology, University of Canterbury. *Cimbebasia* 16: 231-240.
- Harland DP, Jackson RR (2002) Influence of cues from the anterior medial eyes of virtual prey on *Portia fimbriata*, an araneophagic jumping spider. *Journal of Experimental Biology* 205: 1861–1868 <https://doi.org/10.1242/jeb.205.13.1861>
- Harland DP, Li D, Jackson RR (2012) How jumping spiders see the world. In *How animals see the world: comparative behavior, biology, and evolution of vision* (eds O Lazareva, T Shimizu, EA Wasserman). New York, NY: Oxford University Press, 133–164. DOI: 10.1093/acprof:oso/9780195334654.001.0001
- Hawley J, Simpson SJ, Wilder SM (2014) Effects of Prey Macronutrient Content on Body Composition and Nutrient Intake in a Web-Building Spider. *PLoS ONE* 9(6): e99165. doi:10.1371/journal.pone.0099165

- Hope, A.C.A. 1968. A simplified Monte Carlo significance test procedure. *Journal of the Royal Statistical Society: Serie B* 30: 582–598.
<https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1968.tb00759.x>
- Jackson, R. R. (1986c). Communal jumping spiders (Araneae:Salticidae) from Kenya: interspecific nest complexes, cohabitation with web-building spiders, and intraspecific interactions. *New Zealand Journal of Zoology* 13: 13±26.
<https://doi.org/10.1080/03014223.1986.10422643>
- Jackson RR (1990a) Predatory and nesting behaviour of *Cocalus gibbosus*, a spartaeine jumping spider (Araneae: Salticidae) from Queensland. *New Zealand Journal of Zoology* 17: 483–490. <https://doi.org/10.1080/03014223.1990.10422947>
- Jackson RR (1990b) Predatory versatility and intraspecific interactions of *Cyrbaalgerina* and *C. ocellata*, web-invading spartaeine jumping spiders (Araneae, Salticidae). *New Zealand Journal of Zoology* 17: 157–168.
<https://doi.org/10.1080/03014223.1990.10422593>
- Jackson RR (1992) Eight-legged tricksters: spiders that specialize at catching other spiders. *BioScience* 42: 590–598. <https://doi.org/10.2307/1311924>
- Jackson RR (1992b) Conditional strategies and interpopulation variation in the behaviour of jumping spiders. *New Zealand Journal of Zoology* 19: 99–111.
<https://doi.org/10.1080/03014223.1992.10422314>
- Jackson RR, Nelson XJ (2012) *Evarchaculicivora* chooses blood-fed *Anopheles* mosquitoes but other East African jumping spiders do not. *Medical and Veterinary Entomology* 26: 233-235. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2915.2011.00986.x>
- Jackson RR, Deng C, Cross FR (2016) Convergence between a mosquito-eating predator's natural diet and its prey-choice behaviour. *Royal Society open science* 3: 160584. <http://dx.doi.org/10.1098/rsos.160584>

- Jackson RR, Nelson XJ, Sune GO (2005) A spider that feeds indirectly on vertebrate blood by choosing female mosquitoes as prey. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(42), 15155-15160. <https://doi.org/10.1073/pnas.0507398102>
- Jensen K, Mayntz D, Toft S, Raubenheimer D, Simpson S (2011) Prey nutrient composition has different effects on *Pardosa* wolf spiders with dissimilar life histories. *Oecologia*, 165, 577–583. <https://doi.org/10.1007/s00442-010-1811-1>
- Kraemer, MUG, Reiner RC, Brady OJ et al. (2019) Past and future spread of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. *Nature Microbiology* 4, 854–863. <https://doi.org/10.1038/s41564-019-0376-y>
- Mayntz D, Toft S (2000). Effect of nutrient balance on tolerance to low quality prey in a wolf spider (Araneae:Lycosidae). *Kológia (Bratislava)* Vol. 19, Supplement 3, 153-158.
- Medlock JM, Hansford KM, Versteirt V, Cull B, Kampen H, Fontenille D, Hendrickx G, Zeller H, Van Bortel W, Schaffner F. (2015) An entomological review of invasive mosquitoes in Europe. *Bulletin of Entomological Research*. 105:637-63. <https://doi.org/10.1017/S0007485315000103>
- Menda G, Shamble PS, Nitzany EI, Golden JR, Hory RR (2014) Visual perception in the brain of a jumping spider. *Current Biology* 24: 2580-2585. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.09.029>
- Nagata T, Arikawa K, Terakita A (2013) Contribution of a visual pigment absorption spectrum to a visual function: depth perception in a jumping spider. *Biophysics (Nagoya-shi, Japan)*, 9, 85–89. <https://doi.org/10.2142/biophysics.9.85>
- Ndava J, Llera SD, Manyanga P (2018) The future of mosquito control: The role of spiders as biological control agents: A review. *International Journal of Mosquito Research* 5:6-11.
- Nelson XJ, Jackson RR (2011) Flexibility in the foraging strategies of spiders In *Spider*

behaviour: flexibility and versatility (ed. M. E. Herberstein), pp. 31-56. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511974496.003>

Nelson XJ, Jackson RR (2012). Fine tuning of vision-based prey-choice decisions by a predator that targets malaria vectors. *Journal of Arachnology* 40:23-33. <https://doi.org/10.1636/Hill-61.1>

Nelson XJ, Jackson RR, Godfrey Sune (2005) Use of *Anopheles*-specific prey-capture behavior by the small juveniles of *Evarchaculicivora*, a mosquito-eating jumping spider. *Journal of Arachnology* 33:540-548. <https://doi.org/10.1636/05-3.1>

Nelson XJ, Pratt AJ, Aluoch SA, Jackson RR (2021). Effects of phytochemicals on predatory decision making in a spider. *Animal Behaviour* 177:69-80. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2021.04.022>

Ogunrinade A (1980) The measurement of blood meal size in *Aedes aegypti* (L.). *African Journal Medicine and Medical Sciences* 9:69-71.

