

ELISANGELA CRISTINA LUIZ SOARES

**INTERAÇÕES ENTRE INSETOS MINADORES E PLANTAS EM UM
FRAGMENTO DE CERRADO NO ESTADO DE SÃO PAULO**

ASSIS

2021

ELISANGELA CRISTINA LUIZ SOARES

**INTERAÇÕES ENTRE INSETOS MINADORES E PLANTAS EM UM
FRAGMENTO DE CERRADO NO ESTADO DE SÃO PAULO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Letras, Assis, para a obtenção do título de Mestre em Biociências (Área de Conhecimento: Caracterização e Aplicação da Diversidade Biológica).

Orientadora: Veridiana de Lara Weiser Bramante

Bolsista: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

ASSIS

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Ana
Cláudia Inocente Garcia - CRB 8/6887

S676i Soares, Elisangela Cristina Luiz
Interações entre insetos minadores e plantas em um
fragmento de cerrado no estado de São Paulo / Elisangela
Cristina Luiz Soares. Assis, 2021.
56 p. : il.

Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual
Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Letras, Assis
Orientadora: Dra. Veridiana de Lara Weiser Bramante

1. Interação planta-inseto. 2. Herbivoria. 3. Savanas.
4. Biodiversidade. 5. Botânica - Ecologia - Brasil. I. Título.

CDD 577



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Assis



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: INTERAÇÕES ENTRE INSETOS MINADORES E PLANTAS EM UM FRAGMENTO DE CERRADO NO ESTADO DE SÃO PAULO

AUTORA: ELISANGELA CRISTINA LUIZ SOARES

ORIENTADORA: VERIDIANA DE LARA WEISER BRAMANTE

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em BIOCÊNCIAS, área: Caracterização e Aplicação da Diversidade Biológica pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. VERIDIANA DE LARA WEISER BRAMANTE (Participação Virtual)
UNESP/FC-BAURU / Departamento de Ciências Biológicas

Pesquisador Dr. JULIANA CRISTINA SODÁRIO CRUZ (Participação Virtual)
Polo Centro Oeste - Sede Bauru / Agência Paulista de Tecnologia do Agronegócio - APTA

Profa. Dra. INÊS CECHIN (Participação Virtual)
Departamento de Ciências Biológicas / UNESP/FC-Bauru

Assis, 08 de março de 2021

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus pela oportunidade de cursar o mestrado e condições para que eu conseguisse finalizá-lo.

A minha família, pelo apoio emocional e suporte durante todo esse tempo.

Meu companheiro, Giovane Pinhal, por toda paciência, disposição e apoio emocional, não sei o que teria feito sem você.

As minhas amigas Luana Rapozo e Karolyne Sousa, que me aguentaram e me apoiaram em tudo que podiam para que eu pudesse realizar meus sonhos.

A minha orientadora Veridiana de Lara Weiser Bramante por todo apoio e suporte durante todos estes anos, aprendi muito e espero continuar aprendendo. Suas contribuições foram muitas e valiosas tanto na minha formação acadêmica quanto pessoal.

A minha amiga Solange dos Santos que compartilhou comigo momentos de alegria, angústia e preocupações.

Ao meu amigo Bruno Caffeu e Lívia Maysa, que me ajudaram no campo e em momentos no laboratório UNBA.

Aos meus amigos Fontebasso e Mayre que me auxiliaram na identificação dos insetos a nível de família.

E a todos quantos me acompanharam nesta jornada.

Meus mais sinceros agradecimentos a todos!

SOARES, Elisangela Cristina Luiz. **Interações entre insetos minadores e plantas em um fragmento de cerrado no estado de São Paulo**. 2021. 52 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Biociências - Interunidades) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Letras, Assis, 2021.

RESUMO

Insetos minadores são indivíduos que tem a capacidade de penetrar a epiderme vegetal e se desenvolver alimentando-se do parênquima e/ou células epidérmicas destes vegetais. Existem quatro ordens descritas como minadoras: Lepidoptera, Diptera, Hymenoptera e Coleoptera. Os trabalhos realizados com insetos minadores no cerrado enfatizam o agronegócio e analisam apenas a associação de uma espécie minadora com uma espécie vegetal específica. No capítulo 1 intitulado: “Abundância de insetos minadores e atributos foliares das plantas”, nossos objetivos foram avaliar quais atributos foliares, textura, margem, indumento, cera, glândula e área foliar, favorecem ou dificultam a herbivoria foliar por insetos minadores. Coletamos 1050 folhas de 35 indivíduos de 15 espécies arbóreas nativas do cerrado. Classificamos as folhas de acordo com os atributos foliares e determinamos a abundância de minas. Os resultados das análises estatísticas mostraram que existe diferença significativa da abundância de minas entre as categorias dos atributos textura foliar, cera e área foliar. Também notamos que a sazonalidade aparentemente não influencia o desenvolvimento dos insetos minadores. No capítulo 2, intitulado: “Insetos minadores e plantas do cerrado” verificamos se há associação entre os insetos minadores e os hábitos das plantas, o tipo de mina produzida, o local do início da mina e o local da crisálida. Coletamos as folhas contendo larvas vivas, mensalmente, durante um ano e monitoramos o seu desenvolvimento até a crisálida do inseto minador. Dos 309 indivíduos que coletamos na fase larval, somente 153 atingiram a fase adulta. Verificamos o predomínio da mina do tipo serpentina e a existência de associação entre os insetos minadores e os hábitos herbáceo, arbóreo e trepador das plantas, o tipo de mina produzida, o local do início da mina e o local da crisálida. Cada associação parece ser influenciada pelas características dos insetos minadores e das plantas.

Palavras-chave: interação inseto-plantas, herbivoria, minas foliares, savana.

SOARES, Elisangela Cristina Luiz. **Interactions between mining insects and plants in a cerrado fragment in the state of São Paulo**. 2021. 52 f. Dissertation (Masters in Bioscience) – São Paulo State University (UNESP), School of Sciences, Humanities and Languages, Assis, 2021.

ABSTRACT

Mining insects are individuals that can penetrate the plant epidermis and develop by feeding on the parenchyma and/ or epidermal cells of these plants. Four orders are described as miners: Lepidoptera, Diptera, Hymenoptera and Coleoptera. The work conducted with mining insects in the *cerrado* emphasize agribusiness and analyze only the association of a mining species with a specific plant species. In Chapter 1 entitled “Abundance of mining insects and leaf attributes of plants” our objectives were to assess which leaf attributes, texture, margin, indument, wax, gland and leaf area, favor or impede leaf herbivory by mining insects. We collected 1050 leaves from 35 individuals from 15 tree species native to the *cerrado*. We classify the leaves according to the leaf attributes and determine the abundance of mines. The results of the statistical analysis showed that there is a significant difference in the abundance of mines between the categories of leaf texture, wax and leaf area attributes. We also note that seasonality does not appear to influence the development of mining insects. In chapter 2, entitled: “Mining insects and *cerrado* plants”, we check whether there is an association between mining insects and plant habits, the type of mine produced, the location of the mine's start and the location of the chrysalis. We collect live larvae inside the leaves, monthly, for one year and monitor their development until the chrysalis of the mining insect. Of the 309 individuals, we collected in the larval stage, only 153 reached adulthood. We verified the predominance of the serpentine mine and the existence of an association between mining insects and plant herbaceous, arboreal and climbing plants habits, the mine type, the location of the mine's start and the location of the chrysalis. Each association might be influenced by the characteristics of mining insects and the plants.

Keywords: insect-plant interaction, herbivory, leaf-mines, savannah.

SUMÁRIO

CONSIDERAÇÕES INICIAIS	7
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11
CAPÍTULO 1- ABUNDÂNCIA DE INSETOS MINADORES E ATRIBUTOS FOLIARES DAS PLANTAS.....	13
MATERIAS E MÉTODOS	14
Área de Estudo	14
Amostragem.....	15
Análise dos dados.....	19
RESULTADOS	20
DISCUSSÃO.....	26
CONCLUSÃO	28
REFERÊNCIAS BIBLIGRÁFICAS.....	28
CAPÍTULO 2 – INSETOS MINADORES E PLANTAS DO CERRADO.....	34
MATERIAS E MÉTODOS	35
Área de estudo.....	35
Amostragem.....	36
Análise dos dados.....	37
RESULTADOS	37
DISCUSSÃO.....	46
CONCLUSÃO	49
REFERENCIAS BIBLIGRÁFICAS.....	49
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
ANEXO 1	54
ANEXO 2	55

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os insetos minadores possuem uma fase larval na qual penetram na epiderme vegetal e se alimentam do parênquima e ou de células epidérmicas da planta (BRITO-RAMOS; ALMEIDA-CORTEZ; ALVES, 2010) durante o seu desenvolvimento. Essa interação inseto-planta é considerada um tipo de herbivoria (DAI; XU, 2015; HERING, 1951; LIU; SINCLAIR; HUGHES, 2010). Estes insetos podem ser encontrados em frutos, ramos, raízes e principalmente nas folhas das plantas (CONNOR; TAVERNER, 1997; HERING, 1951;). Este tipo de interação pode ser confundido com o parasitismo, uma vez que, a larva penetra em alguma estrutura da planta e se alimenta da mesma enquanto se desenvolve. Porém, autores como Araújo et al. (2003) definem parasitas como qualquer forma de vida ou composto orgânico capaz de se multiplicar e que encontram seu nicho ecológico em outra forma de vida. Ao considerar a reprodução como parte indispensável para um organismo parasita, constatamos que a interação minadores-planta não se trata de uma interação de parasitismo, mas sim de herbivoria.

Assim que a larva perfura e penetra a epiderme foliar, ela começa a se alimentar, formando túneis ao longo do parênquima e abaixo da epiderme, sendo esses túneis denominados de minas (HERING, 1951). No geral, foram definidos quatro tipos de minas (DINIZ et al., 2008; HERING, 1951; NEEDHAM; FROST; TOTHILL, 1928): redonda, caminho, manchão e serpentina. A mina do tipo redonda ocorre quando o túnel inicialmente apresenta um padrão linear e depois se expande assumindo um formato arredondado, que pode variar de circular a oblongo. A mina do tipo caminho ocorre quando o túnel formado pela folha possui uma direção linear. A mina do tipo serpentina é sinuosa, e ocorre quando a larva vai se alimentando de modo a formar curvas ao longo da folha. A mina do tipo manchão ocorre quando a larva faz um túnel largo na folha, consumindo grande parte do parênquima foliar e resultando em uma grande mancha.

Estes insetos podem ser encontrados nos habitats terrestres e aquáticos, em folhas herbáceas a lenhosas (AUERBACH; CONNOR; MOPPER, 1995). Ao serem comparados com insetos folívoros externos (insetos que se alimentam exclusivamente de folhas ao longo da sua vida)

podem ter vantagens ou desvantagens seletivas devido aos seus aspectos comportamentais, biológicos ou ecológicos que surgem como uma consequência secundária do hábito da mineração foliar (CONNOR; TAVERNER, 1997; HERING, 1951). Uma vantagem documentada foi que ao usar a planta como fornecedora de recursos como abrigo e alimento, os minadores conseguem superar com mais facilidade a dessecação, além de se fixarem melhor na folha quando comparados aos folívoros externos (CONNOR; TAVERNER, 1997). Em relação a desvantagem, pesquisas mostraram que as minas não protegem a larva da dessecação em habitats quentes e áridos, pois possuem apenas uma fina camada celular da epiderme para a proteger (AUERBACH; CONNOR; MOPPER, 1995; CONNOR; TAVERNER, 1997). Essas vantagens ou desvantagens também interferem diretamente na riqueza destes insetos minadores (BAIRSTOW et al., 2011). Como estes insetos possuem uma especificidade para se desenvolver, a maioria dos minadores foliares apresentam preferências em relação às plantas (HESPENHEIDE, 1991). Essas preferências podem estar envolvidas com a quantidade e a qualidade do material foliar que eles consomem, assim como estratégias para evitar plantas que possuem investimentos em defesa contra herbivoria como metabólitos secundários ou barreiras físicas foliares como a presença de indumento, glândulas, cera, margem diferenciada e textura específicas.

O estudo dos atributos foliares fornece uma base para a análise das estratégias de defesa das plantas contra herbivoria, que são moldadas ao longo da evolução (REICH; WALTERS; ELLSWORTH, 1992). Essa moldagem é um processo dinâmico, em que as estratégias de defesas das plantas são ajustadas ao longo do processo evolutivo minimizando os danos ocasionados pela herbivoria, enquanto os insetos herbívoros desenvolvem estratégias aperfeiçoando a herbivoria nas plantas. Essas mudanças recíprocas que ocorrem na interação inseto-planta, ao longo da história evolutiva, chamamos de coevolução (EHRlich; RAVEN, 1964). O processo de coevolução tem dois componentes importantes: o espacial (BENKMAN et al., 2003) e o temporal (DECAESTECKER et al., 2007). O componente espacial permite que diferentes locais de um mesmo sistema possam ter uma distribuição diferenciada, devido as condições e recursos distintos encontrados nos locais (BENKMAN et al., 2003). Já o recurso temporal apresenta uma importância notável devido as

mudanças que os organismos realizam para poderem se manter atuantes dentro do nicho ecológico que se encontram (DECAESTECKER et al., 2007).

Neste trabalho, avaliamos abundância de insetos minadores e os atributos foliares das plantas considerando as possíveis estratégias desenvolvidas pelas plantas para diminuir a herbivoria em um fragmento de cerrado no estado de São Paulo. Até 2018, o local deste fragmento de cerrado era conhecido como Reserva Ecológica do Jardim Botânico Municipal de Bauru (JBMB), com predomínio de vegetação pertencente ao Domínio do Cerrado, constituindo um dos maiores fragmentos ainda preservados de cerrado no estado de São Paulo (WEISER, 2007). Em 2018, com a criação do Mosaico de Unidades de Conservação do Cerrado Paulista, que abrange o Refúgio de Vida Silvestre Aimorés e a Área de Relevante Interesse Ecológico Leopoldo Magno Coutinho, compreendendo áreas nos municípios de Agudos, Bauru e Pederneiras (SÃO PAULO, 2018), a reserva ecológica do JBMB, passou a constituir a Gleba II do Refúgio de Vida Silvestre Aimorés, com área de 308,068 ha (SÃO PAULO, 2018), dos quais 280 hectares são de cerrado, com fisionomia florestal conhecida como cerradão.



