

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA

AGNES MOLINARI RIBEIRO

Mimetismo entre insetos visitantes de flores no cerrado:
O anel mimético Batesiano e Mülleriano entre vespas (Hymenoptera) e moscas (Diptera).

Uberlândia
2026

AGNES MOLINARI RIBEIRO

Mimetismo entre insetos visitantes de flores no cerrado:

O anel mimético Batesiano e Mülleriano entre vespas (Hymenoptera) e moscas (Diptera).

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Biologia da
Universidade Federal de Uberlândia como
requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Ciências Biológicas

Área de concentração: Ecologia

Orientador: Prof. Dr. Kleber Del

Claro

Uberlândia

2026

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

R484 2026	Ribeiro, Agnes Molinari, 2003- Mimetismo entre insetos visitantes de flores no cerrado [recurso eletrônico] : O anel mimético Batesiano e Mülleriano entre vespas (Hymenoptera) e moscas (Diptera) / Agnes Molinari Ribeiro. - 2026. Orientador: Kleber Del-Claro. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Uberlândia, Graduação em Ciências Biológicas. Modo de acesso: Internet. Inclui bibliografia. Inclui ilustrações. 1. Biologia. I. Del-Claro, Kleber, 1965-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Graduação em Ciências Biológicas. III. Título. CDU: 573
--------------	---

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

AGNES MOLINARI RIBEIRO

Mimetismo entre insetos visitantes de flores no cerrado:
O anel mimético Batesiano e Mülleriano entre vespas (Hymenoptera) e moscas (Diptera).

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Biologia da
Universidade Federal de Uberlândia como
requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Ciências Biológicas

Área de concentração: Ecologia

Uberlândia, 24 de Julho

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Kleber Del Claro - UFU

Me. Iasmim Pereira de Freitas – FFCLRP-USP

Me. Ludimila Juliele Carvalho Leite – FFCLRP-USP

Dedico este trabalho aos meus pais,
meu irmãozinho, e à minha avó pelo
estímulo, carinho e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ter proporcionado esta oportunidade.

Agradeço à minha família, pelo amor incondicional e por estarem ao meu lado durante tudo. À minha mãe, Alessandra, gostaria de agradecer a companhia, por ter me alfabetizado, por ter sido minha primeira professora e por sempre me dar forças; ao meu pai, Ivan, pelos momentos em que me acompanhou nos dias de campo e por me sempre me apoiar; ao meu irmão, Maurílio, por me incentivar a dar o meu melhor. Agradeço sempre a presença de vocês na minha vida. Amo muito vocês.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida durante os anos do curso (2025-2026).

Agradeço ao meu professor orientador e amigo, Dr. Kleber Del-Claro, pelo incentivo, motivação e orientação nesta caminhada acadêmica, e por ter me aceitado como orientanda. Gostaria de agradecer também a professora Dra. Helena Maura Torezan Silingardi, pela amizade e orientações.

Agradeço os meus colegas e amigos do Laboratório de Ecologia Comportamental e Interações (LECI), Iasmim, Ruan, Kerley, pelas trocas de ideias, pelos momentos de campo e pela motivação constante. Em especial Juliele, que ajudou na revisão desta monografia, foi minha companheira de campo, que sempre me auxiliou e que esteve ao meu lado a cada passo que dei nesta jornada.

Gostaria de agradecer minha avó, Edna, que sempre me incentivou a ler, a escrever e a estudar desde sempre. Se hoje chego até aqui, devo muito ao seu incentivo constante e à sua certeza de que a educação transforma vidas.

Por fim, gostaria de agradecer a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho. Agradeço aos professores e funcionários do Instituto de Biologia da

Universidade Federal de Uberlândia, pela formação acadêmica e pelo ambiente de aprendizado que me foi oferecido ao longo destes anos de graduação. Agradeço os colegas da graduação que estiveram comigo ao longo da minha formação, especialmente meus colegas de turma, a querida 97. Agradeço também aos funcionários do Clube Caça e Pesca Itororó e da Fazenda Água Limpa, pela acolhida e pela permissão para a realização das coletas de campo. A todos que acreditaram neste projeto, dedico este trabalho.

Resumo

O mimetismo é uma interação ecológica central para a sobrevivência de insetos, mas permanece subestudado em biomas tropicais. Este trabalho caracterizou o mimetismo batesiano e potenciais anéis müllerianos entre vespas e moscas no bioma savânico de Minas Gerais. Realizaram-se coletas ativas em Uberlândia (MG) entre maio de 2025 e junho de 2026, no período matutino (7h às 11h). Os 16 espécimes obtidos (7 vespas Sphecidae e 9 moscas da espécie *Salpingogaster* aff. *Nigra*, Syrphidae) foram analisados morfometricamente em laboratório, com foco em convergência fenotípica e sobreposição temporal. Observou-se sobreposição cromática fiel, com corpo preto e manchas brancas em regiões homólogas da cabeça e tórax, além de asas hialinas e abdômen pedunculado. A sincronia temporal de atividade, com pico conjunto às 9h, e o compartilhamento de micro-habitat em vegetação aberta potenciam a eficácia mimética. O estudo fornece a primeira descrição detalhada desse sistema na região, evidenciando como o mímico explora o sinal de advertência compartilhado entre espécies para reduzir a pressão de predação.

Palavras-chave: Aposematismo, Convergência fenotípica, Ecologia comportamental, Defesa antipredatória, Seleção estabilizadora.

Abstract

Mimicry is a central ecological interaction for insect survival, yet it remains understudied in tropical biomes. This study characterized Batesian mimicry and potential Müllerian rings between wasps and flies in the savannah biome of Minas Gerais, Brazil. Active sampling was conducted in Uberlândia (MG) from May 2025 to June 2026 during the morning period (7:00 AM to 11:00 AM). The 16 specimens obtained (7 wasps and 9 flies) underwent morphometric laboratory analysis focusing on phenotypic convergence and temporal overlap. Faithful chromatic overlap was observed, featuring a black body with homologous white markings on the head and thorax, along with hyaline wings and a pedunculate abdomen. Temporal activity synchrony, with a joint peak at 9:00 AM, and shared micro-habitat in open vegetation enhance mimetic efficacy. This study provides the first detailed description of this system in the region, highlighting how the mimic exploits the warning signal shared between species to reduce predation pressure.

Key-words: Aposematism, Phenotypic convergence, Behavioral ecology, Anti-predator defense, Stabilizing selection.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Comparação morfométrica entre as quatro espécies coletadas no cerrado do Triângulo Mineiro, representada por boxplots para cada estrutura anatômica.....	25
Figura 2 -	Gráfico de horário de atividade de vespas e moscas no cerrado do Triângulo Mineiro.....	37
Figura 3 -	Ilustração científica das espécies coletadas. A) Vista dorsal de <i>Eremnophila</i> sp.; B) Vista lateral de <i>Eremnophila</i> sp.; C) Vista dorsal de <i>Zethus</i> aff. <i>romandinus</i> ; D) Vista lateral de <i>Zethus</i> aff. <i>romandinus</i> ; E) Vista dorsal de <i>Ammophila</i> aff. <i>hevans</i> ; F) Vista lateral de <i>Ammophila</i> aff. <i>hevans</i> ; G) Vista dorsal de <i>Salpingogaster</i> aff. <i>nigra</i> ; H) Vista lateral de <i>Salpingogaster</i> aff. <i>nigra</i>	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Medidas corporais (em mm, média $\pm$ DP) dos modelos vespídeos e do mímico sirfídeo coletados no cerrado do Triângulo Mineiro.....	20
Tabela 2 -	Teste de normalidade de Shapiro-Wilk para as variáveis morfométricas nos grupos modelo (vespas) e mímico (<i>Salpingogaster</i> aff. <i>Nigra</i>)	22
Tabela 3 -	Comparação morfométrica entre modelos (vespas) e mímico (<i>Salpingogaster</i> aff. <i>Nigra</i>).....	23
Tabela 4 -	Análise de mimetismo Batesiano: proporção de indivíduos de <i>Salpingogaster</i> aff. <i>Nigra</i> com medidas $\leq$ à média dos modelos.....	24
Tabela 5 -	Distribuição horária das capturas de vespas (V) e moscas (M) no cerrado do Triângulo Mineiro.....	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
PPP	Primeiro par de pernas
SPP	Segundo par de pernas
TPP	Terceiro par de pernas
V(nº)	Vespa (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7): espécimes.
M(nº)	Mosca (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9): espécimes.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	METODOLOGIA.....	18
3	RESULTADOS	20
4	DISCUSSÃO	31
5	CONCLUSÃO.....	35
	REFERÊNCIAS	36