Pitilin RB, Moura RR, Gonzaga MO (2020) Population and individual trophic niche of two sympatric cobweb spiders, *Nihonhimeatesselata* and *Tidarrenhaemorrhoidale* (Araneae: Theridiidae). *Journal of Arachnology* 48:59-66. <https://doi.org/10.1636/0161-8202-48.1.59>

Powell JR, Tabachnick WJ (2013) History of domestication and spread of *Aedes aegypti* — a review. *Memorias Instituto Oswaldo Cruz* 108 (Suppl. 1), 11–17. <https://doi.org/10.1590/0074-0276130395>

Ponlawat A, Harrington LC (2005) Blood feeding patterns of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in Thailand. *Journal of Medical Entomology*. 42:844–849. <https://doi.org/10.1093/jmedent/42.5.844>

- Ramakers PMJ. (1995) Biological Control Using Oligophagous Predators. In: Parker, B.L., Skinner, M., Lewis, T. (eds) Thrips Biology and Management. NATO ASI Series, vol 276. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-1409-5_33
- Riechert SE (1976) Web-site selection in the desert spider *Agelenopsisaperta*.” *Oikos* 27:311–15. <https://doi.org/10.2307/3543911>
- Riechert SE (1985) Decisions in multiple goal contexts: habitat selection of the spider, *Agelenopsisaperta* (Gertsch). *Ethology* 70 :53-69. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.1985.tb00500.x>
- Robler DC, Agro M, Kim K, Shamble PS (2021) Static visual predator recognition in jumping spiders. *Functional Ecology*, 36:561-571. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13953>
- R Development Core Team, R. (2022). R: A language and environment for statistical computing. Vienna.
- Raubenheimer, D. & Simpson, S.J. (2018). Nutritional ecology and foraging theory. *Current Opinion in Insect Science*. 27: 38–45. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2018.02.002>
- Schadegg P, King JR (2021) Feeding habits of the jumping spider *Anasaitiscanosa* (Araneae: Salticidae) in the field. *Florida Entomologist* 104: 54-55.
- Schulz M (2000) Diet and foraging behavior of the Golden-Tipped Bat, *Kerivoulapapuensis*: A spider specialist?, *Journal of Mammalogy* 81:948–957. [https://doi.org/10.1644/1545-1542\(2000\)081%3C0948:DAFBOT%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1644/1545-1542(2000)081%3C0948:DAFBOT%3E2.0.CO;2)
- Scott TW et al. (2000) Longitudinal studies of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Thailand and Puerto Rico: blood feeding frequency. *Journal of Medical Entomology*. 37, 89–101. <https://doi.org/10.1603/0022-2585-37.1.89>

- Seib RL (1985) Euryphagy in a tropical snake, *Coniophanes fissidens*. *Biotropica* 17:57-64. <https://doi.org/10.2307/2388380>
- Svanbäck R, Bolnick DI (2005) Intraspecific competition affects the strength of individual specialization: an optimal diet theory model. *Evolutionary Ecology Research* 7:993–1012.
- Tabachnick WJ (1991) Evolutionary genetics and arthropod-borne disease. The Yellow Fever Mosquito. *American Entomologist* 37:14–26. <https://doi.org/10.1093/ae/37.1.14>
- Tarsitano MS, Andrew R (1999) Scanning and route selection in the jumping spider *Portiolaria*. *Animal Behaviour* 58:255-265. <https://doi.org/10.1006/anbe.1999.1138>
- Taylor LA, Maier EB, Byrne KJ, Amin Z, Morehouse NI (2014) Colour use by tiny predators: jumping spiders show colour biases during foraging. *Animal Behaviour* 90:149-157. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2014.01.025>
- Taylor LA, Cross FR, Jackson RR (2022) Blood-red colour as a prey choice cue for mosquito specialist predators. *Animal Behaviour* 188: 85-97. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2022.04.003>
- Ushizima DM (2000) Investigação do comportamento visual de algumas aranhas saltadoras em termos de micromovimentos. Dissertação (mestrado) – Instituto de Física de São Carlos, IFSC-USP, São Carlos – São Paulo, 134p.
- Zhang H, Zhu Y, Liu Z, Peng Y, Peng W, Tong L, Wang J, Liu O, Wang P, Cheng G (2022) A volatile from the skin microbiota of flavivirus-infected hosts promotes mosquito attractiveness. *Cell* 185:2510-2522. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2022.05.016>
- Zurek DB et al. (2015). Spectral filtering enables trichromatic vision in colorful jumping spiders. *Current Biology* 25: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.03.033>