Figura 1. Mosaico de Unidades de Conservação do Cerrado Paulista localizados nos municípios de Agudos, Bauru e Pederneiras no estado de São Paulo, indicando as glebas da Área de Relevante Interesse Ecológico Leopoldo Magno Coutinho em amarelo e as glebas do Refúgio de Vida Silvestre Aimorés em verde. Fonte: (SÃO PAULO, 2018).

Redigimos a dissertação em dois capítulos. O primeiro capítulo intitulado “Abundância de insetos minadores e atributos foliares das plantas” avalia as características de susceptibilidade das plantas à herbivoria por insetos minadores, considerando os atributos foliares, textura, margem, indumento, glândula, cera e área foliar. O segundo capítulo intitulado “Insetos minadores e plantas do cerrado” avalia a interação dos insetos minadores com os hábitos das plantas e com os tipos de minas produzidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, A. et al. Parasitism, the Diversity of Life, and Paleoparasitology. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 98, n. 1, p. 5-11, 2003.

AUERBACH, M. J.; CONNOR, E. F.; MOPPER. Minor Miners and Major Miners" Population Dynamics of Leaf-Mining Insects. In: **Population Dynamics: New Approaches and Synthesis**. Academic Press, p. 83-110, 1995.

BAIRSTOW, K. A.; CLARKE, K. L.; MCGEOCH, M. A.; ANDREW, N. R. Leaf miner and plant galler species richness on Acacia: relative importance of plant traits and climate. **Oecologia**, n. 163, p. 437–448, 2011.

BENKMAN, C. W. et al. "Reciprocal Selection Causes a Coevolutionary Arms Race between Crossbills and Lodgepole Pine". **The American Naturalist**, v. 162, n. 2, p. 182–194, 2003.

BRITO-RAMOS, A. B.; ALMEIDA-CORTEZ, J. S.; ALVES, M. Caracterização morfológica de minas foliares em espécies de Melastomataceae de Mata Atlântica, PE. **Acta Botanica Brasilica**. v. 24, n. 3, p. 599-604, 2010.

CONNOR, F.; TAVERNER, M. P. The evolution and adaptive significance of the leaf-mining habit. **Oikos**, v. 79, p. 6-25, 1997.

DECAESTECKER, E. et al. "Host–parasite "Red Queen" dynamics archived in pond sediment". **Nature**, v. 450, n. 7171, pp. 870–873, 2007.

DINIZ, I. R. et al. Insetos minadores em *Roupala montana*: comparação entre cerrado queimado e não queimado. **Heringeriana**, Brasília, v. 2, n. 1, p. 47-52, 2008.

EHRlich, P. R.; RAVEN, P. H. Butterflies and Plants: A Study in Coevolution. **Evolution**, 1964, v. 18, n. 4, p. 586-608, 1964.

HERING, E.M. **Biology of the leaf miners**. Berlin, Springer. p.422, 1951.

HESPENHEIDE, H. A. Bionomics of leaf-mining insects. **Annual Review of Entomology**, v. 36, p. 535-560, 1991.

LIU, W. -H.; DAI, X. -H.; XU, J. -S. Influences of leaf-mining insects on their host plants: A review. **Collectanea Botanica**, 2015.

NEEDHAM, J.G.; FROST, S.W.; TOTHILL, D. **Leaf-mining insects**. Baltimore: Williams and Wilkens., p. 351, 1928.

REICH, P. B., WALTERS, M. B.; ELLSWORTH, D. S. Leaf Life-Span in Relation to Leaf, Plant, and Stand Characteristics among Diverse Ecosystems. **Ecological Monographs**, v. 62, n. 3, p. 365–392, 1992.

SÃO PAULO (ESTADO). Resolução SMA 37. **Dispõe sobre os procedimentos preparatórios para a criação do Mosaico de Unidades de Conservação do Cerrado Paulista, que abrange o Refúgio de Vida Silvestre Aimorés e Área de Relevante Interesse Ecológico - ARIE Leopoldo Coutinho, localizados nos Municípios de Agudos, Bauru e Pederneiras – SP.** São Paulo: Diário Oficial do Estado de São Paulo – Meio Ambiente, 04 de abril de 2018.

SINCLAIR, R. J.; HUGHES, L. Leaf mining in the Myrtaceae. **Ecological Entomology**, v. 33, p.623–630, 2008.

WEISER, V. de L. **Árvores, arbustos e trepadeiras do cerradão do Jardim Botânico Municipal de Bauru, SP.** 2007. 111 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

CAPÍTULO 1- ATRIBUTOS FOLIARES E A INCIDÊNCIA DE INSETOS MINADORES EM FOLHAS DE ESPÉCIES CERRADÃO

INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro e apresenta uma expressiva biodiversidade (KLINK; MACHADO, 2005). As variações nas condições edáficas, como textura, fertilidade e composição mineral do solo, influenciam no aspecto geral da sua vegetação, levando à expressão de características como caules tortuosos e súber bem desenvolvido (MORENO; SCHIAVINI; HARIDASAN, 2008).

Estimativas sugerem que a fauna de invertebrados no Cerrado compreenda cerca de 90 mil espécies de insetos (DIAS, 1992; CAMARGO; AGUIAR, 2020; OLIVEIRA; FRIZZAS, 2008; SANTOS DE SOUSA). Dessas espécies, apenas quatro ordens são consideradas minadoras: Lepidoptera, Diptera, Hymenoptera e Coleoptera (HERING, 1951; NEEDHAM; FROST; TOTHILL, 1928).

No Cerrado, pesquisas com insetos minadores são escassas (DINIZ et al., 2008), sendo a maior parte delas voltada para o agronegócio, que classifica esses organismos como insetos-praga (PARRA; VILELA; BENTO, 2002; SANTOS; REDAELLI; DAL SOGLIO, 2007). Há também pesquisadores que estudam a interação ecológica entre insetos e plantas, caracterizando-a como um tipo de herbivoria (BRAGA; CASTELO-BRANCO; ALMEIDA-CORTEZ, 2007; FERNANDES-DE-DEUS, 2017).

Embora as pesquisas sobre insetos minadores estejam avançadas, ainda existem lacunas sobre as características das plantas que atraem os insetos minadores e a ocorrência desta herbivoria. Os atributos foliares textura, margem, indumento, cera e glândulas parecem ser importantes na interação inseto-planta. O tipo de textura pode facilitar ou dificultar a penetração da larva na folha (no caso de insetos minadores) ou estar relacionada a própria preferência alimentar dos insetos folívoros (CONNOR, TAVERNER, 1997; SINCLAIR; HUGHES, 2008). Estudos tem demonstrado que insetos minadores realizam herbivoria em plantas com diferentes texturas (BRITO-RAMOS; ALMEIDA-CORTEZ; ALVES, 2010; DINIZ et al., 2008; KATO, 2015;

YAMAZAKI; SUGIURA, 2008). Mas, qual é a textura foliar mais atrativa para os minadores? Folhas cartáceas por possuírem características intermediárias são as mais herbivorizadas que as de texturas coriácea ou membranácea? A margem foliar pode estar relacionada com a quantidade de recurso alimentar disponível para a larva consumir (POTTER; KIMMERER, 1988), sendo assim, folhas com margens inteiras são mais herbivorizadas do que folhas com outros tipos de margem?

A presença de indumento (POTT; WANG; ZHENG, 2015), cera (EIGENBRODE; JETTER, 2002) e glândulas foliares (NERY; VIEIRA; NETRELLA, 2017) constituem atributos que dificultam a penetração e consequente herbivoria, funcionando como barreiras físicas ou químicas. Estudos verificaram que a presença de indumento em plantas cultivadas como feijão, batata e ervilha (FAGOONEE; TOORY, 1983; WEI et al., 2000) dificulta a herbivoria, será que esse padrão se repete com as plantas de cerrado? A cera possui função de proteção primária desenvolvida por algumas plantas para reduzir a herbivoria (EIGENBRODE; JETTER, 2002), deste modo plantas do cerrado portadoras de cera foliar são menos herbivorizadas por insetos minadores? Em manguezais, algumas espécies de larvas minadoras não consomem folhas com glândulas de sal (CHEN et al., 2016), será que no cerrado, as glândulas de óleos aromáticos constituem uma estratégia de defesa das plantas para evitar o ataque por insetos minadores?

Considerando que os atributos foliares podem representar estratégias de defesa das plantas contra herbivoria, nossos objetivos foram avaliar se folhas de textura cartácea, folhas de margem não inteira, folhas de maior área foliar, folhas desprovidas de indumento, cera ou glândulas apresentam uma maior abundância de minas.

MATERIAS E MÉTODOS

Área de Estudo

Desenvolvemos a pesquisa na Gleba II do Refúgio de Vida Silvestre Aimorés (SÃO PAULO, 2018), com área de 308,68 hectares, sendo a

fisionomia predominante o cerrado. A área situa-se na região sudeste no município de Bauru, centro-oeste do estado de São Paulo, no sudeste do Brasil (WEISER, 2007), nas coordenadas (22°19'41" a 22°21'06"S e 48°59'49" a 49°01'12"O) e altitude com variação de 519 a 603 metros (SFAIR et al., 2010). O clima do município de Bauru é o Cwa de Koeppen (1948), caracterizado por uma estação seca e fria muito curta, em julho e agosto, e uma estação chuvosa e quente, de setembro a junho (WEISER, 2007).

Amostragem

Em 2020, na região sudoeste da Gleba II do Refúgio de Vida Silvestre Aimorés, com fisionomia de cerrado, onde estão localizadas 100 parcelas permanentes de 10 m x 10 m, totalizando um hectare descontínuo (WEISER, 2007), foi realizada uma única coleta durante a estação chuvosa, período caracterizado pela maior abundância e riqueza de insetos minadores (HOPKINS; MEMMOTT, 2003; SANTOS et al., 2009). A coleta de folhas foi realizada em uma parcela de 100 m² sorteada aleatoriamente. Dentro da parcela, amostramos todos os indivíduos arbóreos com número de folhas adultas superior a 60. Adotamos como critério para o hábito arbóreo, vegetais com caules lenhosos, formados por um eixo principal reto, intensamente ramificado no ápice (SOUZA; BEVILACQUA-FLORES; LORENZI, 2019), formando uma copa e para classificar uma folha adulta, aquela que apresenta um limbo foliar maior quando comparado com as folhas jovens, uma coloração mais pronunciada e uma textura mais enrijecida. Estabelecemos como critério folhas adultas porque possuem mais camadas de mesófilo paliádico e/ou uma camada a mais da espessura cuticular, podendo conferir uma vantagem de sobrevivência das larvas ao fornecer mais recursos (alimento e proteção) do que uma folha jovem (FACKNATH, 2005).

Em cada indivíduo, realizamos uma contagem visual prévia e coletamos 30 folhas adultas, evitando rebrotas e folhas jovens. O material vegetal coletado foi acondicionado em sacos plásticos hermeticamente fechados, identificados e levados ao Laboratório Herbário UNBA, onde foram analisados com auxílio de estereoscópio. Para cada folha, registramos as seguintes informações: textura (coriácea, cartácea ou membranácea); indumento

(presença na face adaxial e/ou presença na face abaxial ou ausência); glândulas (presença ou ausência), cera (presença ou ausência), tipo de margem foliar, área foliar e presença ou ausência do inseto minador vivo.

Coletamos folhas de 35 indivíduos arbóreos, igualmente distribuídos em cada tipo de textura, conforme descrição na literatura e de 15 espécies diferentes: espécies de textura foliar do tipo coriácea: *Annona coriacea* Mart. (DURIGAN et al., 2004), *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth (ALEXANDRINO; SOUSA; BASTOS, 2011), *Faramea montevidensis* (Cham. & Schlttdl.) DC. (WANDERLEY et al., 2007), *Ixora gardneriana* Benth. (WANDERLEY et al., 2007), *Rudgea viburnoides* (Cham.) Benth. (WANDERLEY et al., 2007); espécies de textura foliar do tipo cartácea: *Caryocar brasiliense* A.St.-Hil. (OLIVEIRA et al., 2019), *Cordia sessilis* (Vell.) Kuntze (WANDERLEY et al., 2007), *Qualea grandiflora* Mart. (PEREIRA GONÇALVES; ROMERO; TAMAMOTO, 2013) *Qualea multiflora* Mart. (PEREIRA GONÇALVES; ROMERO; TAMAMOTO, 2013), *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. (QUINTELLA LOBÃO, 2016); e espécies de textura foliar do tipo membranácea: *Coccoloba mollis* Casar. (JULLIS PERERA; ALVES, 2018), *Lacistema hasslerianum* Chodat (WANDERLEY et al., 2005) e *Siparuna guianensis* Aubl. (VALENTINI; RODRIGUEZ-ORTÍZ, COELHO, 2010).

Consideramos folhas de textura coriácea as folhas levemente endurecidas que se assemelham ao couro; folhas cartáceas com consistência de papel-cartão e folhas membranáceas com uma grande flexibilidade, podendo dobrar o limbo sem dificuldade (GONÇALVES; LORENZI, 2011). Essa classificação é subjetiva e está relacionada diretamente com a presença e quantidade de esclerênquima foliar (APPEZZATO-DA-GLÓRIA; CARMELLO-GUERREIRO, 2012; BOEGER, 2000; SINCLAIR; HUGHES, 2008). Por esse motivo, utilizamos o método da espessura média foliar, que consiste em medir três pontos da folha, ápice, região intermediária e base e fazer uma média para se determinar a espessura (adaptado de PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2016). Mensuramos a espessura das 300 folhas coletadas, com um paquímetro digital da marca Matriz Tools for Exitance (mtx) calibre digital 150mm. Com o auxílio de um transferidor de 180 graus, delimitamos o ângulo em que a nervura central quebra, denominado ângulo de quebra (AQ), para servir como

complemento da medição da espessura foliar e determinar valores quantitativos reduzindo a subjetividade do atributo textura foliar (Tabela 1).