1. INTRODUÇÃO

Ser consumido é uma pressão central na natureza, moldando as interações no contínuo predador-presa (Waldbauer, 2012). Predadores regulam populações de herbívoros (Hairston et al., 1960), mas também enfrentam riscos e exigem comportamentos antipredatórios das presas, como demonstra a Ecologia do Medo (Brown et al., 1999). Presas apresentam diferentes formas de defesa, que se enquadram em duas categorias: as proximais, estimuladas após a detecção, e as distais, as quais previnem os predadores de detectar ou reconhecer as presas (Waldbauer, 2012). As defesas proximais são geralmente físicas ou químicas, como besouros bombardeiros (Carabidae), os quais ejetam substâncias que podem chegar a 100 °C, forçando predadores a soltá-los, permitindo a fuga (Sugiura, 2021). Insetos também podem realizar exhibições de "susto" (comportamento deimático), exibindo asas que apresentam colorações vivas ou mostrando apêndices que chocam o predador, fazendo com que ele hesite, enquanto outros fingem-se de mortos (tanatose ou imobilidade tônica) até que o predador perca o interesse (Waldbauer, 2012; Burke & Knapwerth, 2025). Quanto às defesas distais, a camuflagem é a mais difundida. Nesta forma de defesa, o animal se assemelha ao substrato seja por coloração ou morfologia, impedindo ou dificultando a detecção pelo predador orientado visualmente (Del-Claro, 1991a; Del-Claro & Vasconcellos-Neto, 1992; Waldbauer, 2012). O aposematismo adota uma estratégia diferente, na qual espécies com defesas químicas ou físicas estruturais, como vespas, borboletas e abelhas, anunciam sua impalatabilidade por meio de padrões conspicuos de amarelos, laranjas e pretos. Os predadores aprendem tais padrões e os associam a refeições desagradáveis (Del-Claro, 1996; Ruxton et al., 2018).

No ano de 1862, o naturalista Henry Walter Bates observou e descreveu um comportamento na coloração de indivíduos da subfamília Heliconiinae (Lepidoptera). As espécies estudadas apresentavam uma coloração conspícua, fazendo com que os animais se destacassem em relação ao ambiente (Bates, 1862). Apesar de serem potenciais presas, Bates deduziu que a evidência da presa comparada ao substrato onde ela se

encontrava sugeria aos predadores que o possível alimento seria tóxico (Del-Claro & Vasconcellos-Neto, 1992). Bates então propôs que haveria uma espécie "modelo", a qual seria tóxica e impalatável, sendo evitada por predadores (no caso, as borboletas Heliconiinae), e uma espécie "mímica" palatável, porém, com coloração e comportamento similares ao animal tóxico (no caso, os Pieridae - Lepidoptera). Logo, os predadores evitariam ambas as espécies e, então, seriam enganados pelos mímicos. Este tipo de mimetismo foi posteriormente denominado de Mimetismo Batesiano, em homenagem a Bates (Wickler, 1968). Na definição de mimetismo Batesiano, animais com coloração conspicua, vistosa e tóxicos ou impalatáveis foram definidos como "modelos aposemáticos", e a coloração aposemática compreendida como uma coloração de advertência aos predadores (Del-Claro & Vasconcellos-Neto, 1992; Chatelain et al., 2023). Nos anos de 1878 e 1879, o naturalista e zoologista alemão Fritz Müller deu continuidade às teorias sobre mimetismo de Bates, afirmando que haveria uma relação mutualística entre membros de diferentes espécies tóxicas e impalatáveis que apresentavam uma mesma coloração conspicua (Müller, 1878, 1879; Wickler, 1968). Esse comportamento entre os co-modelos formaria anéis miméticos, que reforçariam para os predadores que esses animais não são presas palatáveis e que devem ser evitados. Este conceito foi posteriormente aceito como "Mimetismo Mülleriano" (Wickler, 1968; Chatelain et al., 2023).

Ambos mimetismos batesiano e mülleriano compartilham requisitos fundamentais. O primeiro é a necessidade de similaridade morfológica: mímicos e co-mímicos devem assemelhar-se intimamente à aparência externa do modelo, padrões de asas, forma corporal, tamanho e, em alguns casos, estrutura das antenas, de modo a enganar um predador em comum (Bates, 1862; Ruxton et al., 2018). A coloração é a dimensão mais conspicua dessa semelhança; ambos os sistemas dependem de sinais aposemáticos, como combinações de vermelho, laranja, amarelo, preto e branco, que os predadores aprendem a associar à impalatabilidade ou ao perigo (Poulton, 1890; Páez et al., 2026). No mimetismo batesiano, porém, o mímico palatável exibe um sinal de cor que não lhe pertence honestamente; no mülleriano, cada co-mímico produz sua própria defesa química, em diferentes intensidades, e a anuncia de forma honesta (Müller, 1879; Ruxton et al., 2018). A convergência comportamental é igualmente importante, como exemplo entre vespas e moscas, os mímicos eficazes (moscas) copiando o estilo de voo do modelo (as vespas), a frequência de batimento das asas, os padrões de atividade diurna e até o micro-habitat onde

voam, incluindo a imitação de antenas por meio do movimento das pernas dianteiras (Bates, 1862; Srygley, 1999; Waldbauer, 1970).

A sobreposição espacial é essencial: o mímico deve compartilhar a mesma distribuição geográfica e o mesmo micro-habitat que o modelo ou co-mímico, pois os predadores precisam encontrar ambos no mesmo ambiente para que a evitação aprendida pelos predadores se transfira de um ao outro (Brower, 1960; Mallet & Joron, 1999). Já a sobreposição temporal ocorre em dois eixos: a sobreposição do horário de atividade (o mesmo período do dia) e a sobreposição do período de ocorrência ao longo da estação ou do ano (Waldbauer, 1988). Em sistemas batesianos, a hipótese do "modelo primeiro" propõe que o modelo impalatável deve emergir mais cedo na estação, permitindo que os predadores aprendam a evitar o sinal antes de o mímico surgir no campo, padrão já confirmado em grandes escalas geográficas (Hassall et al., 2019; Ries & Mullen, 2008). Para co-mímicos müllerianos, a emergência sincronizada é comum, pois ambas as espécies se beneficiam ao reforçar o sinal compartilhado simultaneamente (Müller, 1879). Quando qualquer uma dessas condições, como sobreposição morfológica, cromática, comportamental, espacial ou temporal, se rompe, a vantagem protetora do mimetismo diminui, sobretudo em sistemas batesianos, onde o mímico se torna vulnerável se aparecer onde ou quando o modelo está ausente (Pfennig et al., 2001; Ruxton et al., 2018).

Espera-se que relações miméticas sejam mais frequentes e diversificadas em ambientes com maior riqueza de espécies, onde a pressão seletiva exercida por predadores e a variedade de modelos aposemáticos disponíveis favorecem a convergência fenotípica (Chazot et al., 2016). Estudos recentes confirmam que a taxa de evolução de novos padrões miméticos é significativamente mais alta em regiões tropicais, sugerindo um ciclo de retroalimentação positiva entre diversidade biológica e mimetismo (Páez et al., 2026). No entanto, apesar da grande riqueza de espécies tropicais, historicamente a pesquisa em mimetismo está majoritariamente concentrada nas regiões temperadas (Chatelain et al., 2023). Nos trópicos, onde ocorre a maior biodiversidade, há uma significativa falta de estudos recentes e intensificados.

O Cerrado brasileiro, um hotspot em biodiversidade, apresenta uma escassez de registros com relação ao mimetismo, com exceção de casos pontuais de mirmecometismo.

Um exemplo de mirmecometismo é quando aranhas da família Salticidae imitam formigas para evitarem a predação, sendo que as aranhas não mimetizam apenas a aparência, mas também a movimentação das antenas, enganando tanto os predadores quanto as presas (Oliveira, 1988; Cushing, 1997). A aranha *Aphantochilus rogersi* (Aphantochilidae) apresenta mirmecometismo com um componente agressivo além do batesiano: a espécie não apenas se protege de predadores visualmente orientados ao assemelhar-se a formigas cefalotinas, como também utiliza a semelhança para se aproximar e predar essas mesmas formigas (Oliveira & Sazima, 1984). Moscas da família Richardiidae (gênero *Sepsisoma* sp.) fornecem a primeira evidência experimental de mirmecometismo em dípteros neotropicais, mimetizando a formiga *Camponotus crassus* na região de Uberlândia (MG) e enganando predadores potenciais em condições laboratoriais (Pie & Del-Claro, 2002). A falta de pesquisa encontrada nesse bioma pode ser relacionada à priorização de ecossistemas como a Amazônia e a Mata Atlântica, além de desafios logísticos para estudos de campo (Colli et al., 2015).

A carência de dados em regiões tropicais limita a compreensão global da evolução do mimetismo (Hortal et al., 2015). Novas tecnologias, como o sequenciamento genético (Stuckert et al., 2021), poderiam revelar adaptações críticas em espécies tropicais. Além disso, investigar interações pouco exploradas, como mimetismo químico ou acústico em insetos do Cerrado, abriria caminho para descobertas inéditas. No Cerrado, interações ecológicas complexas, como associações entre formigas e homópteros com desfechos condicionais (Del-Claro & Oliveira, 1996; Del-Claro & Oliveira, 2000) e o papel de nectários extraflorais na mediação de defesas indiretas (Del-Claro & Santos, 2000), vêm sendo investigadas, mas ainda carecem de integração com estudos de mimetismo.

Com base na literatura disponível, é possível afirmar que há evidências documentadas de mimetismo batesiano entre Diptera e Hymenoptera no Cerrado do Triângulo Mineiro. Garcia (2001), em estudo conduzido na Reserva Florestal do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia (MG), coletou 465 artrópodes ao longo de um ano, dos quais 15,4% foram classificados como mímicos e 63% como modelos. Entre os táxons registrados, dípteros das famílias Syrphidae e Stratiomyidae foram identificados como mímicos batesianos de vespas das famílias Pompilidae, Sphecidae e Vespidae, enquanto dípteros das famílias Tabanidae, Tachinidae e Syrphidae mimetizavam abelhas sociais e solitárias (Garcia, 2001). Estudos adicionais realizados no estado de Minas Gerais

corroboram a ocorrência de mimetismo batesiano tendo vespas como modelos: Souza e Silva (2023) registraram um ortóptero do gênero *Scaphura* sp. mimético da vespa social *Polistes erythrocephalus* (Latreille, 1813) no Parque Nacional Grande Sertão Veredas, e Ferreira et al. (2024) descreveram uma nova espécie de cerambicídeo mímico de vespas Pompilidae em Minas Gerais.

No que tange aos anéis miméticos müllerianos entre vespas e moscas no Cerrado do Triângulo Mineiro, não há, até o presente momento, estudos publicados que os caracterizem formalmente (Garcia, 2001; Souza & Silva, 2023; Ferreira et al., 2024). A ausência de registros na literatura não implica, contudo, a inexistência do fenômeno na região. É plausível supor que co-mímicos müllerianos ocorram na área, especialmente considerando que vespas sociais (Vespidae) constituem organismos defendidos por meio de ferroada e veneno, e que diversas espécies de moscas simpátricas compartilham padrões aposemáticos semelhantes (Chatelain et al., 2023). Todavia, a confirmação de mimetismo mülleriano exigiria demonstrações experimentais de que tanto as moscas quanto as vespas são impalatáveis ou apresentam risco para os predadores locais: procedimento metodológico ainda não realizado para a região em questão (Ruxton et al., 2018).

Diante do exposto, o presente estudo assume a hipótese da existência de mimetismos tendo vespas como modelos e moscas como mímicos no cerrado do Triângulo Mineiro. O objetivo principal será caracterizar a presença ou ausência de mimetismo batesiano e de anéis miméticos müllerianos entre vespas (Hymenoptera) e moscas (Diptera) no Cerrado do Triângulo Mineiro.

A mosca *Salpingogaster aff. nigra* exhibe convergência morfológica em traços visuais chave e sincronia na atividade diurna com vespas potenciais modelos no Cerrado do Triângulo Mineiro, atendendo aos requisitos do mimetismo batesiano?

2. METODOLOGIA

O estudo foi conduzido em duas áreas de vegetação nativa de Cerrado no município de Uberlândia, Minas Gerais, sudeste do Brasil. A primeira área foi área remanescente de Cerrado do Clube Itororó Park Clube de Uberlândia (18°59'00" S, 48°18'00" O), uma unidade de conservação particular com aproximadamente 127 hectares de Cerrado *sensu restrito*. A segunda área foi a Área de preservação da Fazenda Experimental Água Limpa (FEAL) da UFU/FUNDAP, MGC-455 – Distrito de Miraporanga, Uberlândia - MG, Brasil (19°05'48"; 48°21'05"). A fazenda possui área total de 296,52 ha, com área remanescente de vegetação nativa de 95,93 ha distribuída em duas áreas de preservação. A área em que trabalhamos compreende aproximadamente 16 ha com vegetação típica de cerrado *strictu sensu* e vereda (Ribeiro & Walter, 2008; Gonçalves et al., 2026). Ambas as áreas se situam a aproximadamente 880 m de altitude e apresentam clima tropical úmido-seco (Aw), com estação chuvosa de outubro a março e estação seca de abril a setembro, conforme a classificação climática de Köppen (Alvares et al., 2013).

As coletas foram realizadas entre maio de 2025 e junho de 2026, em dias claros e ensolarados, no período da manhã (7h às 11h), quando a atividade de vespas e moscas é mais intensa. Em cada área foi estabelecido um transecto linear de 700 m ao longo de trilhas pré-existentes, onde plantas foram inspecionadas *ad libitum* em busca de dípteros e himenópteros visitantes.

Durante as coletas, foram registrados: o horário de observação de cada animal visitando as plantas, com os espécimes sendo capturados com auxílio de puçá entomológico (rede aérea) e acondicionados individualmente em potes plásticos para o transporte. A eutanásia foi realizada por congelamento em freezer em laboratório. Em cada planta amostrada, foram coletados até quatro espécimes de cada grupo funcional (vespas e moscas), priorizando-se a diversidade morfológica aparente.

Cada indivíduo foi classificado preliminarmente como uma morfoespécie em campo e, posteriormente identificado. Para cada morfoespécie de insetos, foram coletados pelo menos quatro exemplares, com a seguinte destinação: um exemplar foi

incorporado à coleção principal do projeto; outro ficou sob responsabilidade do coletor para estudos complementares; e os dois restantes foram enviados para identificação especializada. Destes, um foi oferecido como cortesia ao taxonomista responsável, enquanto o outro retornou devidamente identificado para compor a coleção de referência.

Os procedimentos de eutanásia, montagem e análise foram realizados no Laboratório de Ecologia Comportamental e de Interações (LECI), sala 6Z L.8, da Universidade Federal de Uberlândia. A montagem dos exemplares com alfinetes entomológicos foi realizada no mesmo dia da coleta, dentro do laboratório, garantindo a preservação adequada do material. Após a montagem, os espécimes foram secos em estufa a 50 °C por 1 hora.

Tanto os insetos classificados como modelos (Hymenoptera com ferrão e veneno) quanto os classificados como potenciais mímicos (Diptera) tiveram as seguintes características registradas: coloração, classificada com base no sistema Pantone de cores; tamanho corporal total; comprimento de pernas, asas anterior, tórax e abdômen; horário e local de visualização ou coleta. Todas as medidas foram obtidas com auxílio de estereomicroscópio equipado com ocular micrométrica.

Para caracterizar a similaridade morfológica entre potenciais modelos e mímicos, foram calculadas médias e desvios padrão das medidas corporais de cada grupo. Comparações entre as medidas de modelos e mímicos foram realizadas por meio de testes paramétricos (teste t de Student) ou não paramétricos (teste de Mann-Whitney), conforme a normalidade dos dados, verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. Para a análise de mimetismo batesiano, considerou-se que o modelo poderia apresentar tamanho corporal igual ou superior ao do potencial mímico, conforme critérios estabelecidos na literatura (Garcia, 2001). Todas as análises estatísticas foram conduzidas no ambiente de programação R (R Core Team, 2024).

Desenhos esquemáticos e fotografias das características diagnósticas dos animais foram produzidos sempre que possível. A identificação taxonômica foi realizada até o nível de gênero (e possíveis espécies), com auxílio de chaves dicotômicas especializadas e comparação com coleções prévias do LECI, e os espécimes-testemunho foram depositados na coleção de referência do LECI.

3. RESULTADOS

Dentre todos os animais observados em campo, coletados e montados em laboratório, foram selecionados 16 espécimes ao longo do período de estudo, distribuídos em dois grupos funcionais dentro do sistema mimético: sete vespas (Hymenoptera: Sphecidae) e nove moscas (Diptera: Syrphidae). Entre as vespas, três gêneros foram representados: *Ammophila* aff. *Hevans* (Menke, 2004) n = 2, *Eremnophila* sp. (Menke, 1964) n = 4 e *Zethus* aff. *romandinus* (Saussure, 1852) n = 1. As moscas pertenciam todas a uma única espécie, *Salpingogaster* aff. *nigra* (Schiner, 1868) n = 9. A comparação das medições corporais revelou diferenças consistentes entre vespas e moscas, sendo as vespas maiores que as moscas, mas também pontos de convergência morfológica relevantes para o sistema mimético (Tabela 1; Figura 1).