Classificamos os tipos de margem foliar como: inteira (quase destituída de divisão ou de ondulação marcante), repanda (margens levemente sinuosas, onduladas), crenada (margem dividida em pequenos lobos obtusos e arredondados), serrada (dividida em pequenos lobos agudos direcionados para o ápice), erosa (“dentes” irregularmente dispostos ao longo do comprimento da folha) e crespa (margem excessivamente dividida, ondulada e irregular) (GONÇALVES; LORENZI, 2011).

Tabela 1. Texturas foliares determinadas a partir da variação e média da espessura e do ângulo de quebra (AQ) de 300 folhas. As médias foram obtidas a partir da análise de variação da amplitude. A espessura foi mensurada em mm e o ângulo em graus.

	Nº SPP MENSURADAS	VARIAÇÃO ESPESSURA	MÉDIA ESPESSURA	VARIAÇÃO ÂNGULO DE QUEBRA	MÉDIA ÂNGULO DE QUEBRA
CORIÁCEA	5	0,23-0,69	0,47	70-153	105
CARTÁCEA	4	0,19-0,48	0,32	110-178	146
MEMBRANÁCEA	3	0,10-0,22	0,16	110-178	172

A ausência ou presença de cera foliar, substância lipídica encontrada na parede celular que a torna impermeável à água, podendo estar presente nas camadas da parede ou na própria cutícula e, também, sobre esta última, como ceras epicuticulares (APPEZZATO-DA-GLÓRIA; CARMELLO-GUERREIRO, 2012) foi determinada a partir de dados da literatura (BIERAS; SAJO, 2004, 2009; DONATO; MORRETES, 2011; TEIXEIRA; PÁDUA; CASTRO, 2016).

Detectamos a presença ou ausência de glândulas foliares, tecido especializado em secretar óleo ou outros produtos, às vezes identificadas como proeminências intumescidas (GONÇALVEZ; LORENZI, 2011), com auxílio de zoom de 30x, no Microscópio Estereoscópio da marca Leica, modelo Zoom 2000.

A área foliar é um parâmetro utilizado para monitorar a produtividade da planta, isto é, um indicador do crescimento planta (FAVARIN et al., 2002) ou

um indicador do potencial recurso alimentar, servindo como atrativo para a herbivoria. Para estimar a área foliar, coletamos cinco folhas adultas, dos 35 indivíduos amostrados, totalizando 175 folhas. Fotografamos as folhas utilizando uma régua como escala (Figura 2) e estimamos a área foliar (cm²) com o auxílio do software Image J (<https://ij.imjoy.io>).



Figura 1. Montagem das folhas de *Cordiera sessilis* (Vell.) Kuntze para estimar a área foliar no Image J. Fonte: Foto de Bruno Pazold Caffeu.

De acordo com o tamanho da área foliar, determinamos três categorias de recursos alimentares: pouco recurso (PR), médio recurso (MR) e alto recurso (AR). Para as folhas compostas, realizamos a média da área foliar entre os folíolos. Para a definição das categorias, calculamos a mediana de 175 folhas analisadas, obtendo o valor de 49,29 cm². A partir deste valor, delimitamos que a categoria pouco recurso compreende o valor entre a menor área foliar e a mediana entre a menor área e 49,29 cm², cujo valor foi de 29,88 cm² (Tabela 2). A categoria alto recurso compreende o valor entre a maior área foliar e a mediana entre a maior área e 49,29 cm², cujo valor foi de 64,62 cm² (Tabela 2). Restando, para o médio recurso os valores entre as medianas calculadas, ou seja, de 29,88 cm² a 64,62 cm² (Tabela 2.) Calculamos a mediana para ter uma noção sobre a tendência central da área foliar, uma vez que temos uma grande variação de dados referentes a área foliar.

Quando detectamos a presença do inseto minador vivo na sua fase larval e consumindo a folha, revestimos o pecíolo da folha com algodão, aplicamos água e em seguida depositamos a folha em um saco hermeticamente fechado e acompanhamos o desenvolvimento do animal (SANTOS; REDAELLI; SOGLIO, 2007) em laboratório, ambiente que não possuía refrigeração e mantinha condições semelhantes às do ambiente externo. O inseto desenvolvido foi conservado individualmente em um frasco contendo álcool 70% e, posteriormente, encaminhado para identificação.

Tabela 2. Variação da área foliar (cm²), juntamente com as suas respectivas medianas, feitas em 175 folhas. Foi feita uma análise de variação de amplitude para realizar as médias.

	POUCO RECURSO	MÉDIO RECURSO	ALTO RECURSO
VARIAÇÃO DA MEDIANA	7,78- 29,88	29,88-64,62	64,62-184,00

Análise dos dados

Considerando que os dados amostrados não se mostraram paramétricos pelo teste de normalidade de Shapiro-Wilk, realizamos as análises utilizando o teste de Kruskal-Wallis para os atributos textura, margem e indumento. Utilizamos os testes *post hoc* de comparação múltiplas de Tukey para textura e o teste de Dunn para os atributos margem e indumento, com o intuito de detectar em qual categoria desses atributos houve diferença estatística. Neste caso, consideramos os atributos como sendo variáveis independentes, uma vez que cada folha pode ter uma variação de características por atributo. Consideramos como variável dependente, o número de minas encontradas por indivíduo.

Realizamos o teste de Mann-Witney, para avaliar se houve diferença estatística entre dois fatores independentes sob um fator dependente, considerando os fatores presença e ausência considerados independentes nos atributos cera e glândulas foliares.

Para o atributo área foliar utilizamos a análise ANOVA *on rank* seguida do teste *post hoc* de Tukey.

Utilizamos a análise do Qui-quadrado, para verificar se existe uma diferença percentual significativa entre as variáveis qualitativas presença e ausência de mina em relação as espécies vegetais amostradas.

Todas as análises foram realizadas por meio do programa Sigmaplot versão 14.0 (SYSTAT SOFTWARE Inc., 2018), com os valores significativos de $p < 0,05$.

RESULTADOS

Coletamos 1050 folhas de 35 indivíduos, pertencentes a 15 espécies. Observamos que a família Rubiaceae foi a mais abundante, representando aproximadamente 43% do número total de indivíduos (Tabela 3). É importante salientar que as minas foram encontradas em ambas as faces (Figura 2).



Figura 2. Minas encontradas nas regiões abaxial e adaxial concomitantemente, em folhas de *Cordia sessilis* e *Machaerium acutifolium*, coletadas na Gleba II do Refúgio de Vida Silvestre Aimorés, no município de Bauru, estado de São Paulo. Fonte: autoria própria.

Tabela 3. Lista florística das espécies arbóreas nativas do cerrado portadora de minas foliares na Gleba II do Refúgio de Vida Silvestre Aimorés, no município de Bauru, estado de São Paulo.

FAMÍLIA/ESPÉCIE	NÚMERO DE INDIVÍDUOS (N)
BURSERACEAE	
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	2
COMBRETACEAE	
<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.	3
ERYTHROXYLACEAE	
<i>Erythroxylum pelleterianum</i> A.St.-Hil.	1
FABACEAE	
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	2
LACISTEMATACEAE	
<i>Lacistema hasslerianum</i> Chodat	1
LAURACEAE	
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez	3
MELASTOMATACEAE	
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Steud.	1
MELIACEAE	
<i>Trichilia pallida</i> Sw.	2
MYRTACEAE	
<i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC.	1
RUBIACEAE	
<i>Cordia sessilis</i> (Vell.) Kuntze	8
<i>Coussarea hydrangeifolia</i> (Benth.) Benth. & Hook.f. ex Müll.Arg.	4
<i>Faramea montevidensis</i> (Cham. & Schltl.) DC.	2
<i>Ixora gardneriana</i> Benth.	2
<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.	1
SIPARUNACEAE	
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	2
TOTAL	35

Encontramos apenas duas larvas minadores vivas. Um no folíolo de *Machaerium acutifolium* Vogel, que morreu na fase larval, impossibilitando sua identificação e o outro, em uma folha de *Terminalia glabrescens* Mart. Este último, mostrou ser um indivíduo parasita da ordem Hymenoptera, possivelmente da família Chalcididae.

Encontramos 219 minas (Tabela 4). Dentre as 30 folhas coletadas por indivíduo, um indivíduo de *Cordia sessilis* apresentou o maior número de folhas minadas, seguido por um indivíduo de *Machaerium acutifolium* (Tabela 4). Apenas um indivíduo não apresentou nenhuma mina (Tabela 4).

Tabela 4. Número de minas encontradas nos 35 indivíduos amostrados na parcela permanente, na Gleba II do Refúgio de Vida Silvestre Aimorés, no município de Bauru, estado de São Paulo.

NÚMERO DO INDIVÍDUO	ESPÉCIE	NÚMERO DE MINAS
<i>Cordia sessilis</i>		
2		13
7		9
9		13
13		20
15		6
22		6
31		0
32		12
<i>Coussarea hydrangeifolia</i>		
6		4
10		6
19		6
34		1
<i>Erythroxylum pelleterianum</i>		
28		8
<i>Faramea montevidensis</i>		
20		5
27		4
<i>Ixora gardneriana</i>		
18		4
21		2
<i>Lacistema hasslerianum</i>		
26		5
<i>Machaerium acutifolium</i>		
29		17
33		14
<i>Miconia albicans</i>		
12		3
<i>Myrcia multiflora</i>		
8		3
<i>Ocotea pulchella</i>		
5		6
16		5

continuação

ESPÉCIE	
NÚMERO DO INDIVÍDUO	NÚMERO DE MINAS
30	4
<i>Protium heptaphyllum</i>	
14	4
17	2
<i>Rudgea viburnoides</i>	
4	8
<i>Trichilia pallida</i>	
1	2
3	1
<i>Siparuna guianensis</i>	
25	7
35	7
<i>Terminalia glabrescens</i>	
11	2
23	8
24	2

Quanto a textura foliar, constatamos que a textura cartácea foi a mais frequente, seguida por coriácea e membranácea (Tabela 5). Na análise estatística de Kruskal-Wallis, verificamos que há diferença significativa entre a abundância de minas nas folhas de diferentes texturas ($p < 0,001$). A análise de Dunn's apontou que essa diferença ocorreu na comparação entre os pares cartácea x coriácea ($p < 0,05$) e cartácea x membranácea ($p < 0,05$). Folhas com textura cartácea apresentaram uma maior abundância de minas, isto é, uma herbivoria significativamente maior.

A análise de Kruskal-Wallis não indicou diferença significativa entre a abundância de minas nos diferentes tipos de margens foliares ($p > 0,05$) e nem nas folhas com presença ou ausência de indumento ($p = 0,287$).

Observamos a presença de cera em indivíduos das espécies *Cordia sessilis*, *Erythroxylum pelleterianum*, *Machaerium acutifolium*, *Myrcia multiflora*, *Ocotea pulchella*, *Protium heptaphyllum*, *Rudgea viburnoides*, *Siparuna guianensis* (Tabela 5). O teste de Mann-Witney mostrou que houve diferença estatística ($p < 0,001$) entre a abundância de minas nas folhas com presença e

ausência de cera. Folhas providas com cera apresentaram uma herbivoria significativamente maior, isto é, uma maior abundância de minas quando comparadas com folhas desprovidas de cera.

Observamos que as espécies que apresentaram glândulas foram *Myrcia multiflora*, *Ocotea pulchella* e *Siparuna guianensis* (Figura 3). O teste de Mann-Witney mostrou que não houve diferença estatística ($p = 0,266$) entre a abundância de minas nas folhas com presença e ausência de glândulas.

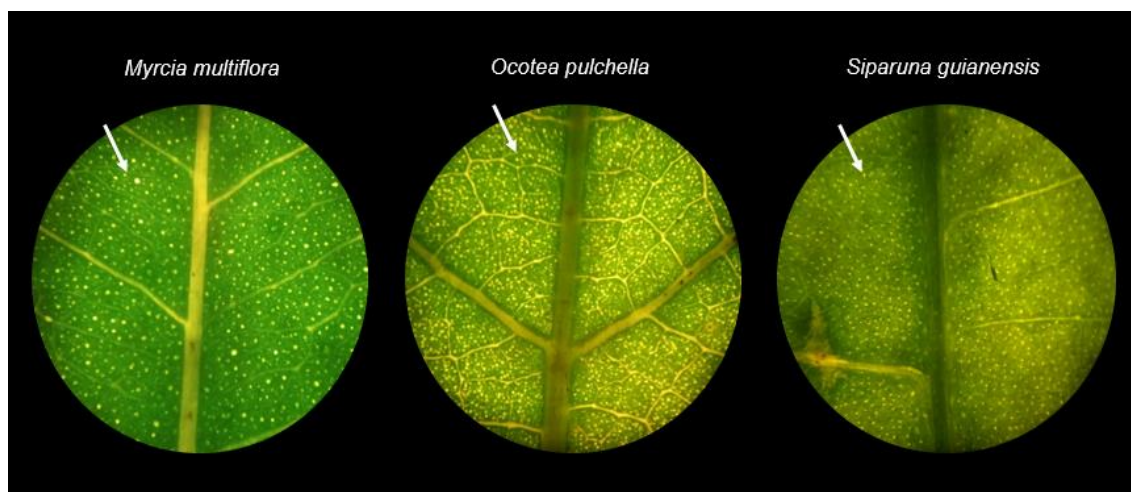


Figura 3. Pontuações translúcidas em *Myrcia multiflora*, *Ocotea pulchella* e *Siparuna guianensis* em um aumento de 30x no Microscópio Estereoscópio da marca Leica, modelo Zoom 2000. A seta aponta para um exemplar de pontuação translúcida foliar. Fonte: Fotos de Bruno Pazold Caffeu.

A ANOVA *on ranks* mostrou que existe diferença estatística na abundância de minas em folhas com diferentes tamanhos de áreas foliares ($p = 0,001$). O teste *post hoc* de Tukey indicou que a diferença ocorreu nas comparações pouco recurso x alto recurso ($p < 0,05$) e pouco recurso x médio recurso ($p < 0,05$). Folhas com área foliar intermediária apresentaram herbivoria por insetos minadores significativamente maiores, evidenciada pela maior abundância de minas nas folhas com alocação média de recursos.