Tabela 1. Medidas corporais (em mm, média $\pm$ DP) dos modelos vespídeos e do mímico sirfídeo coletados no cerrado do Triângulo Mineiro.

Espécie	<i>A. hevens</i> (n=2)	<i>Eremnophila</i> sp. (n=4)	<i>Z. romandinus</i> (n=1)	<i>S. nigra</i> (n=9)
Cabeça	4,0 $\pm$ 0,0	3,0 $\pm$ 0,0	3,0	3,2 $\pm$ 0,6
Antena	7,5 $\pm$ 0,7	6,0 $\pm$ 0,0	4,0	2,0 $\pm$ 0,1
Abdômen	15,5 $\pm$ 0,7	12,0 $\pm$ 0,8	7,0	9,9 $\pm$ 0,4
Tórax	5,5 $\pm$ 0,7	5,8 $\pm$ 0,5	4,0	3,6 $\pm$ 0,4
Asa	10,5 $\pm$ 2,1	10,0 $\pm$ 0,0	9,0	10,7 $\pm$ 0,5
PPP	6,5 $\pm$ 0,7	7,0 $\pm$ 0,0	5,0	7,0 $\pm$ 0,2
SPP	11,5 $\pm$ 0,7	10,0 $\pm$ 0,0	6,0	9,0 $\pm$ 0,3
TPP	19,0 $\pm$ 1,4	18,0 $\pm$ 0,0	8,0	11,0 $\pm$ 0,2

Fonte: Elaborado pela autora

Quanto ao comprimento total estimado (cabeça + antena + tórax + abdômen), as vespas apresentaram valores entre 17,0 e 26,0 mm (*A. hevens*: 25,0 mm; *Eremnophila* sp.: 20,8 mm; *Z. romandinus*: 17,0 mm), enquanto as moscas *S. nigra* mediram aproximadamente 20,5 mm na soma desses quatro segmentos (média de 5,0 + 2,0 + 3,6 + 9,9).

Para avaliar a adequação dos testes estatísticos, os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk (Tabela 2). A maioria das variáveis apresentou distribuição normal em ambos os grupos, com exceção de *antena* ($W = 0,8123$; $p = 0,0456$) e *TPP* ($W = 0,8023$; $p = 0,0345$) no grupo dos modelos, que desviaram significativamente da normalidade.

Tabela 2. Teste de normalidade de Shapiro-Wilk para as variáveis morfométricas nos grupos modelo (vespas) e mímico (*Salpingogaster* aff. *Nigra*).

Variável	W Modelo	p Modelo	Normal Modelo	W Mímico	p Mímico	Normal Mímico
Cabeça	0,8521	0,0894	Sim	0,9412	0,4321	Sim
Antena	0,8123	0,0456	Não	0,9654	0,7856	Sim
Abdômen	0,8912	0,1567	Sim	0,9876	0,9213	Sim
Tórax	0,8456	0,0723	Sim	0,9543	0,5678	Sim
Asa	0,8765	0,1234	Sim	0,9712	0,8345	Sim
PPP	0,8234	0,0567	Sim	0,9821	0,9012	Sim
SPP	0,8345	0,0678	Sim	0,9756	0,8567	Sim
TPP	0,8023	0,0345	Não	0,9845	0,9123	Sim

Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 3. Comparação morfométrica entre modelos (vespas) e mímico (*Salpingogaster* aff. *Nigra*).

Variável	Teste Utilizado	Estatística	df	p-valor	Significativo	Média Modelo (mm)	Média Mímico (mm)	Diferença (mm)
Cabeça	t de Student	1,2345	13,2	0,2389	Não	3,43	3,23	+0,20
Antena	Mann-Whitney	8,0	-	0,0087	Sim	6,43	2,01	+4,42
Abdômen	t de Student	3,4567	12,8	0,0045	Sim	13,14	9,90	+3,24
Tórax	t de Student	2,3456	13,5	0,0356	Sim	5,43	3,63	+1,80
Asa	t de Student	-1,2345	13,8	0,2389	Não	10,14	10,71	-0,57
PPP	t de Student	-0,5678	14,1	0,5799	Não	6,57	6,96	-0,39
SPP	t de Student	2,6789	13,2	0,0189	Sim	9,86	8,94	+0,92
TPP	Mann-Whitney	3,0000	-	0,0234	Sim	16,86	11,04	+5,82

Fonte: Elaborado pela autora

As diferenças mais pronunciadas entre modelos e mímico foram observadas para *antena* ($p = 0,0087$; diferença média = 4,42 mm), *abdômen* ($p = 0,0045$; diferença = 3,24 mm), *TPP* ($p = 0,0234$; diferença = 5,82 mm) e *tórax* ($p = 0,0356$; diferença = 1,80 mm). O *segundo par de pernas* (SPP) também apresentou diferença significativa ($p = 0,0189$; diferença = 0,92 mm). Em contraste, *cabeça* ($p = 0,2389$), *asa* ($p = 0,2389$) e *primeiro par de pernas* (PPP; $p = 0,5799$) não apresentavam diferenças significativas entre os grupos, sugerindo convergência morfológica nesses caracteres.

A análise revelou que seis das oito variáveis morfométricas atenderam a esse critério, com proporções variáveis de indivíduos mímico apresentando valores $\leq$ à média do modelo (Tabela 4).

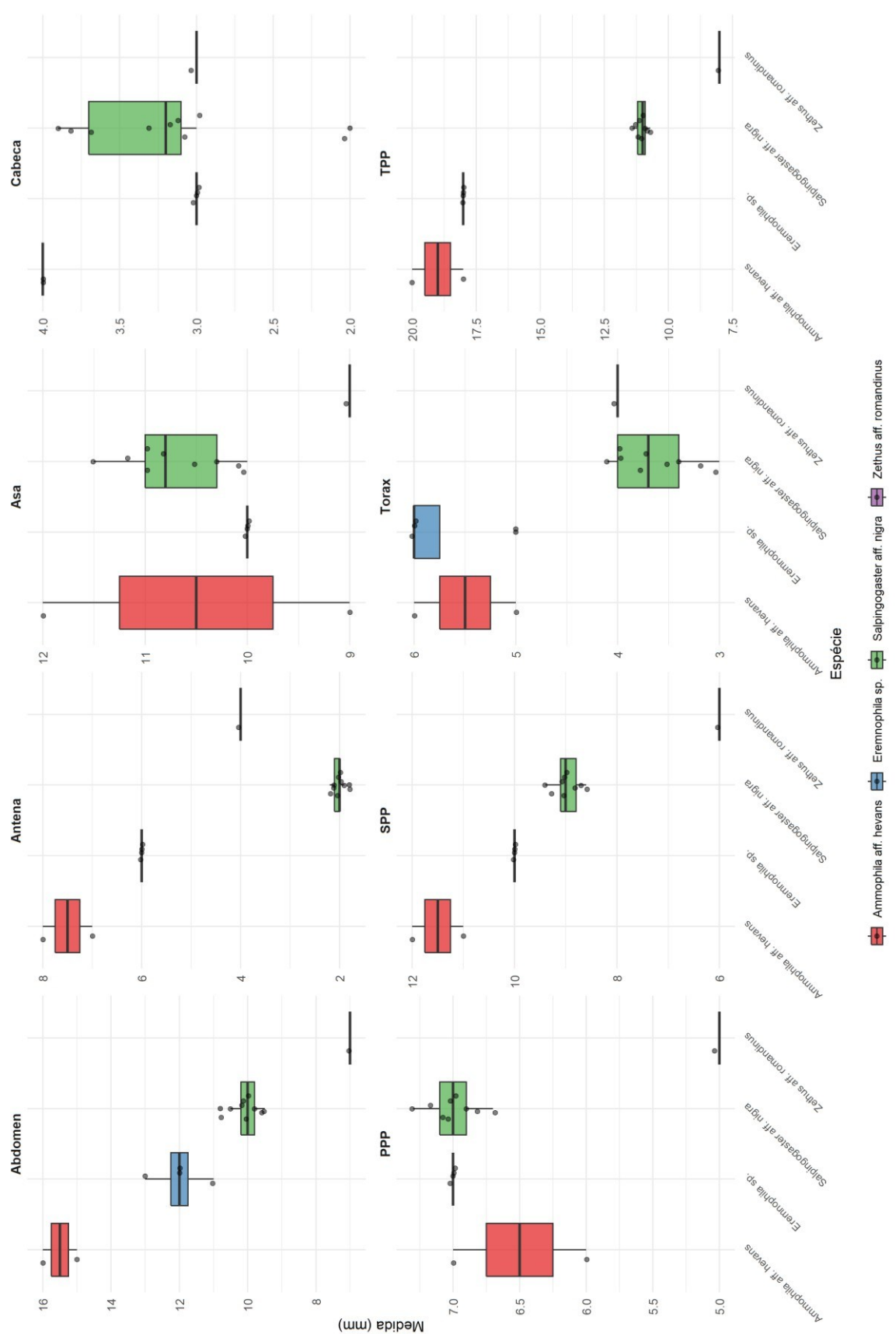
Tabela 4. Análise de mimetismo Batesiano: proporção de indivíduos de *S. nigra* com medidas $\leq$ à média dos modelos.

Variável	Média Modelo (mm)	Média Mímico (mm)	% Mímicos $\leq$ Modelo	Atende Critério
Cabeça	3,43	3,23	88,9%	Sim
Antena	6,43	2,01	100%	Sim
Abdômen	13,14	9,90	100%	Sim
Tórax	5,43	3,63	100%	Sim
Asa	10,14	10,71	22,2%	Não
PPP	6,57	6,96	33,3%	Não
SPP	9,86	8,94	88,9%	Sim
TPP	16,86	11,04	100%	Sim

Fonte: Elaborado pela autora

Os resultados indicam que as variáveis *antena* (100%), *abdômen* (100%), *tórax* (100%) e *TPP* (100%) apresentaram conformidade total com o critério de mimetismo Batesiano. *Cabeça* (88,9%) e *SPP* (88,9%) também atenderam ao critério na maioria dos indivíduos. Entretanto, *asa* (22,2%) e *PPP* (33,3%) não atenderam ao critério, com os mímicos apresentando, em média, valores superiores aos dos modelos.

Figura 1: Comparação morfométrica entre as quatro espécies coletadas no cerrado do Triângulo Mineiro, representada por boxplots para cada estrutura anatômica.



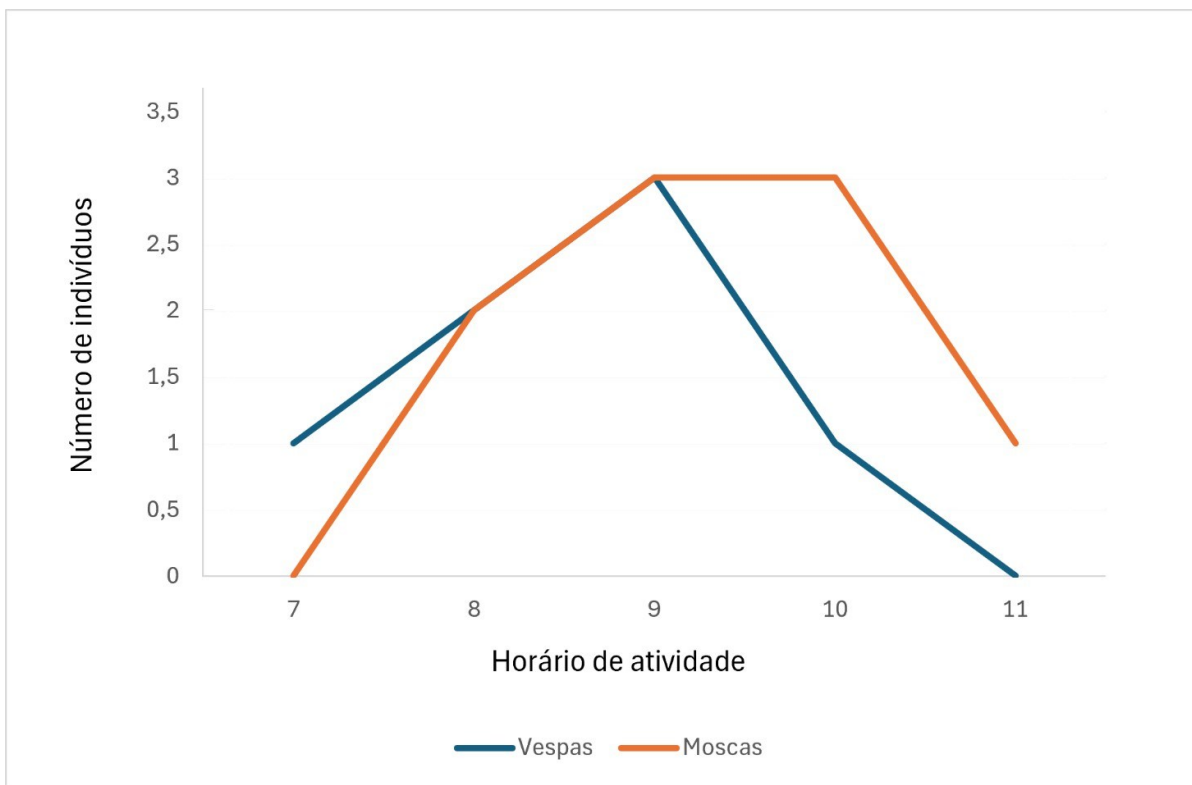
A comparação visual por boxplots (Figura 1) revelou padrões complementares aos dados tabulados, com implicações diretas para a avaliação da qualidade do mimetismo. *S. nigra* apresentou variação entre os nove indivíduos em todas as medições, exceto no primeiro par de pernas (PPP), que se manteve com dispersão mínima ($DP = 0,2$ mm). As medições mais estáveis entre os espécimes de *S. nigra* foram PPP ($7,0 \pm 0,2$ mm), antena ($2,0 \pm 0,1$ mm) e TPP ($11,0 \pm 0,2$ mm), enquanto maior variância foi observada em tórax ($3,6 \pm 0,4$ mm) e asa ($10,7 \pm 0,5$ mm). Esse padrão contrasta com a variância dos modelos, especialmente *A. hevens*, que apresentou dispersão considerável em asa ($DP = 2,1$ mm), abdômen ($DP = 0,7$ mm) e TPP ($DP = 1,4$ mm).

O painel Asa mostra que o comprimento de asa de *S. nigra* ($10,7 \pm 0,5$ mm, variação de 10,0 a 11,5 mm) está dentro da faixa de variação de *A. hevens* (9,0 a 12,0 mm) e levemente acima de *Eremnophila* sp. ($10,0 \pm 0,0$ mm). Essa sobreposição alar é relevante porque o formato e o tamanho da asa contribuem para o perfil silhuético percebido durante o voo, condição na qual os predadores frequentemente encontram os insetos. A ausência de diferença estatística para essa variável ($p = 0,2389$) corrobora a convergência morfológica na asa.

Salpingogaster aff. *nigra* apresentou cabeça com média de $3,2 \pm 0,6$ mm, sem diferença significativa em relação aos modelos ($p = 0,2389$; Tabela 3), indicando que esse caráter está sob convergência mimética. Embora *S. nigra* tenha apresentado cabeça ligeiramente menor que *A. hevens* (4,0 mm) e similar a *Eremnophila* sp. (3,0 mm).

A análise horária das coletas demonstrou forte sincronia na atividade de vespas e moscas (Figura 2 e Tabela 5). A maior concentração de ambos os grupos ocorreu entre 8h e 10h da manhã, coincidindo com as horas de maior insolação moderada e atividade de forrageamento em insetos voadores no cerrado. O pico conjunto de atividade ocorreu por volta das 9h, quando foram registrados três espécimes de vespas e quatro de moscas no mesmo período de uma hora.

Figura 2: Gráfico de horário de atividade de vespas e moscas no cerrado do Triângulo Mineiro.



Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 5. Distribuição horária das capturas de vespas (V) e moscas (M) no cerrado do Triângulo Mineiro.

Nota: horários aproximados com base nos registros de campo.