O teste do qui-quadrado ($X^2 = 80,361$, G.L. = 16, $p < 0,001$) mostrou que a *Machaerium acutifolium*, *Codiera sessilis* e *Ocotea pulchella* apresentaram uma abundância significativamente maior de insetos minadores do que as demais espécies (Tabela 6), o que indica que essas espécies apresentaram uma herbivoria significativamente maior do que as outras espécies.

Tabela 5. Relação dos atributos foliares dos indivíduos das espécies da Gleba II do Refúgio de Vida Silvestre Aimorés, no município de Bauru, estado de São Paulo. No indumento, avaliou-se a presença na região adaxial (Pad), presença na região abaxial (Pab) e ausência (A). Quanto a glândula e a cera, avaliaram-se a presença (P) e ausência (A). Os três tipos de textura foram classificados como coriácea (Co), cartácea (Ca) e membranácea (M). Área foliar classificada como pouco recurso (PR), médio recurso (MR) e alto recurso (AR).

Espécies	Nº indivíduos	Indumento (Pad/Pab/A)	Glândula (P/A)	Cera (P/A)	Tipo de margem foliar	Textura Foliar (M, Ca, Co)	Área Foliar (PR/MR/AR)
<i>Cordia sessilis</i>	8	A	A	P	Inteira	Ca	MR
<i>Coussarea hydrangeifolia</i>	4	A	A	A	Inteira	M	AR
<i>Erythroxylum pelleterianum</i>	1	A	A	P	Revoluta	M	PR
<i>Faramea montevidensis</i>	2	A	A	A	Inteira	Co	MR
<i>Ixora gardneriana</i>	2	A	A	A	Inteira	Co	MR
<i>Lacistema hasslerianum</i>	1	A	A	A	Serrilhada	M	PR
<i>Machaerium acutifolium</i>	2	A	A	P	Inteira	Ca	PR
<i>Miconia albicans</i>	1	Pab	A	A	Repanda	Ca	MR
<i>Myrcia multiflora</i>	1	A	P	P	Inteira	M	PR
<i>Ocotea pulchella</i>	3	Pab	P	P	Inteira	Ca	PR
<i>Protium heptaphyllum</i>	2	A	A	P	Inteira	Co	MR
<i>Rudgea viburnoides</i>	1	Pab	A	P	Repanda	Co	AR
<i>Trichilia pallida</i>	2	A	A	A	Repanda	Ca	AR
<i>Siparuna guianensis</i>	2	Pab/Pad	P	P	Inteira	M	MR
<i>Terminalia glabrescens</i>	3	Pab/Pad	A	A	Repanda	Co	MR

Tabela 6. Diferença percentual significativa entre as variáveis qualitativas presença e ausência de minas em relação as 15 espécies vegetais amostradas. Teste do qui-quadrado ($X^2 = 80,361$, G.L. 16, $p < 0,001$).

ESPÉCIE	MINADOR NA FOLHA		PORCENTAGEM (%)
	AUSÊNCIA	PRESENÇA	
<i>Machaerium acutifolium</i>	57	43	100
<i>Cordia sessilis</i>	65	35	100
<i>Ocotea pulchella</i>	68	32	100
<i>Rudgea viburnoides</i>	73	27	100
<i>Siparuna guianensis</i>	77	23	100
<i>Lacistema hasslerianum</i>	84	16	100
<i>Myrcia multiflora</i>	84	16	100
<i>Ocotea pulchella</i>	84	16	100
<i>Coussarea hydrangeifolia</i>	86	14	100
<i>Faramea montevidensis</i>	86	14	100
<i>Miconia albicans</i>	86	14	100
<i>Terminalia glabrescens</i>	88	12	100
<i>Ixora gardneriana</i>	93	7	100
<i>Protium heptaphyllum</i>	94	6	100
<i>Trichilia pallida</i>	95	5	100

DISCUSSÃO

A abundância de minas foi maior em folhas de textura cartácea, folhas providas de cera e folhas com área intermediária, sendo que as espécies *Machaerium acutifolium*, *Cordia sessilis* e *Ocotea pulchella* apresentaram maior herbivoria foliar.

A textura é um dos fatores que está diretamente envolvido na escolha dos insetos minadores para realizar a oviposição, eclosão e posteriormente a herbivoria durante a alimentação da larva. As folhas coriáceas possuem uma grande quantidade de esclerênquima e por consequência lignina (APPEZZATO-DA-GLÓRIA; CARMELLO-GUERREIRO, 2012; BOEGER, 2000; SINCLAIR; HUGHES, 2008), fator que lhes confere uma grande espessura, além de ser um material foliar que a larva minadora não consome e que dificulta a penetração da larva na folha (BRITO-RAMOS; ALMEIDA-CORTEZ; ALVES, 2010). As folhas cartáceas possuem uma quantidade variável de lignina, o que permite que as larvas consumam uma maior quantidade de parênquima e/ou células da epiderme foliar quando comparadas com as folhas de textura coriácea (BRITO-RAMOS; ALMEIDA-CORTEZ; ALVES, 2010). Ao

compararmos a textura cartácea com membranácea, vemos que as folhas membranáceas caracterizam-se por possuir uma única camada de epiderme, formada por grandes células de paredes finas com ausência de esclerênquima, conseqüentemente ausência de lignina (AGUIAR-DIAS; YAMAMOTO; CASTRO, 2012; ELBL; MELO-DE-PINNA; MENEZES, 2010), e por mais atraente que seja um hospedeiro sem esclerênquima, a falta de muito material para as larvas consumirem pode ser uma explicação que justifique o fato dos insetos minadores preferirem ovipositar em folhas cartáceas.

A abundância de minas foi maior em folhas providas com cera, contrariando nossa hipótese inicial. Embora a presença de cera represente uma estratégia de defesa das plantas contra herbivoria porque a cera constitui a primeira superfície de contato entre as plantas e o ambiente, funcionando como barreira física e química (LICHSTON; GODOY, 2006), podendo inibir ou estimular a oviposição ou até interferir na adesão e locomoção dos insetos (EIGENBRODE; JETTER, 2002), este atributo sozinho não reduz a herbivoria por insetos minadores. É provável que as funções da cera foliar, redução da perda de água e proteção da folha contra a radiação (DÓRIA, 2016; HEREDIA, 1998) possam atrair os insetos minadores e contribuir com a oviposição na planta, pois tais atributos auxiliam no manutenção da umidade e conseqüente proteção contra o ressecamento das folhas.

Plantas que apresentam maior área foliar, isto é, maior quantidade de recursos alimentares, não necessariamente atraem mais fêmeas para realizarem a oviposição. Estudos que estimam a área consumida pela larva em cada tipo de mina podem nos ajudar a esclarecer se uma mesma espécie minadora consome a mesma quantidade de área foliar em plantas com folhas grandes e pequenas. Em geral, as folhas de tamanho intermediário foram as que apresentaram maior herbivoria. É provável que a quantidade, tipo e composição química de parênquima consumido pela larva sejam as características que atraem as fêmeas minadoras. Msisi, Matojo e Kimbokota (2020) afirmaram que a alta composição de terpenos encontrados no tomate se comparada às outras plantas, pode contribuir para atrair fêmeas minadoras a ovipositar. Outros estudos tentam elucidar qual variedade volátil, componente químico é desprendido pela planta e reconhecido pelas fêmeas direcionando-as para a planta que ela irá ovipositar (AHMAD ALY et al, 2018; PROFFIT et

al., 2011; MISISI; MATOJO; KIMBOKOTA, 2020). O conhecimento das variedades voláteis que atraem os insetos minadores no cerrado ainda são incógnitas que precisam ser investigadas em futuras pesquisas.

As espécies *Machaerium acutifolium*, *Cordia sessilis* e *Ocotea pulchella* foram as mais herbivorizadas pelos insetos minadores. Embora essas espécies apresentem cera foliar, este atributo por si só, não parece ser uma barreira eficiente para reduzir a herbivoria. Em *Machaerium acutifolium* e *Cordia sessilis*, o atributo textura cartácea favorece a herbivoria, assim como o atributo área foliar reduzida em *Ocotea pulchella*. Estudos futuros devem analisar o efeito conjunto dos atributos das estratégias de defesa contra a herbivoria por insetos minadores.

CONCLUSÃO

Plantas com folhas de textura cartácea ou área de tamanho foliar intermediário ou providas de cera apresentam maior susceptibilidade à herbivoria por insetos minadores no cerrado. A cera parece ser um atrativo para oviposição. Os atributos margem foliar, presença de indumento ou glândulas não constituem características que podem atrair ou repelir insetos minadores em plantas de cerrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR-DIAS, A. C. A. de; YAMAMOTO, K. CASTRO, M. de M. Anatomia foliar de cinco espécies de *Polygala* de restinga e cerrado. **Rodriguésia**, v. 63, n. 2, 2012.

AHMAD ALY, Y. Preference and Performance of the Tomato Leafminer, *Tuta absoluta* (Lepidoptera - Gelechiidae) Towards Three Solanaceous Host Plant Species. **CPQ Microbiology**, 2018.

ALEXANDRINO, V. H. D.; SOUSA, J. S.; BASTOS, M. N. C. Estudo taxonômico da família Malpighiaceae Juss. das restingas de Algodão/Maiandeuá, Maracanã, Pará, Brasil. **Boletim Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais**, Belém, v. 6, n. 3, p. 335-347, 2011.

APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia vegetal**. 2a ed., Editora UFV, p. 87-108, 2012.

BIERAS, A.C.; SAJO, M. das G. Anatomia foliar de *Erythroxylum P. Browne* (Erythroxylaceae) do Cerrado do Estado de São Paulo, Brasil. *Acta botanica brasílica*, v. 18, n.3, p. 601-612, 2004.

BIERAS, A. C.; SAJO, M. das G. Leaf structure of the cerrado (Brazilian savanna) woody plants. *Trees*, v. 23, p. 451-471, 2009.

BOEGER, M. R. T. **Morfologia foliar e aspectos nutricionais de espécies arbóreas em três estádios sucessionais de floresta ombrófila densa das terras baixas, Paranaguá, PR.** 2000. 188 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

BRAGA, D. V.; CASTELO-BRANCO, B.; ALMEIDA-CORTEZ, J. A intensidade luminosa influencia os diferentes tipos de herbivoria em *Miconia prasina* (Sw.) DC. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 564-566, 2007.

BRITO-RAMOS, A. B.; ALMEIDA-CORTEZ, J. S.; ALVES, M. Caracterização morfológica de minas foliares em espécies de Melastomataceae de Mata Atlântica, PE. **Acta Botanica Brasilica**. v. 24, n. 3, pág. 599-604, 2010.

CHEN, J. et al. Leaf miner-induced morphological, physiological and molecular changes in mangrove plant *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. **Tree Physiology**, v. 37, p. 82–97, 2016.

CONNOR, F.; TAVERNER, M. P. The evolution and adaptive significance of the leaf-mining habit. **Oikos**, v. 79, p. 6-25, 1997.

DIAS, B. F. S. **Alternativas de desenvolvimento dos Cerrados: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis.** Brasília, 1992.

DINIZ, I. R. et al. Insetos minadores em *Roupala montana*: comparação entre cerrado queimado e não queimado. **Heringeriana**, Brasília, v. 2, n. 1, p. 47-52, 2008.

DURIGAN, G.; BAITELLO, J. B.; FRANCO, G. A. D. C.; SIQUEIRA, M. F. de. **Plantas do Cerrado Paulista: Imagens de uma paisagem ameaçada.** Páginas & Letras Editora e Gráfica, São Paulo, 2004.

DÓRIA, L. C et al. Do woody plants of the Caatinga show a higher degree of xeromorphism than in the Cerrado? **Flora**, v. 224, n. 1, p. 244–251, 2016.

EIGENBRODE, S. D.; JETTER, R. Attachment to Plant Surface Waxes by an Insect Predator. **Integrative and Comparative Biology**, v. 42, p. 1091-1099, 2002.

ELBL, P.M; MELO-DE-PINNA, G.F.; MENEZES, N.L. de. Morphology and anatomy of leaf miners in two species of Commelinaceae (*Commelina diffusa* Burm. f. and *Floscopa glabrata* (Kunth) Hassk). **Acta Botanica Brasilica**. v. 24, n.1, p. 283-287, 2010.

FACKNATH, S. Leaf age and life history variables of a leafminer: the case of *Liriomyza trifolii* on potato leaves. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 115, p. 79–87, 2005.

FAGOONEE, I.; TOORY, V. Preliminary investigations of host selection mechanisms by the leafminer *Liriomyza trifolii*. **Insect Science and its Application**, v. 4, n. 4, p. 337-341, 1983.

FAVARIN, J.L. Equações para a estimativa do Índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 769-773, 2002.

FERNANDES-DE-DEUS, L.G. **Comparação do nível de herbivoria do estrato rasteiro em um fragmento de cerrado de planaltina/DF**. Trabalho de conclusão de curso (Ciências Naturais) – Universidade de Brasília, Planaltina, 2017.

GONÇALVES, E. G.; LORENZI, H. **Morfologia vegetal: organografia e dicionário ilustrado de morfologia das plantas vasculares**. 2 ed. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2011.

HEREDIA, A et al. La cutícula vegetal: estructura y funciones. **Ecología**, nº 12, p. 293-305, 1998.

HERING, E.M. **Biology of the leaf miners**. Berlin, Springer. p.422, 1951.

HOPKINS, G. W.; MEMMOTT, J. Seasonality of a tropical leafmining moth: leaf availability versus enemy-free space. **Ecological Entomology**, v. 28, p. 687-693, 2003.

JULLIS PERERA M.; ALVES, M. Flora da Usina São José, Igarassu, Pernambuco: Polygonaceae. **Rodriguésia**, 69(2): 465-476, 2018.

KATO, M. Intense inhabitation and relaxed hostleaf preference of aquatic chironomid leaf-miners in headwater streams in Asian lucidophyllous forests. **Journal of Natural History**, 2015.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 707-713, 2005.

KOEPPEN, W. **Climatología**. Fondo de Cultura Economica, Mexico, 1948.

LICHSTON, J. E.; GODOY, S. A. P. de. Morfologia e teor de cera de folhas de café após aplicação de fungicida. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 919-926, 2006.

MORENO, M.I.C.; SCHIAVINI, I. HARIDASAN, M. Fatores edáficos influenciando na estrutura de fitofisionomias do Cerrado. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia. v. 9, n. 25, p. 173-194, 2008.

MSISI, D.; MATOJO, N.D.; KIMBOKOTA, F. Attraction of female tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera:Gelechiidae) to shared compounds from hosts. **Phytoparasitica**, 2020.

NEEDHAM, J.G.; FROST, S.W.; TOTHILL, D. **Leaf-mining insects**. Baltimore: Williams and Wilkens., p. 351,1928.

NERY, L. A.; VIEIRA, M. F.; VENTRELLA, M. C. Leaf glands of *Banisteriopsis muricata* (Malpighiaceae): distribution, secretion composition, anatomy and relationship to visitors. **Acta Botanica Brasilica** – v. 31, n. 3, p. 459-467, 2017.

OLIVEIRA, A. P. et al. Boletim de pesquisa e desenvolvimento 355: Avaliação de espécies de cerrado quanto a tolerancia ao aluminio. **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**, Brasília, DF, 2019.

OLIVEIRA, C. M. de; FRIZZAS, M.R. Insetos de Cerrado distribuição estacional e abundância. In: **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Embrapa, Planaltina, DF, 2008.

PARRA, A. L. G. C.; VILELA, E.F.; BENTO, J.M.S. Horário de Oviposição e Ritmo Diário de Emergência de *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) em Laboratório. **Neotropical Entomology**, v. 31, n. 3., 2002.

PEREIRA GONÇALVES, D. J.; ROMERO, R.; TAMAMOTO, K. Vochysiaceae no Parque Nacional da Serra da Canastra, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, 64(4): 863-875, 2013.

PÉREZ-HARGUINDEGUY, N. et al. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, v. 64, n.3, p. 167-234, 2016.

POTT, C.; WANG, X. L.; ZHENG, X. T. *Wielandiella villosa* comb. nov. from the Middle Jurassic of Daohugou, China: more evidence for divaricate plant architecture in Williamsoniaceae. **Botanica Pacifica**, v. 4, n.2, p. 137-148, 2015.

POTTER, D. A., KIMMERER, T.W. Do holly leaf spines really deter herbivory. **Oecologia** v. 75, p. 216–221, 1988.

PORTELLA, A. C. F. et al. Caracterização físico-química do óleo essencial da *Siparuna guianensis* Aublet. **Química Nova**, v. 37, n. 5, p. 844-849, 2014.

PROFFIT, M. et al. Attraction and Oviposition of *Tuta absoluta* Females in Response to Tomato Leaf Volatiles. **Journal of Chemical Ecology**, v. 37, p. 565–574, 2011.

QUINTELLA LOBÃO, A. Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: Annonaceae. **Rodriguésia**, v. 67, n. 5 (Especial), p. 1205-1209, 2016.

SANTOS, J.P. et al. Variação sazonal de lepidópteros minadores e seus parasitóides em plantas de crescimento espontâneo em pomar orgânico de citros em Montenegro, RS, Brasil. **Arquivos do Instituto de Biologia**, v. 76, p. 381-391, 2009.

SANTOS, J. P.; REDAELLI, L. R.; SOGLIO, F. K. D. Dípteros minadores e seus parasitóides em plantas de crescimento espontâneo em pomar orgânico de citrus em Monte Negro, RS, Brasil. **Iheringia, Série Zoologia**, Porto Alegre. v. 97, n.3, p.280-285, 2007.

SANTOS, J. P.; REDAELLI, L. R.; SOGLIO, F. K. D. Plantas hospedeiras de lepidópteros minadores em pomar de citrus em Monte Negro, RS. **Arquivos do Instituto Biológico**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 255-258, 2007.

SANTOS DE SOUSA, E.; CAMARGO, A. J. A.; AGUIAR, L. M. S. Fauna do Bioma Cerrado. **Embrapa**, 2020. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_33_911200585232.html>. Acesso em: 27 ago. 2020.

SÃO PAULO (ESTADO). Resolução SMA 37. **Dispõe sobre os procedimentos preparatórios para a criação do Mosaico de Unidades de Conservação do Cerrado Paulista, que abrange o Refúgio de Vida Silvestre Aimorés e Área de Relevante Interesse Ecológico - ARIE Leopoldo Coutinho, localizados nos Municípios de Agudos, Bauru e Pederneiras – SP.** São Paulo: Diário Oficial do Estado de São Paulo – Meio Ambiente, 04 de abril de 2018.

SINCLAIR, R. J.; HUGHES, L. Leaf mining in the Myrtaceae. **Ecological Entomology**, v. 33, p.623–630, 2008.

SOUZA, V. C.; BEVILACQUA-FLORES, T.; LORENZI, H. **Introdução à Botânica: Morfologia**. Instituto Plantarum de Estudos da Flora LTDA, 2019.

SYSTAT SOFTWARE Inc. **SigmaPlot for windows**, version 14.0. 2018. Disponível em: < <https://systatsoftware.com/products/sigmaplot>>. Acesso em 23 de out. de 2018.

TEIXEIRA, T. R.; PÁDUA, M. S.; CASTRO A. H. F. Leaf anatomy of *Cordia sessilis* (Vell.) Kuntze (Rubiaceae). *Acta Scientiarum*, v. 38, n. 3, p. 355-364, 2016.

VALENTINI, C. M. A.; RODRÍGUEZ-ORTÍZ, C. E.; COELHO, M. F. B. *Siparuna guianensis* Aublet (negramina): uma revisão. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.12, n.1, p.96-104, 2010.

WANDERLEY, M. G. L.; SHEPHERD, G. T.; MELHEM, T. S.; GIULIETTI, A.M. **Flora fanerogâmica do Estado de São Paulo**. Instituto de Botânica, São Paulo, v. 5, 2007.

WANDERLEY, M.G.L., SHEPHERD, G.J., MELHEM, T.S., MARTINS, S.E., KIRIZAWA, M., GIULIETTI, A.M. **Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo**. Instituto de Botânica, São Paulo, v. 4, p. 231-236, 2005.

WEI, J.; ZOU, L.; KUANG, R.; HE, L. Influence of Leaf Tissue Structure on the Host Feeding Selection of Pea Leafminer *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae). **Zoological Studies**, v. 39, n. 4, p. 295-300, 2000.

WEISER, V. de L. **Árvores, arbustos e trepadeiras do cerradão do Jardim Botânico Municipal de Bauru, SP**. 2007. 111 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

YAMAZAKI, K., SUGIURA, S. **Deer predation on leaf miners via leaf abscission**. *Naturwissenschaften*, v. 95, p. 263-268, 2008.

CAPÍTULO 2 – LEVANTAMENTO DOS INSETOS MINADORES E A SUA CARACTERIZAÇÃO NO CERRADO

No cerrado, as variações nas condições edáficas (HARIDASAN, 2000; MARDEGAN, 2012), temperatura, umidade e luminosidade influenciam no aspecto geral da vegetação (COUTINHO, 2002), levando à expressão de características como caules tortuosos e súber bem desenvolvido (MORENO; SCHIAVINI; HARIDASAN, 2008). Em função dessas variações, o cerrado possui diferentes fitofisionomias, campestres, savânicas e florestal, que embora diferentes, apresentam um número expressivo de espécies vegetais em comum entre elas (CAVASSAN, 2012).

Pesquisas anteriores mostram que existem cerca de 10.000 espécies descritas como minadoras de folhas (HERING, 1951). Estes insetos ocorrem em 51 famílias que possuem uma metamorfose completa, isto é, são holometábolos (CSÓKA, 2003; HERING, 1951; GULLAN, 2000). O clima bem-marcado pela sazonalidade influencia na distribuição e abundância desses animais (DIAS, 1992; OLIVEIRA; FRIZZAS, 2008). É importante salientar que estudos indicam que a sazonalidade destes insetos pode ser um reflexo da variação sazonal encontrado nas espécies herbivoradas por estes insetos (ARAÚJO, 2013; ARAÚJO; SANTOS, 2010). As espécies minadoras inventariadas em diferentes ecossistemas e em diferentes regiões do mundo representam quatro ordens: Lepidoptera, Diptera, Hymenoptera e Coleoptera (CONNOR; TAVERNER, 1997; GULLAN, 2000; HERING, 1951; NEEDHAM; FROST; TOTHILL, 1928; ROTT; GODFRAY, 2000). Diferentes ordens de insetos minadores produzem diferentes tipos de minas foliares, isto é, diferentes formas de túneis que são produzidos enquanto a larva se desenvolve. Existem quatro tipos principais de minas foliares: redonda, caminho, manchão e serpentina (DINIZ et al., 2008; GULLAN, 2000; HERING, 1951; NEEDHAM; FROST; TOHILL, 1928).

O maior número de espécies inventariadas ao redor do globo pertence aos ordens Lepidoptera e Diptera (GAO et al., 2017; HERING, 1951; HESPENHEIDE, 1991; SANTOS; REDAELLI; SOGLIO, 2007), porém essa distribuição pode variar mediante aos diferentes habitats em que estes animais ocupam (HESPENHEIDE, 1991).

Na literatura diversas famílias, Acanthaceae, Amaranthaceae, Asteraceae, Boraginaceae, Caryocaraceae, Chenopodiaceae, Clusiaceae, Commelinaceae, Convolvulaceae, Dipsacaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Myrtaceae, Poaceae, Rubiaceae e Rutaceae foram descritas como plantas hospedeiras de insetos minadores e em diferentes tipos de hábitos vegetais (ALMEIDA-CORTEZ; MELO-DE-PINNA, 2006; APARECIDA-ASSIS et al., 2012; BAIRSTOW et al., 2010; CHEN et al., 2016; DEMOLIN LEITE et al., 2012; ELB; MELO-DE-PINNA; KRAUS; MENEZES, 2002; HERING, 1951; NEEDHAM; FROST; TOTHILL, 1928).

Embora diversas pesquisas procuraram avaliar a interação de uma espécie minadora específica com um hospedeiro vegetal específico (DINIZ et al., 2008; ELB; MELO-DE-PINNA; MENEZES, 2010; MUNDACA; PARRA; VARGAS, 2013), poucos estudos averiguaram quais são as espécies vegetais mais atraentes para os insetos minadores (HERING, 1951; NEEDHAM; FROST; TOTHILL, 1928).

Dentro deste contexto, nossos objetivos foram identificar as famílias de insetos minadores e os tipos de minas que eles produzem em espécies nativas de cerrado. Examinar se a sazonalidade influencia a abundância dos insetos minadores. Verificar se existe associação dos insetos minadores pelo hábito das plantas e por um tipo específico de mina. Constatar se os insetos minadores realizam a crisálida dentro ou fora das minas. Verificar se o local da oviposição ocorre mais próximo a nervura central ou a margem foliar e se isso influencia no tipo de mina produzido.

MATERIAS E MÉTODOS

Área de estudo

Realizamos a pesquisa na Gleba II do Refúgio de Vida Silvestre Aimorés (22°19'41" a 22°21'06"S e 48°59'49" a 49°01'12"O), localizada no município de Bauru, estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2018), Brasil, sob o clima Cwa de Koeppen (1948), caracterizado por duas estações bem distintas: um verão quente e chuvoso e um inverno frio e seco (WEISER, 2007).

Amostragem

Na trilha principal da área de estudo, com extensão de 1080 metros, coletamos uma vez ao mês, durante 12 meses, em ambos os lados da trilha, folhas de espécies vegetais que apresentavam larvas minadoras vivas a uma altura de até 3 m, independente do hábito da planta. Escolhemos esta área devido ao fácil acesso as plantas e constatação visual da presença de insetos minadores. As folhas coletadas foram levadas ao laboratório para o acompanhamento do desenvolvimento dos insetos até a fase adulta, para posterior identificação. Colocamos em cada pecíolo um pedaço de algodão com água, sendo as folhas armazenadas em sacos com fecho hermético e pequenos orifícios para a respiração do material vegetal, técnica adaptada de Santos, Redaelli e Soglio (2007). Monitoramos o desenvolvimento das larvas duas a três vezes por semana, em laboratório, ambiente que não possuía refrigeração e mantinha condições semelhantes às do ambiente externo, realizando a manutenção necessária para a conservação da folha e consequente, manutenção das larvas vivas durante o maior tempo possível.

Após a saída do inseto da mina, para cada folha registramos: o tipo de mina produzida pela larva, se a mina iniciou próxima a nervura central ou na borda lateral do limbo foliar, o hábito do hospedeiro vegetal e a espécie da planta. Para caracterizar os tipos de minas, utilizamos a classificação de Diniz et al. (2008) e Needham et al. (1928). Quanto aos hábitos das plantas, classificamos o hábito trepador nos indivíduos que dependem de outras plantas para se sustentar, mantendo suas raízes no solo ao longo de toda a sua vida, podendo apresentar um caule tortuoso e diversos sistemas de escalada (DARWIN, 1865; ELLENBERG; MULLER-DOMBOIS, 1967). Definimos o hábito herbáceo como plantas que possuem todas as partes do caule em estrutura primária, geralmente verdes, pouco resistentes e sem lignina (SOUZA; BEVILACQUA-FLORES; LORENZI, 2019); o hábito arbustivo como plantas que apresentam caules lenhosos, resistentes e com ramificações que apresentam mais ou menos a mesma espessura do caule principal (SOUZA; BEVILACQUA-FLORES; LORENZI, 2019); e o hábito arbóreo como plantas com caules lenhosos, formados por um eixo principal reto, intensamente

ramificado no ápice (SOUZA; BEVILACQUA-FLORES; LORENZI, 2019), formando uma copa.