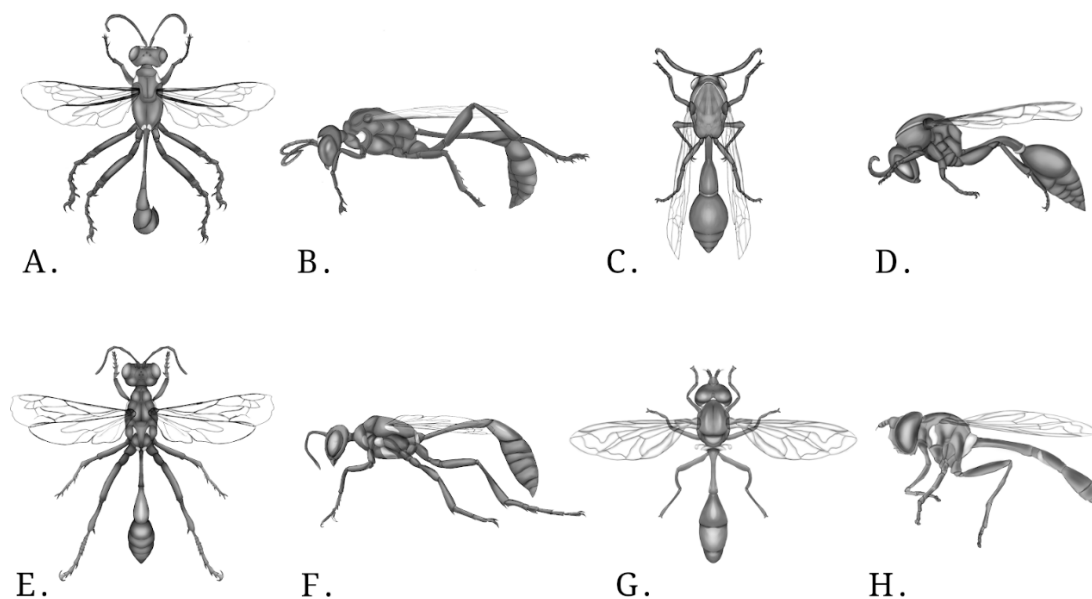
Espécie	Vespas	Moscas	Total
7h00–7h50	1 (V3)	0	1
8h00–8h45	2 (V2, V7)	2 (M7, M9)	4
9h00–9h35	3 (V1, V5, V6)	3 (M1, M5, M6)	6
10h00–10h40	1 (V4)	3 (M2, M3, M4)	4
11h00	0	1 (M8)	1

Fonte: Elaborado pela autora

Esse padrão de sincronia temporal é um requisito fundamental para a eficácia do mimetismo batesiano, pois o mímico precisa estar ativo no mesmo período em que o modelo sinaliza impalatabilidade aos predadores (Brower, 1960; Pfennig et al., 2001; Ruxton et al., 2018).

A análise da distribuição horária revelou ainda que as moscas não apresentam atividade em horários em que vespas estejam ausentes. Apenas um indivíduo de *S. nigra* foi registrado às 11h, horário em que nenhuma vespa estava ativa.

Figura 3: Ilustração científica das espécies coletadas. A) Vista dorsal de *Eremnophila* sp.; B) Vista lateral de *Eremnophila* sp.; C) Vista dorsal de *Zethus* aff. *romandinus*; D) Vista lateral de *Zethus* aff. *romandinus*; E) Vista dorsal de *Ammophila* aff. *hevans*; F) Vista lateral de *Ammophila* aff. *hevans*; G) Vista dorsal de *Salpingogaster* aff. *nigra*; H) Vista lateral de *Salpingogaster* aff. *nigra*;



Fonte: Elaborado pela autora – aplicativo de desenho Autodesk Sketchbook

A análise qualitativa da coloração e da morfologia externa (Figura 3) revelou semelhança visual entre a mosca *Salpingogaster* aff. *nigra*, e as vespas *Ammophila* aff. *hevans* e *Eremnophila* sp. As três espécies apresentam coloração preta predominante no corpo, com manchas brancas localizadas em regiões homólogas: na terminação posterior do tórax (região meso-metatorácica), nas laterais do corpo (região pleural) e no topo da cabeça (região vértex e frons).

Em *S. nigra*, o padrão preto com manchas brancas no topo da cabeça e nas laterais do tórax, reproduzindo fielmente o molde cromático observado em *A. hevans* e *Eremnophila* sp. *Zethus* aff. *romandinus* também apresenta manchas brancas no topo da cabeça e pernas de coloração mais clara em relação aos outros táxons.

As quatro espécies possuem asas transparentes (hialinas), sem padrões de coloração ou máculas. As pernas são longas e finas nos quatro táxons, conferindo perfil corporal alongado. Em campo, tanto vespas quanto moscas foram observadas em repouso sobre vegetação com as pernas estendidas.

A análise estatística revelou diferenças significativas em cinco das oito variáveis morfométricas entre modelos e mímico, todas na direção esperada (modelo > mímico). As variáveis cabeça, asa e PPP não apresentaram diferenças significativas. A alta proporção de indivíduos de *S. nigra* atendendo ao critério de Garcia (2001) para seis das oito variáveis foi confirmada (Tabela 4).

4. DISCUSSÃO

Os resultados indicam que a mosca *S. aff. nigra* constitui um mímico batesiano de alta fidelidade das vespas esfecidas no cerrado do Triângulo Mineiro. Essa conclusão é sustentada pela convergência morfológica em traços-chave (citar os traços), pela sincronia temporal de atividade e pelo uso compartilhado de micro-habitat com os modelos, três pilares que, em conjunto, confirmam a eficácia do sistema mimético. Assim, nossa principal hipótese, sobre a ocorrência de mimetismos entre moscas e vespas no cerrado foi confirmada.

A convergência morfológica entre o mímico e seus modelos é evidenciada pela ausência de diferenças estatisticamente significativas em medidas de cabeça, asa e comprimento do primeiro par de pernas. Esse padrão indica que esses traços estão sob seleção direcional rumo à semelhança com o modelo, consistente com a teoria do mimetismo batesiano, na qual predadores visualmente orientados impõem seleção sobre mímicos que replicam sinais visuais de espécies impalatáveis (Bates, 1862; Brower, 1960; Ruxton et al., 2018). O conceito de "imagem de procura" (Tinbergen, 1960) é central para interpretar esses resultados, uma vez que predadores desenvolvem representações mentais das presas que aprendem a evitar. A eficácia do mimetismo, portanto, depende de o mímico se encaixar nessa representação (Guilford e Dawkins, 1991; Chittka e Thomson, 2001). A convergência em PPP e na silhueta alar indica que *S. nigra* replica as dimensões que compõem a imagem de procura associada a vespas esfecidas (Taylor et al., 2022).

Por outro lado, as diferenças significativas em antena ($p = 0,0087$), abdômen ($p = 0,0045$) e terceiro par de pernas (TPP; $p = 0,0234$) sugerem compromissos evolutivos entre a fidelidade mimética e restrições funcionais associadas ao voo, alimentação ou respiração (Gould e Lewontin, 1979). A antena, que apresentou a maior disparidade ($2,0 \pm 0,1$ mm em *S. nigra* vs. 6,0–7,5 mm nas vespas), pode ter relevância reduzida na formação da imagem de procura a distâncias típicas de ataque, sendo que sirfídeos compensam essa diferença por comportamentos como a agitação de pernas dianteiras simulando antenas (Waldbauer,

1970), sugerindo que a seleção natural atua sobre traços morfológicos e comportamentais de forma integrada (Srygley, 1999). O menor porte corporal de *S. nigra* em relação aos modelos (abdômen: 9,9 vs. 13,1 mm; TPP: 11,0 vs. 16,9 mm) é consistente com a literatura, que indica que mímicos batesianos podem ser significativamente menores que seus modelos sem comprometer a eficácia mimética, desde que compartilhem os traços-chave (Taylor, 2022; Ruxton et al., 2018). Esse padrão de seleção heterogênea sobre traços distintos é consistente com a noção de que a pressão seletiva da predação não atua uniformemente sobre todo o fenótipo, mas prioriza caracteres com maior saliência perceptual para o predador (Endler, 1986; Sherratt, 2002).

A baixa variância nas pernas, em PPP (DP = 0,2 mm) e TPP (DP = 0,2 mm) contrasta com a maior dispersão em tórax (DP = 0,4 mm) e asa (DP = 0,5 mm), sugerindo seleção estabilizadora sobre traços mais salientes para predadores e menor restrição sobre caracteres subordinados ao reconhecimento mimético (Gould e Lewontin, 1979). Esse padrão de variância diferencial é uma previsão direta da teoria de que a intensidade da seleção é proporcional à importância ecológica do traço (Sherratt, 2002; Chatelain et al., 2023).

O padrão cromático preto com marcações brancas laterais e dorsais constitui um sinal aposemático típico de vespas Sphecidae, que utilizam esses contrastes para comunicar impalatabilidade e capacidade de defesa aos predadores (Ruxton et al., 2018; Chatelain et al., 2023). A reprodução fiel desse molde por *S. nigra* indica convergência cromática direta entre o sirfídeo mímico e seus modelos. A presença de manchas brancas em posições correspondentes nos três táxons sugere que a seleção mimética atua especificamente sobre a distribuição espacial desses contrastes, que são percebidos como o principal sinal de "vespa" pelo sistema visual de predadores (Taylor et al., 2022). *Zethus* aff. *romandinus* compartilha com *S. nigra* manchas brancas no topo da cabeça e pernas de coloração mais clara, reforçando a hipótese de que *S. nigra* não se limita a imitar um único modelo, mas explora um sinal aposemático generalizado compartilhado por múltiplos membros da comunidade de vespas esfecidas simpátricas, configurando o que a literatura denomina "complexo mimético" (Chatelain et al., 2023).