Analisamos se a precipitação e a temperatura poderiam ter algum tipo de influência sobre a abundância de indivíduos vivos coletados ao longo dos meses de coleta. Para isso, utilizamos as informações fornecidas pela Estação Meteorológica de Bauru (IPMET, 2021), ao longo de toda amostragem.

Análise dos dados

Verificamos a existência de associação entre os dados encontrados nas categorias tipo de mina, hábito vegetal, ordem dos insetos encontrados, espécies vegetais, local do início da mina e local da crisálida. Considerando que nossos dados são qualitativos nominais, buscamos comparar as frequências observadas com as esperadas: tipo de mina (serpentina, caminho, manchão, redonda) x hábito vegetal (herbáceo, arbóreo, trepador, arbustivo); tipo de mina (serpentina, caminho, manchão, redonda) x famílias dos insetos encontrados; hábito vegetal (herbáceo, arbóreo, trepador, arbustivo) x famílias dos insetos encontrados; famílias do insetos x local onde se iniciou a mina (próximo a borda lateral ou nervura central); famílias dos insetos x espécies de plantas; família dos insetos x local da crisálida (dentro ou fora da mina).

Todas as análises foram realizadas por meio do programa Sigmaplot versão 14.0 (SYSTAT SOFTWARE Inc., 2018) e valores significativos para $p < 0,05$.

RESULTADOS

Dos 309 indivíduos que coletamos na fase larval, somente 153 atingiram a fase adulta, caracterizando uma taxa de sobrevivência de 49,5%. Até o presente momento, identificamos todos os insetos minadores sobreviventes em nível taxonômico de ordem: Coleoptera - 54 indivíduos (35,3%), Lepidoptera - 49 (32%) e Diptera - seis (3,9%) (Anexo 1). Não encontramos indivíduos minadores da ordem Hymenoptera, somente parasitas, sendo 44 (28,8%) (Anexo 1). Dentre os coleópteros, amostramos 38 indivíduos da família Buprestidae, 14 Chrysomelidae e um Weevils. Encontramos somente uma

família de Lepidoptera Gracillariidae. E por fim, amostramos duas famílias de Dipteras, um indivíduo de Phoridae e cinco de Agromuzidae. A ordem de maior diversidade de famílias foram os parasitas, 27 Braconidae, 14 Eulophidae, dois Chalcidae e um Figitidae. Um fato curioso foi a presença de sete ovos de indivíduos da ordem Hemiptera, ainda não identificados a nível de família (Anexo 2). Até o presente estudo, não encontramos nenhuma informação relacionada a interação desta ordem com a minas produzidas pelos insetos minadores.

Encontramos todos os tipos de minas, redonda, caminho, manchão e serpentina (Figura 1) distribuídas nas quatro ordens de insetos minadores (Figura 2) e 23 espécies de plantas (Tabela 1), a maioria na face adaxial, mas algumas na face abaxial da folha.



Figura 1. Tipos de minas amostradas ao longo da trilha principal da Gleba II do Refúgio de Vida Silvestre Aimorés, no município de Bauru, estado de São Paulo. Fonte: autoria própria. A. Mina do tipo serpentina encontrada em *Gouania latifolia* Reissek. B. Mina do tipo manchão encontrada em *Qualea multiflora* Mart. C. Mina do tipo caminho encontrada em *Siparuna guianensis* Aubl. D. Mina do tipo redonda encontrada em *Mollinedia widgrenii* A.DC.

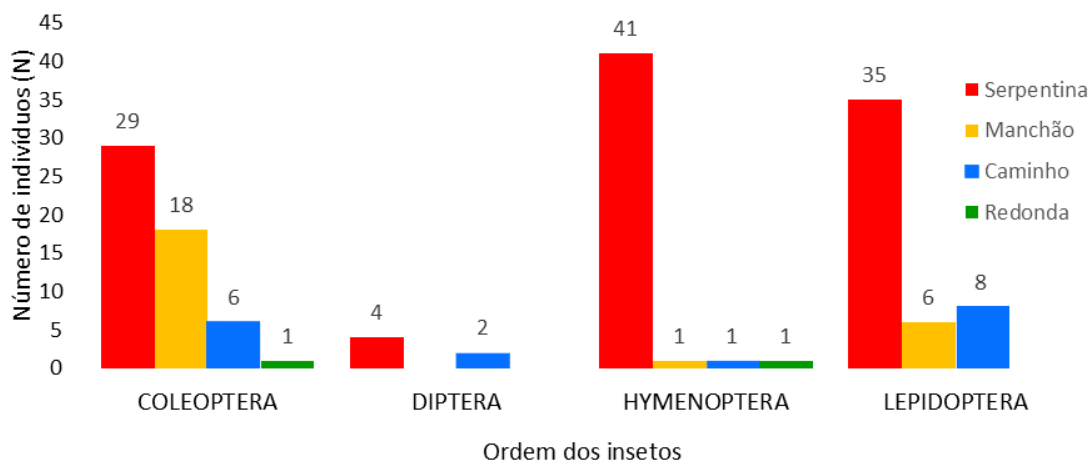


Figura 2. Distribuição da abundância de insetos (N = 153), em porcentagem, nos tipos de minas foliares e nas ordens dos insetos no cerrado da Gleba II do Refúgio de Vida Silvestre Aimorés, no município de Bauru, estado de São Paulo. Fonte: autoria própria.

Tabela 1. Abundância de espécies arbóreas nativas do cerrado que apresentaram larvas de insetos minadores na Gleba II do Refúgio de Vida Silvestre Aimorés, no município de Bauru, estado de São Paulo.

FAMÍLIA/ESPÉCIE	NÚMERO DE INDIVÍDUOS (N)
ANNONNACEAE	
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	1
APOCYNACEAE	
<i>Forsteronia pubescens</i> A.DC.	4
BIGNONIACEAE	
<i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell.) Bureau ex Verl.	1
COMBRETACEAE	
<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.	3
COMPOSITAE	
<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC. ex DC.	1
<i>Chromolaena maximiliani</i> (Schrad. ex DC.) R.M.King & H.Rob.	2
<i>Lepidaploa cotoneaster</i> (Willd. ex Spreng.) H.Rob.	2
DILENIACEAE	
<i>Doliocarpus dentatus</i> (Aubl.) Standl.	6
FABACEAE	
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	3
LYTHRACEAE	
<i>Lafoensia pacari</i> A. St.-Hil.	1
MALVACEAE	
<i>Pavonia malacophylla</i> (Link & Otto) Garcke	1
<i>Trichilia pallida</i> Sw.	3
MONIMIACEAE	
<i>Mollinedia widgrenii</i> A.DC.	6
POACEAE	

<i>Ichnanthus inconstans</i> (Trin. ex Nees) Döll	8
POLYGONACEAE	
<i>Coccoloba mollis</i> Casar.	1
PRIMULACEAE	
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	2
RHAMNACEAE	
<i>Guania latifolia</i> Reissek	36
RUBIACEAE	
<i>Coussarea hydrangeifolia</i> (Benth.) Benth. & Hook.f. ex Müll.Arg.	4
<i>Cordia sessilis</i> (Vell.) Kuntze	10
SALICACEAE	
<i>Casearia silvestris</i> Sw	16
SAPINDACEAE	
<i>Serjania</i> sp	1
SIPARUNACEAE	
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	2
VOCHYSIACEAE	
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	5
TOTAL	119

Os dados referentes a precipitação (Figura 3) e a temperatura (Figura 4) associados a abundância total de insetos vivos coletados, indicou que a sazonalidade não influenciou os insetos minadores no ano analisado.

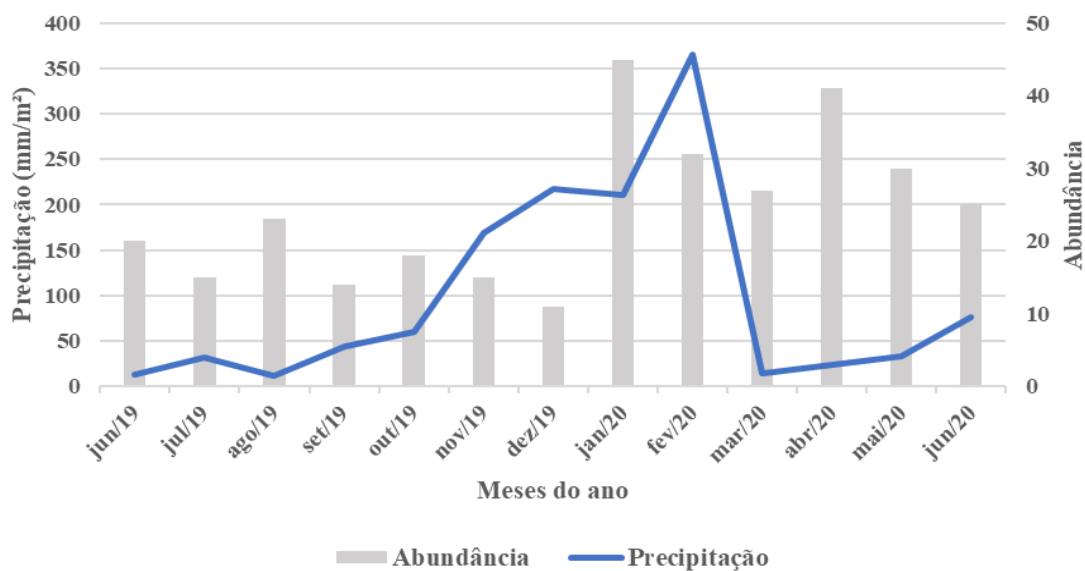


Figura 3. Precipitação ao longo dos 12 meses de coleta associado a abundância dos indivíduos larvais vivos (N = 309) amostrados em cada mês. Fonte: (IPMET, 2020).

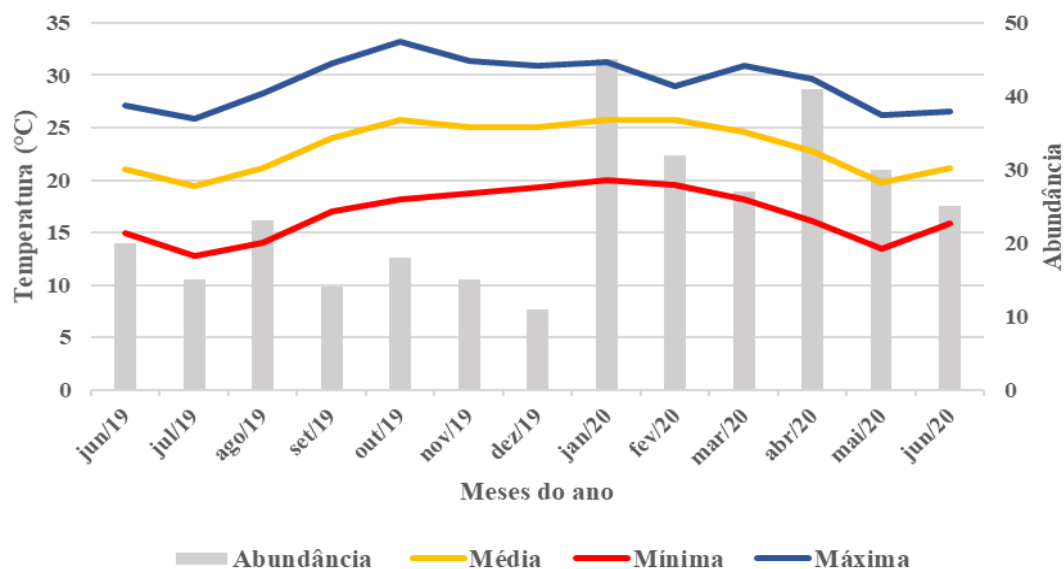


Figura 4. Temperaturas referentes aos 12 meses de coleta associadas a abundância dos indivíduos larvais (N = 309) amostrados ao longo deste tempo. Fonte: (IPMET, 2021).

A análise do qui-quadrado entre as variáveis tipo de mina e hábito dos indivíduos vegetais indicou uma diferença significativa ($p < 0,001$), evidenciando que os insetos minadores que realizam a mina do tipo serpentina e caminho, estavam associados as plantas de hábito trepador. Os insetos minadores que realizam a mina do tipo manchão, ovipositaram mais em plantas de hábito arbóreo, tal hábito atraiu insetos que produziram exclusivamente a mina do tipo redonda (Tabela 2).

Tabela 2. Diferença percentual significativa ($p < 0,001$), entre as variáveis tipo de mina e hábito das plantas. Qui-quadrado ($X^2 = 58,7$, G.L. = 9, $p < 0,05$).

Tipo de mina	Hábito das plantas				Porcentagem (%)
	Trepador	Arbóreo	Herbáceo	Arbustivo	
Serpentina	46,49	30,70	9,65	13,16	100,00
Caminho	33,33	22,22	27,78	16,67	100,00
Manchão	3,85	69,23	26,92	-	100,00
Redonda	-	100,00	-	-	100,00

Constatamos uma associação significativa entre as variáveis tipo de mina e famílias dos insetos encontrados ($p < 0,001$) (Tabela 3), mostrando que os indivíduos da ordem Hymenoptera parasitaram em sua maioria, insetos que fazem a mina do tipo serpentina. Os coleópteros coletados acabaram por

produzir minas do tipo serpentina e manchão. Os insetos da ordem Lepidoptera e díptera amostrados, por sua vez, demonstraram ter uma tendência a realizar minas do tipo serpentina.

Ao compararmos as duas variáveis, hábito das plantas e as famílias de insetos, verificamos por meio do qui-quadrado que existe uma diferença de percentual significativa ($p < 0,001$) (Tabela 4). Este resultado mostrou que os indivíduos coletados da ordem Coleoptera preferem minar folhas de hábito arbóreo, porém, a larva minadora consome o parênquima das folhas de todos os hábitos vegetais encontrados. Os dípteros demonstraram ter uma inclinação a herbivoria das espécies herbáceas. Os lepidópteros, por sua vez, mostraram não ter uma prioridade em minar espécies de hábito trepador ou arbóreo.

Tabela 3. Diferença percentual significativa ($p < 0,001$), entre as variáveis tipo de mina e as famílias minadoras e parasitas, produto do teste Qui-quadrado ($X^2 = 71,864$. G. L. = 33, $p < 0,05$).