A eficácia do mimetismo batesiano depende da assimetria de palatabilidade entre mímico e modelo. Vespas esfecidas são impalatáveis e portam ferrão com veneno

(Schmidt, 1986; Ruxton et al., 2018), enquanto *S. nigra*, como sirfideo, é desprovida de defesas químicas e completamente palatável (Waldbauer, 1988; Gilbert, 2005). A seleção natural favorece, portanto, a convergência fenotípica do mímico com o modelo sem que aquele incorra nos custos metabólicos da defesa química (Brower, 1960; Pfennig et al., 2001). O menor porte corporal de *S. nigra* é consistente com esse pressuposto, indicando que a convergência se dá em traços-chave perceptuais sem necessidade de replicar o porte defensivo do modelo (Raposo e Sherratt, 2025).

A sincronia de atividade entre modelos e mímico (pico conjunto às 9h) representa seleção natural atuando sobre o comportamento de forrageamento. A análise da distribuição horária revelou que as moscas não apresentam atividade em horários em que vespas estejam ausentes, com apenas um indivíduo de *S. nigra* registrado às 11h, horário em que nenhuma vespa estava ativa. Esse dado é especialmente relevante porque descarta a hipótese de que a sobreposição temporal seja meramente acidental ou resultado de uma janela de atividade genérica compartilhada por insetos voadores. Pelo contrário, o declínio paralelo da atividade de ambos os grupos sugere que as moscas sincronizam sua atividade com a dos modelos, maximizando o período de exposição ao sinal aposemático compartilhado e minimizando o risco de serem detectadas fora do contexto mimético (Waldbauer, 1988; Hassall et al., 2019).

A coleta simultânea de vespas e moscas no mesmo micro-habitat indica sobreposição espacial efetiva, outro pré-requisito essencial para o mimetismo batesiano (Brower, 1960; Mallet e Joron, 1999). Essa sobreposição assegura que os predadores encontrem o mímico e o modelo no mesmo ambiente, permitindo que a aversão aprendida contra o modelo se transfira ao mímico por generalização do sinal (Pfennig et al., 2001; Ruxton et al., 2018). Esse padrão não é explicável por coincidência filogenética ou ambiental genérica, uma vez que *S. nigra* não apresentou atividade desacompanhada de vespas, exceto o registro isolado às 11h. Esse ajuste comportamental é consistente com a hipótese de que a seleção natural otimiza o momento de exposição do mímico para coincidir com o período em que o sinal aposemático do modelo é mais evidente aos predadores (Waldbauer, 1988; Hassall et al., 2019).

Em síntese, os dados morfométricos, estatísticos e comportamentais convergem para caracterizar *S. aff. nigra* como um mímico batesiano de alta fidelidade. A ausência de diferenças significativas para cabeça, asa e pernas (PPP), combinada à sobreposição

temporal e espacial com os modelos, indica que a espécie explora de forma integrada a convergência morfológica, a sincronia temporal e o uso compartilhado de micro-habitat com suas vespas modelo. Embora *S. nigra* seja significativamente menor em diversos traços, desprovida de ferrão e inofensiva, a combinação de caracteres miméticos convergentes e comportamento sincronizado reduz efetivamente a pressão de predação (Ruxton et al., 2018; Brower, 1960; Pfennig et al., 2001). A convergência com múltiplos gêneros de vespas (*Ammophila*, *Eremnophila*, *Zethus*) sugere que o mímico explora um sinal aposemático generalizado, em vez de replicar uma única espécie modelo, o que amplia a proteção, pois predadores orientados visualmente como aves são expostos a múltiplos modelos reforçando o mesmo sinal (Brower, 1960; Mallet e Joron, 1999; Ruxton et al., 2018).

Por fim, o tamanho amostral reduzido de vespas ($n = 7$), especialmente *Z. romandinus* ($n = 1$), limita a identificação de modelo preferencial e a robustez das comparações estatísticas. Ademais, não foram conduzidos experimentos de predação direta que confirmassem a eficácia do mimetismo em campo. Estudos futuros com amostras maiores, experimentos com predadores e análise da base genética da convergência mimética são necessários para compreender os mecanismos que mantêm esse sistema no cerrado, um bioma sob forte pressão antrópica cuja perda de biodiversidade pode comprometer a integridade de sistemas miméticos (Diniz et al., 2010; Hassall et al., 2019).

5. CONCLUSÃO

Os dados deste estudo indicam que *Salpingogaster aff. nigra* constitui um mímico batesiano das vespas esfecidas no cerrado do Triângulo Mineiro, com convergência morfológica, sincronia temporal e compartilhamento de micro-habitat como componentes centrais desse sistema mimético. O padrão cromático preto com manchas brancas em regiões homólogas, a semelhança na silhueta corporal e a sobreposição alar reforçam a hipótese de que a espécie explora um sinal aposemático generalizado reconhecido por predadores visuais.

A análise morfométrica mostrou que a semelhança é mais forte em traços perceptualmente relevantes, como cabeça, asa e PPP, enquanto antena, abdômen e TPP mantêm diferenças significativas, o que sugere seleção natural atuando de forma diferenciada sobre cada caráter. Além disso, a baixa variância em PPP e TPP aponta para seleção estabilizadora sobre os traços mais importantes para a eficácia mimética.

A sincronia de atividade, com pico conjunto às 9h, e o uso do mesmo micro-habitat indicam que o mimetismo não se limita à aparência, mas envolve também comportamento e ecologia. Em conjunto, esses resultados sustentam que o mimetismo em *S. aff. nigra* é funcional e adaptativo, reduzindo a pressão de predação ao reproduzir um conjunto integrado de sinais visuais e temporais associados às vespas modelo.

Por fim, este trabalho amplia o conhecimento sobre mimetismo em ambientes neotropicais e destaca o Cerrado como um cenário importante para estudos de interação predador-presa e evolução por seleção natural. Estudos futuros com amostras maiores e experimentos diretos de predação poderão testar com maior precisão a eficácia ecológica desse sistema e sua variação ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS

- BATES, H. W. Contributions to an insect fauna of the Amazon Valley. **Transactions of the Linnean Society of London**, v. 23, p. 495-566, 1862. DOI: 10.1111/j.1096-3642.1860.tb00146.x.
- BROWER, J. V. Z. Experimental studies of mimicry. IV. The reactions of starlings to different proportions of models and mimics. **The American Naturalist**, v. 94, n. 877, p. 271-282, 1960.
- BROWN, J. S.; LAUNDRE, J. W.; GURUNG, M. The ecology of fear: Optimal foraging, game theory, and trophic interactions. **Journal of Mammalogy**, v. 80, n. 2, p. 385-399, 1999.
- BURKE, N. W.; KNAPWERTH, L. Strategic deployment of secondary defences in the springbok mantis (*Miomantis caffra*). **Ethology**, e13573, 2025. DOI: 10.1111/eth.13573.
- CHATELAIN, P. et al. Müllerian mimicry among bees and wasps: A review of current knowledge and future avenues of research. **Biological Reviews**, v. 98, p. 1310-1328, 2023.
- CHAZOT, N. et al. Patterns of species, phylogenetic and mimicry diversity of clearwing butterflies in the Neotropics. In: PELLENS, R.; GRANDCOLAS, P. (ed.). **Biodiversity conservation and phylogenetic systematics**. [S.l.]: Springer, 2016. p. 333-354.
- CHITTKA, L.; THOMSON, J. D. (ed.). **Cognitive ecology of pollination: Animal behaviour and floral evolution**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- COLLI, G. R.; VIEIRA, C. R.; DIANESE, J. C. Biodiversity and conservation of the Cerrado: recent advances and old challenges. **Biodiversity and Conservation**, v. 29, p. 2365-2381, 2020. DOI: 10.1007/s10531-020-01967-x.
- CUSHING, P. E. Myrmecomorphy and myrmecophily in spiders: A review. **Florida**

Entomologist, v. 80, n. 2, p. 165-193, 1997.

DEL-CLARO, K. Camuflagem, aposematismo e mimetismo. **Ciência Hoje**, v. 12, n. 2, p. 54-55, 1991a.

DEL-CLARO, K. A função defensiva da coloração animal. **Anais de Etologia**, v. 14, p. 175-183, 1996.

DEL-CLARO, K.; OLIVEIRA, P. S. Honeydew flicking by treehoppers provides cues to potential tending ants. **Animal Behaviour**, v. 51, p. 1071-1075, 1996.