Ordem	Minadores Famílias	Tipo de mina produzido				(%)
		Serpentina	Caminho	Manchão	Redonda	
Coleoptera	Buprestidae	68,42	15,80	15,78	-	100
	Chrysomelidae	21,43	-	71,43	7,14	100
	Weevils	-	-	100	-	100
Diptera	Phoridae	100	-	-	-	100
	Agromyzidae	60	40	-	-	100
Lepidoptera	Gracillariidae	70	16	14	-	100

Tabela 4. Diferença percentual significativa ($p < 0,001$), entre as variáveis hábito das plantas e ordens dos insetos encontradas. Produto do teste Qui-quadrado ($X^2 = 149,366$, G.L. = 33, $p < 0,05$).

Ordem	Minadores Família	Formas de vida da planta				(%)
		Trepador	Arbóreo	Herbáceo	Arbustivo	
Coleoptera	Buprestidae	26,316	23,684	2,632	47,368	100
	Chrysomelidae	-	100	-	-	100
	Weevils	-	100	-	-	100
Diptera	Phoridae	-	-	100	-	100
	Agromyzidae	20	-	80	-	100
Lepidoptera	Gracillariidae	40	44	16	-	100

Verificamos que Coleoptera e Diptera iniciaram a mina pela borda lateral, enquanto a ordem lepidóptera pela nervura central (Tabela 5). Os

indivíduos da ordem minadora lepidóptera e coleóptera, realizaram a crisálida dentro da mina. Em contrapartida, a maioria dos indivíduos da ordem díptera realizaram a pupa fora da folha (Tabela 6).

Tabela 5. Diferença percentual significativa ($p < 0,001$), entre as variáveis famílias e local onde ocorreu o início da mina. Qui-quadrado ($X^2 = 41,041$, G.L. = 11, $p < 0,05$). As minas: início próximo a nervura central (NC) e próximo a margem foliar (BL).

Ordem minadores	Famílias	Início da Mina		Porcentagem (%)
		NC	BL	
Coleoptera	Buprestidae	7,895	92,105	100
	Chrysomelidae	7,143	92,857	100
	Weevils	-	100	100
Diptera	Phoridae	-	100	100
	Agromyzidae	60	40	100
Lepidoptera	Gracillariidae	56	44	100

Tabela 6. Diferença percentual significativa ($p < 0,001$), entre as variáveis hábito das plantas e ordens dos insetos encontradas. Qui-quadrado ($x^2 = 32,445$, G.L. = 11, $p < 0,05$). Local de desenvolvimento da crisálida: pupa ocorre dentro da mina (PDM), pupa ocorre fora da mina (PFM).

Ordem	Família	Crisálida		Porcentagem (%)
		PDM	PFM	
Coleoptera	Chrysomelidae	92,857	7,143	100
	Buprestidae	97,368	2,632	100
	Weevils	100	-	100
Diptera	Phoridae	-	100	100
	Agromyzidae	40	60	100
Lepidoptera	Gracillariidae	72	28	100

Observamos que Lepidoptera foi a ordem mais bem distribuída entre as espécies vegetais, ocorrendo em dez espécies vegetais, sendo a única família encontrada em *Serjania* sp e em grande quantidade em *Chromolaena maximiliani*, *Doliocarpus dentatus*, *Trichilia pallida* e *Mollinedia widgrenii*. Em seguida a ordem coleoptera foi a única ordem que herbivorou a *Coccoloba mollis*, *Copaifera langsdorffii*, *Myrsine umbellata*, *Qualea multiflora* e *Zeyheria tuberculosa* (Tabela 7). Diptera, por sua vez, foi a única que herbivorou a espécie *Pavonia malacophylla*.

Não acrescentamos nas tabelas as informações referentes a ordem Hymenoptera, porém realizamos a análise do qui-quadrado aplicado a todas as

variáveis anteriores e verificamos uma maior frequência em parasitar insetos minadores produtores de minas do tipo serpentina. As famílias Chalcididae e Eulophidae parasitaram com maior frequência os minadores encontrados nas plantas de hábito trepador e arbóreo, enquanto os Braconidae, os minadores que herbivoraram plantas do hábito trepador e os Figitidae, exclusivamente os indivíduos que herbivoraram plantas do hábito herbáceo. Também observamos uma maior frequência de Hymenoptera parasitando indivíduos que iniciaram suas minas próximos a nervura central e realizando sua crisálida dentro da mina. As espécies de plantas onde os himenópteros foram observados foram: *Dolicarpus dentatus*, *Forsteronia pubescens*, *Gouania latifolia*, *Ichnanthus inconstans*, *Mollinedia widgrenii*, *Terminalia glabrencens*, *Trichilia pallida*. É importante enfatizar que foram encontrados exclusivamente em três espécies de plantas: *Lepidaploa cotoneaster*, *Siparuna guianensis* e *Xylopiá aromática*.

Não acrescentamos nas tabelas os dados referentes a ordem Hemiptera, porém realizamos o teste do qui-quadrado com todas as aplicações realizadas anteriormente e encontramos os tipos de mina serpentina, caminho e manchão, produzidas nas espécies vegetais de hábito arbóreo e herbáceo. Também foram encontrados em minas iniciadas tanto na margem foliar quanto na nervura central. Além disso, encontramos estes indivíduos nas espécies: *Siparuna guianensis*, *Emília sonchifolia*, *Trichilia pallida* e *Lepidaploa cotoneaster*.

Tabela 7. Associação das famílias de insetos minadores com as espécies vegetais. Qui-quadrado ($X^2 = 805,725$, G.L. = 308, $p < 0,001$).

ESPÉCIE VEGETAL	COLEOPTERA			DIPTERA		LEPIDOPTERA	(%)
	Buprestidae	Chrysomelidae	Weevils	Phoridae	Agromyzidae	Gracillariidae	
<i>Chromolaena maximiliani</i>	-	-	-	14,29	-	85,71	100
<i>Coccoloba mollis</i>	-	100,00	-	-	-	-	100
<i>Copaifera langsdorffii</i>	100,00	-	-	-	-	-	100
<i>Cordia sessilis</i>	-	50,00	10,00	-	-	40,00	100
<i>Coussarea hydrangeifolia</i>	25,00	50,00	-	-	-	25,00	100
<i>Doliocarpus dentatus</i>	-	-	-	-	14,29	71,43	100
<i>Forsteronia pubescens</i>	-	-	-	-	-	100,00	100
<i>Gouania latifolia</i>	60,00	-	-	-	-	39,05	100
<i>Ichnanthus inconstans</i>	-	-	-	-	50,00	50,00	100
<i>Lafoensia pacari</i>	-	100,00	-	-	-	-	100
<i>Lepidaploa cotoneaster</i>	-	-	-	-	-	-	100
<i>Mollinedia widgrenii</i>	-	-	-	-	-	100,00	100
<i>Myrsine umbellata</i>	-	100,00	-	-	-	-	100
<i>Pavonia malacophylla</i>	-	-	-	-	100,00	-	100
<i>Qualea multiflora</i>	100,00	-	-	-	-	-	100
<i>Serjania sp</i>	-	-	-	-	-	100,00	100
<i>Siparuna guianensis</i>	-	-	-	-	-	-	100
<i>Terminalia glabrescens</i>	-	-	-	-	-	-	100
<i>Trichilia pallida</i>	-	-	-	-	-	100,00	100
<i>Xylopia aromatica</i>	-	-	-	-	-	-	100
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	-	100,00	-	-	-	-	100

DISCUSSÃO

Quando verificamos a abundância de larvas minadoras coletadas ao longo de um ano e associamos a sazonalidade, não encontramos um padrão que nos indicasse que os minadores se proliferaram mais em determinada estação. Isso pode ter ocorrido porque o ano da amostragem foi considerado atípico, com uma alta precipitação e uma variação de aproximadamente 3,5 graus de temperatura em alguns meses, exemplo, mês de agosto de 2018 a temperatura foi de 24,8° e em 2020 foi de 28,3° (IPMET, 2021). Por outro lado, os insetos minadores apresentam um ciclo de vida em sincronia com as plantas que eles herbivoram e essa relação parece ter mais influência do que as condições proporcionadas pela sazonalidade (ARÚJO, 2013). Também pudemos observar que esses insetos são extremamente sensíveis a alteração do ambiente *in situ* para *ex situ*, e que mediante a essa sensibilidade, as variáveis acima alteraram de alguma forma sua dinâmica. Para atestar isso, sugerimos mais estudos que procurem verificar como a sazonalidade afeta a etologia dos minadores no cerrado.

Um fato que nos chamou a atenção foi que enquanto a ordem mais frequente foi a Lepidoptera, seguida por Diptera, Hymenoptera e Coleoptera nos trabalhos de Connor, Taverner (1997), Hering (1951), Needham, Frost e Tothill (1928), Santos (2005), no nosso trabalho, a ordem Coleoptera foi a mais frequente, seguida por Lepidoptera, Hymenoptera e Diptera. Um fator que possa justificar o nosso resultado seria o de que Coleoptera é uma das ordens, mais abundantes do cerrado (OLIVEIRA; FRIZZAS, 2008; PINHEIRO; DINIZ; KITAYAMA, 1998). Mostrando que variação de habitats influencia a distribuição destes insetos (HESPENHEIDE, 1991).

Quanto as minas, encontramos que as mais produzidas foram as do tipo serpentina e manchão, porém as minas que foram mais bem distribuídas entre as ordens foram serpentina e caminho. Diniz et al. (2008), em seu estudo comparando duas áreas de cerrado verificaram que as minas mais frequentes foram os tipos serpentina e redonda.

Em todas as análises foram constatadas, diferenças significativas, que podem indicar possíveis sinais de estratégias desenvolvidas por essas ordens minadoras ao longo do tempo evolutivo, como adaptações as particularidades dos ambientes de cerrado (CONNOR; TAVERNER, 1997; HERING, 1951; LIU; DAI; XU, 2015).

As espécies da ordem coleóptera, desenvolveram os quatro tipos de minas analisados, com a principal sendo a mina do tipo manchão produzida por Chrysomelidae e Weevils, já Buprestidae apresentou ter inclinação a produzir minas do tipo serpentina. Também verificamos que foi a única ordem amostrada em todos os hábitos vegetais encontrados, sendo a única encontrada nas espécies arbustivas. Além disso, observamos que os indivíduos de Buprestidae foram os únicos indivíduos que herbivoraram as espécies *Copaifera lagsdorffii* e *Qualea multiflora*. Quanto a este dado, encontramos apenas um estudo a respeito da interação de indivíduos da família Buprestidae interagindo com a espécie *Qualea multiflora* no cerrado, porém os insetos amostrados não eram minadores (CHRISTIANINI, 2017). Já Chrysomelidae foram os únicos que herbivoraram as espécies *Coccoloba mollis*, *Lafoensia pacari*, *Myrsine umbellata* e *Zeyheria tuberculosa*. Neste caso, vimos que já foram documentadas as interações entre minadores desta família com o gênero *Coccoloba* em Porto Rico, Costa Rica, Paraguai e Argentina (SANTIAGO-BLAY, 2004), *Lafoensia pacari* em floresta ombrófila mista (WIKLER; SOUZA, 2007) e *Myrsine umbellata* em floresta ombrófila densa (GANHO; MARINONI, 2006). Também verificamos que esses insetos fizeram o início da mina próximos a margem foliar. Com base nestes dados, interpretamos essa ordem como sendo generalista. Hering (1951) complementa que não conseguiu definir as características gerais que pudessem definir a ordem coleóptera. Isso pode ter ocorrido devido ao fato de que as sete famílias minadoras que compõem essa ordem, possuem origens evolutivas diferentes (CROWNSON, 1981; LABANDEIRA, 2002) e desse modo, cada uma das famílias podem ter comportamento diversificados, impossibilitando uma generalização.

A ordem lepidóptera mostrou ter inclinação de desenvolver minas do tipo caminho e serpentina em espécies vegetais do hábito arbóreo e trepador. A grande maioria destas espécies encontradas teve a sua crisálida dentro das minas. Observamos também que a oviposição e conseqüente início da mina destes animais ocorrem principalmente próximos a nervura central. Em relação a esta ordem, alguns de nossos dados vão de encontro aos de Hering (1951), em que ele documentou haver minas do tipo serpentina em espécies herbáceas das famílias Polygonaceae e Ramnaceae. Ele também salienta que de acordo com o local de oviposição, a mesma espécie pode realizar tipos de minas diferentes, como por exemplo, a espécie *Nepticula atricollis*, em que se a fêmea depositar ovos próximos a margem

foliar, a larva tem uma tendência a realizar mina do tipo caminho, e se a oviposição ocorrer próxima a nervura central, a tendência é ocorrer minas do tipo serpentina. Sobre isso, presenciamos os indivíduos da família Phoridae realizarem as minas caminho e redonda em uma mesma folha de *Chromolaena maximiliani*. Quanto a questão da crisálida, Needham, Frost e Tothill (1928) relataram que a maioria das larvas minadoras de folhas passam toda a sua vida larval dentro de uma única mina, e muitos realizam a pupa dentro desta mina, com ou sem um casulo e preso à parede ou livre.

A espécie da ordem díptera apresentam primazia pelas espécies de hábito herbáceo e trepador. Nas plantas em questão, se iniciaram a maioria das minas próximas a nervura central, e as minas formadas foram do tipo caminho e serpentina. Nossos dados foram de encontro os trabalhos de Needham, Frost e Tothill (1928), onde relataram ter encontrado minas do tipo caminho e serpentina em espécies herbáceas de Asteraceae e Lamiaceae. Também foi a única ordem da nossa pesquisa em que a maioria dos indivíduos preferiram realizar sua crisálida fora da folha. Esses indivíduos amostrados podem estar dentro do grupo de dípteros minadores que modificaram seu comportamento, economizando energia no momento de saída da pupa e garantindo maior longevidade em relação as espécies que empupam dentro da mina, pois estes gastam energia para abrir o pupário e romper a epiderme foliar (HERING, 1951).