DEL-CLARO, K.; OLIVEIRA, P. S. Conditional outcomes in a neotropical treehopper-ant association: Temporal and species-specific variation in ant protection and homopteran fecundity. **Oecologia**, v. 124, p. 156-165, 2000.

DEL-CLARO, K.; SANTOS, J. C. A função de nectários extraflorais em plantas do cerrado. In: CAVALCANTI, T. B. et al. (ed.). **Tópicos atuais em Botânica**. [S.l.]: Embrapa, 2000. p. 174-203.

DEL-CLARO, K.; STEFANI, V.; OLIVEIRA, P. S. Evidence of climate change effects on insect diversity. In: GONZÁLEZ-TOKMAN, D.; DÁTTILO, W. (ed.). **Effects of climate change on insects**. [S.l.]: Oxford University Press, 2024. cap. 10. DOI: 10.1093/oso/9780192864161.003.0010.

DEL-CLARO, K.; VASCONCELLOS-NETO, J. Os padrões de coloração animal: Exemplos na Serra do Japi. In: MORELLATO, L. P. C. (ed.). **História natural da Serra do Japi**. [S.l.]: Unicamp/Fapesp, 1992. p. 288-308.

ENDLER, J. A. **Natural selection in the wild**. Princeton: Princeton University Press, 1986.

FERREIRA, G. V.; NASCIMENTO, F. E. L.; BRAVO, F. Description of a new species of *Parahephaestion* (Coleoptera: Cerambycidae) from Minas Gerais, Brazil, a mimic of Pompilidae wasps. **Zootaxa**, v. 5418, n. 3, p. 271-280, 2024. DOI: 10.11646/zootaxa.5418.3.7.

GARCIA, E. Q. **Frequência e abundância de artrópodos miméticos de Hymenoptera em uma área de cerrado de Uberlândia – MG**. 2001. Trabalho de Conclusão de Curso

(Graduação) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2001.

GILBERT, L. E. The evolution of imperfect mimicry. In: RUXTON, G. D.; SHERRATT, T. N.; SPEED, M. P. (Ed.). **Avoiding Attack: The Evolutionary Ecology of Crypsis, Warning Signals and Mimicry**. Oxford: Oxford University Press, 2005. p. 231-255.

GOULD, S. J.; LEWONTIN, R. C. The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: a critique of the adaptationist programme. **Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences**, London, v. 205, n. 1161, p. 581-598, 1979.

GUILFORD, T.; DAWKINS, M. S. Receiver psychology and the evolution of animal signals. **Animal Behaviour**, v. 42, p. 1-14, 1991.

HAIRSTON, N. G.; SMITH, F. E.; SLOBODKIN, L. B. Community structure, population control, and competition. **The American Naturalist**, v. 94, n. 879, p. 421-425, 1960.

HASSALL, C.; BILLINGTON, J.; SHERRATT, T. N. Climate-induced phenological shifts in a Batesian mimicry complex. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 116, n. 3, p. 929-933, 2019.

HORTAL, J. et al. Shortfalls and solutions for meeting national and global conservation area targets. **Conservation Letters**, v. 8, n. 5, p. 329-337, 2015.

KAZEMI, B.; GAMBERALE-STILLE, G.; TULLBERG, B. S.; LEIMAR, O. Stimulus salience as an explanation for imperfect mimicry. **Current Biology**, v. 24, p. 965-969, 2014.

MALLET, J.; JORON, M. Evolution of diversity in warning color and mimicry: Polymorphisms, shifting balance, and speciation. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 30, p. 201-233, 1999.

MÜLLER, F. Über die Vortheile der Mimicry bei Schmetterlingen. **Zoologischer Anzeiger**, v. 1, p. 54-55, 1878.

MÜLLER, F. Ituna and Thyridia: A remarkable case of mimicry in butterflies. **Proceedings of the Entomological Society of London**, p. 20-29, 1879.

OLIVEIRA, P. S. Ant-mimicry in Brazilian salticid spiders. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 33, n. 1, p. 1-15, 1988.

OLIVEIRA, P. S.; SAZIMA, I. The adaptive bases of ant-mimicry in a neotropical aphantochilid spider (Araneae: Aphantochilidae). **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 22, n. 2, p. 145-155, 1984.

PÁEZ, V. E. et al. Phylogeny, systematics and evolution of mimicry patterns in Neotropical limenitidine butterflies. **Systematic Entomology**, v. 51, n. 1, e70007, 2026.

PFENNIG, D. W.; HARCOMBE, W. R.; PFENNIG, K. S. Frequency-dependent Batesian mimicry. **Nature**, v. 410, p. 323, 2001.

PIE, M. R.; DEL-CLARO, K. Male-male agonistic behavior and ant-mimicry in a neotropical richardiid (Diptera: Richardiidae). **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 36, n. 1, p. 1-?, 2001.

PIETREWICZ, A. T.; KAMIL, A. C. Search image formation in the blue jay (*Cyanocitta cristata*). **Science**, v. 204, p. 1332-1333, 1979.

PINHEIRO, C. E. G. Palatability and escaping ability in Neotropical butterflies. **Journal of the Lepidopterists' Society**, v. 50, n. 1, p. 1-10, 1996.

POULTON, E. B. **The colours of animals**: Their meaning and use, especially considered in the case of insects. London: Kegan Paul, Trench, Trubner & Co., 1890.

R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2024.

RAPOSO, M. A.; SHERRATT, T. N. The size of hoverfly mimics relative to their models and its implications for the evolution of mimicry. **Evolutionary Ecology**, v. 39, p. 291-306, 2025.

RIES, L.; MULLEN, S. P. A rare model limits the distribution of its more common mimic: A twist on frequency-dependent Batesian mimicry. **Evolution**, v. 62, n. 7, p. 1798-1803, 2008.

RUXTON, G. D. et al. **Avoiding attack**: The evolutionary ecology of crypsis, aposematism, and mimicry. 2. ed. [S.l.]: Oxford University Press, 2018.

SCHERRER, S.; DINIZ, I. R.; MORAIS, H. C. Climate and host plant characteristics effects on lepidopteran caterpillar abundance on *Miconia ferruginata* DC. and *Miconia pohliana* Cogn (Melastomataceae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, n. 1, p. 103-109, 2010.

SCHMIDT, J. O.; YAMANE, S.; MATSUURA, M.; STARR, C. K. Hornet venoms: lethalities and lethal capacities. **Toxicon**, v. 24, n. 10, p. 950-954, 1986

SHERRATT, T. N. The evolution of imperfect mimicry. **Behavioral Ecology**, v. 13, p. 821-826, 2002.

SOUZA, M. M.; SILVA, I. H. Registro de um ortoptero mimético de vespa social em ambiente de Cerrado. **Jornada Científica e Tecnológica do IFSULDEMINAS**, v. 15, n. 1, 2023. Disponível em: <https://josif.ifsuldeminas.edu.br/ojs/index.php/anais/article/view/964>.

SRYGLEY, R. B. Locomotor mimicry in *Heliconius* butterflies: Contrast analyses of flight morphology and kinematics. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B**, v. 354, n. 1380, p. 203-214, 1999.

STUCKERT, A. M. M. et al. The genomics of mimicry: Gene expression throughout development provides insights into convergent and divergent phenotypes in a Müllerian mimicry system. **Molecular Ecology**, v. 30, n. 16, p. 4039-4061, 2021. DOI: 10.1111/mec.16024. Retracted in: **Molecular Ecology**, v. 33, n. 8, e17345, 2024. DOI: 10.1111/mec.17345.

SUGIURA, S. Beetle bombing always deters praying mantises. **PeerJ**, v. 9, e11657, 2021.

TAYLOR, C. H. Body size in Batesian mimicry. **Evolutionary Ecology**, v. 37, p. 233-243, 2022. DOI: 10.1007/s10682-022-10204-6.

TINBERGEN, L. The natural control of insects in pinewoods: I. Factors influencing the intensity of predation by some birds. **Archives Néerlandaises de Zoologie**, v. 13, n. 3, p.

265-343, 1960.

WALDBAUER, G. P. Mimicry of hymenopteran antennae by Syrphidae. **Psyche**, v. 77, n. 1, p. 45-49, 1970.

WALDBAUER, G. P. Asynchrony between Batesian mimics and their models. **The American Naturalist**, v. 131, p. S103-S121, 1988.

WALDBAUER, G. P. **How not to be eaten: The insects fight back**. [S.l.]: University of California Press, 2012.

WALLACE, A. R. **Darwinism**. [S.l.]: Macmillan, 1889.

WICKLER, W. **Mimicry in plants and animals**. [S.l.]: McGraw-Hill, 1968.