Os indivíduos da ordem hymenoptera em questão, mostraram ter uma prioridade em parasitar as minas do tipo serpentina, iniciadas próximas a nervura central, encontradas principalmente em espécies trepadeiras e herbáceas. Em outras pesquisas com esta ordem, foi mostrado que o tipo de mina considerada característico é o tipo manchão (EISEMAN; SMITH, 2017; HERING, 1951; NEEDHAM; FROST; TOTHILL, 1928), sinalizando que os indivíduos encontrados nesta pesquisa são parasitas. Quanto as espécies vegetais herbivoradas, somente pudemos encontrar trabalhos que demonstraram ter encontrado minas em plantas herbáceas e arbóreas (EISEMAN; SMITH, 2017; LEPPÄNEN; LISTON; NYMAN, 2012; NEEDHAM; FROST; TOTHILL, 1928).

Quanto aos indivíduos hemípteras encontrados, pudemos observar que se desenvolveram impreterivelmente dentro das minas do tipo caminho, serpentina e manchão, em *Siparuna guianensis*, *Emilia sonchifolia*, *Trichillia pallida* e *Lepidaploa cotoneaster*. Não encontramos nada na literatura sobre uma interação

entre os insetos minadores e hemípteros, por isso sugerimos estudos para averiguar esse tipo de interação.

CONCLUSÃO

No cerrado ocorrem quatro ordens de insetos minadores foliares, Coleoptera, Diptera, Hymenoptera e Lepidoptera, e quatro tipos de minas, caminho, serpentina, redonda e manchão. A mina serpentina é a mais frequente no cerrado. As minas serpentina e caminho são frequentes nas plantas de hábito trepador, enquanto manchão e redonda são mais frequentes nos hábitos arbóreo e herbáceo, respectivamente. A oviposição de Coleoptera e Diptera ocorrem na margem foliar e de Lepidoptera próximo a nervura central. Coleoptera, Lepidoptera e Hymenoptera realizam a crisálida dentro da mina enquanto Diptera realiza a pupa fora da folha.

REFERENCIAS BIBLIGRÁFICAS

ALMEIDA-CORTEZ, J.S.; MELO-DE-PINNA, G.F.A. Morphology and anatomy of a leaf mine in *Vismia guianensis* (Aubl.) Choisy (Clusiaceae) in a fragment of Brazilian Atlantic forest. **Brazilian Journal of Biology**, v. 66, p. 759-763, 2006.

APARECIDA-ASSIS, G. et al. Leaf miner incidence in coffee plants under different drip irrigation regimes and planting densities. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.47, n.2, p.157-162, 2012.

ARAÚJO, W. S. de. A importância de fatores temporais para a distribuição de insetos herbívoros em sistemas Neotropicais. **Revista da Biologia**, n. 10, v. 1, p. 1-7, 2013.

ARAÚJO, W. S. de; SANTOS, B. B. dos. Efeitos do habitat e da sazonalidade na distribuição de insetos galhadores na Serra dos Pirineus, Goiás, Brasil. **Revista De Biologia Neotropical / Journal of Neotropical Biology**, n.5, v. 2, p. 33–39, 2010.

BAIRSTOW, K. A.; CLARKE, K. L.; MCGEOCH, M. A.; ANDREW, N. R. Leaf miner and plant galler species richness on Acacia: relative importance of plant traits and climate. **Oecologia**, n. 163, p. 437–448, 2010.

CAVASSAN, O. Restauração de áreas degradadas. In: ROSA, A. H.; FRACETO, L. F.; MOSCHINI-CARLOS, V. (Org.). **Meio ambiente e sustentabilidade**. Porto Alegre: Bookman, p. 283-300, 2012.

CHEN, J. et al. Leaf miner-induced morphological, physiological and molecular changes in mangrove plant *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. **Tree Physiology**, v. 37, p. 82–97, 2016.

CHRISTIANINI, A. V. Crop size influences pre-dispersal seed predation in the Brazilian Cerrado. **Acta Botanica Brasilica**, v. 32, 2017.

CONNOR, F.; TAVERNER, M. P. The evolution and adaptive significance of the leaf-mining habit. **Oikos**, v. 79, p. 6-25, 1997.

COUTINHO, L.M. O Bioma do Cerrado. In: KLEIN, A.L. **Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois**. Editora da UNESP, p. 77-91, 2002.

CROWSON, R.W. **The Biology of the Coleoptera**. New York: Academic Press. 1981.

CSÓKA, G. **Leaf mines and leaf miners**. Hungarian Forest Research Institute, Budapest, 2003.

DARWIN, C. On the movements and habits of climbing plants. Journal of the Linnean Society, ser. **Botany**, v.9, p. 1-118, 1865. Disponível em: <<https://archive.org/details/Onmovementshabi00Darw/mode/2up> >. Acesso em: 21 de out. de 2020.

DEMOLIN LEITE, G. L. et al. Habitat complexity and caryocar brasiliense herbivores (insecta: arachnida: araneae). **Florida Entomologist**, v. 95, n.4, 2012.

DIAS, B. F. S. **Alternativas de desenvolvimento dos Cerrados: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis**. Brasília, 1992.

DINIZ, I. R. et al. Insetos minadores em *Roupala montana*: comparação entre cerrado queimado e não queimado. **Heringeriana**, Brasília, v. 2, n. 1, p. 47-52, 2008.

EISEMAN, C. S. SMITH, D. R. Nearctic species of *Metallus forbes* (hymenoptera: tenthredinidae): biology and distribution. **Proceedings of the Entomological Society of Washington**, v.119, p. 4, p. 551-564, 2017.

ELB, P.M; MELO-DE-PINNA, G.F.; MENEZES, N.L. de. Morphology and anatomy of leaf miners in two species of Commelinaceae (*Commelina diffusa* Burm. f. and *Floscopa glabrata* (Kunth) Hassk). **Acta Botanica Brasilica**. v. 24, n.1, p. 283-287, 2010.

ELLENBERG, H.; MUELLER-DOMBOIS, D. 1967. A key to Raunkiaer plant life forms with revised subdivisions. **Berichte Des Geobotanischen Institutes Der Eidg. Techn. Hochschule Stiftung Rubel**, Zurich v. 37, p. 56-73, 1967.

GANHO, N.G.; MARINONI, R.C. A variabilidade espacial das famílias de Coleoptera (Insecta) entre fragmentos de Floresta Ombrófila Mista Montana (Bioma Araucária) e plantação de *Pinus elliottii* Engelmann, no Parque Ecológico Vivat Floresta, Tijucas do Sul, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 23, n.4, p. 1159-1167, 2006.

GAO, Y et al. A decade of leafminer invasion in China: lessons learned. **Pest Manag Sci**, v. 73, p. 1775-1779, 2017.

GULLAN P. J.; CRANSTON P. S. **The Insects: An Outline of Entomology**. Blackwell Science, Oxford, 2000.

HARIDASAN, N. Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, n. 1, p. 54-64, 2000.

HERING, E.M. **Biology of the leaf miners**. Berlin, Dr. W. Junk Gravenhage, 1951.

HESPENHEIDE, H. A. Bionomics of leaf-mining insects. **Annual Review of Entomology**, v. 36, p. 535-560, 1991.

IPMET, Bauru. Dados Históricos Bauru. 2021. Disponível em: <https://www.ipmetradar.com.br/2estHist.php>. Acesso em: 07 de fev. de 2021.
KOEPPEN, W. **Climatología**. Fondo de Cult. Economica, Mexico, 1948.

LABANDEIRA C. C. The history of associations between plants and animals. In: **Plant–Animal Interactions: An Evolutionary Approach**, HERRERA, C. M.; PELLMYR, O., p. 26–74. Blackwell Science, Oxford, 2002.

LEPPÄNEN, S. A.; LISTON, A. D.; NYMAN, T. Phylogenetics and evolution of host-plant use in leaf-mining sawflies (Hymenoptera: Tenthredinidae: Heterarthrinae). **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 64, n. 2, p. 331-341, 2012.

LIU, W. -H.; DAI, X. -H.; XU, J. -S. Influences of leaf-mining insects on their host plants: A review. **Collectanea Botanica**, 2015.

MARDEGAN, C.M. **A ocorrência de espécies de cerrado em 18 fragmentos com fisionomia florestal no Noroeste do Estado de São Paulo e as características do solo**. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas - Botânica) - Instituto de Biociência, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2012.

MELO-DE-PINNA, G.F.A.; KRAUS, J.E. & MENEZES, N.L. Morphology and anatomy of leaf mine in *Richterago riparia* Roque (Asteraceae) in the campos rupestres of Serra do Cipó, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 62, p. 179-185, 2002.

MORENO, M.I.C.; SCHIAVINI, I. HARIDASAN, M. Fatores edáficos influenciando na estrutura de fitofisionomias do Cerrado. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia. v. 9, n. 25, p. 173-194, 2008.

MUNDACA, E. A.; PARRA, L. E.; VARGAS, H. A. A new genus and species of leaf miner (Lepidoptera, Gracillariidae) for Chile associated to the native tree *Lithraea caustica*. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.57, n.2, p. 157–164, 2013.

NEEDHAM, J.G.; FROST, S.W.; TOTHILL, D. Leaf-mining insects. Baltimore, **The Williams & Wilkens**, Co, 1928.

OLIVEIRA, C.M. de; FRIZZAS, M.R. Insetos de Cerrado distribuição estacional e abundância. In: **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Embrapa, Planaltina, DF, 2008.

PINHEIRO, F.; DINIZ, I. R.; KITAYAMA, K. Comunidade Local de Coleoptera em Cerrado: Diversidade de Espécies e Tamanho do Corpo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 27, n. 4, 1998.

ROTT, A.S.; GODFRAY, H.C.J. The structure of a leaf miner parasitoid community. **Jornal of Animal Ecology**, v. 69, p. 274-189, 2000.

SANTIAGO-BLAY, J.A. Leaf mining chrysomelids. In: **Developments on the Biology of Chrysomelid**. 2004.

SANTOS, J. P. **Parasitoides associados a insetos minadores presentes em vegetação espontânea em pomar de citros**. 2005. 170 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

SANTOS, J. P.; REDAELLI, L. R.; SOGLIO, F. K. Dípteros minadores e seus parasitoides em plantas de crescimento espontâneo em pomar orgânico de citros em Montenegro, RS, Brasil. **Iheringia**. Série Zoologia, Porto Alegre, v. 97, n.3, p. 280-285, 2007.

SÃO PAULO (ESTADO). Resolução SMA 37. **Dispõe sobre os procedimentos preparatórios para a criação do Mosaico de Unidades de Conservação do Cerrado Paulista, que abrange o Refúgio de Vida Silvestre Aimorés e Área de Relevante Interesse Ecológico - ARIE Leopoldo Coutinho, localizados nos Municípios de Agudos, Bauru e Pederneiras – SP**. São Paulo: Diário Oficial do Estado de São Paulo – Meio Ambiente, 04 de abril de 2018.

SOUZA, V. C.; BEVILACQUA-FLORES, T.; LORENZI, H. **Introdução à Botânica: Morfologia**. Instituto Plantarum de Estudos da Flora LTDA, 2019.

SYSTAT SOFTWARE Inc. **SigmaPlot for windows**, version 14.0. 2018. Disponível em: < <https://systatsoftware.com/products/sigmaplot>>. Acesso em 23 de out. de 2018.

WEISER, V. de L. **Árvores, arbustos e trepadeiras do cerradão do Jardim Botânico Municipal de Bauru, SP**. 2007. 111 f. Tese (Doutorado em Ecologia).

WIKLER, C.; SOUZA, P. G. *Sypharea uberabensis* (Coleoptera: Chrysomelidae) potencial agent for biological control of *Thibolchina herbaceae* (Melastomataceae) in archipelago Hawaii, USA. In: **Proceedings of the XII International Symposium on Biological Control of Weeds**. 2007.

Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=Yh48PI371GAC&oi=fnd&pg=PA340&dq=chrysomelidae+lafoensia+pacari&ots=vMKpz0g2jU&sig=kDI64fv5kYUJIWljCY1lp1gMEHA#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 08 de fev. de 2021.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observamos ao longo da nossa pesquisa que os insetos minadores desenvolveram características e hábitos diferentes no cerrado. Dentre estas estratégias, verificamos que o atributo textura influencia na escolha destes insetos em ovipositarem e, conseqüentemente, no desenvolvimento destas larvas nas folhas das plantas arbóreas. Estes insetos possuem prioridade pelas folhas cartáceas das espécies arbóreas. Não constatamos preferência pelo tipo de margem foliar. É provável que adaptações evolutivas tenham permitido que insetos minadores possam herbivorizar folhas com diferentes tipos de margens. Além de atestar que por mais significativa que seja a presença de cera como estratégia para reduzir a herbivoria, sozinho esse atributo não é eficaz. É importante ressaltar que uma maior área foliar não significa maior herbivoria e sim que os insetos minadores prezam pela qualidade do recurso consumido pela larva. Para os atributos foliares presença de indumento, cera e glândula, é necessário a realização de pesquisas isoladas para analisar os metabólitos secundários, para comprovar se de fato existe ou não uma preferência dos insetos minadores por esses atributos foliares da planta.

Os tipos de minas serpentina e manchão foram os mais comuns, mas não podemos generalizar para todas as fisionomias de cerrado, uma vez que existem diversas variáveis que influenciam na riqueza e distribuição destes insetos.

Verificamos que o procedimento de manutenção do desenvolvimento larval, feito por meio da manutenção e cuidado por meio de sacos hermeticamente fechados furados para respiração da planta e, conseqüente dos insetos minadores, não foi o mais adequado, uma vez que ocorreu uma alta taxa de mortalidade. Sugerimos a necessidade do desenvolvimento de um método mais apropriado, por meio da elaboração de um protocolo que demonstre qual é a melhor opção para realizar o cuidado e manutenção da larva minadora dentro da folha minada.

Constatamos em nossa pesquisa que todas as ordens de insetos minadores produzem minas com mais frequência em espécies de hábito herbáceo. Mas, novamente, não podemos generalizar e esperar que este padrão ocorra em todas as fisionomias de cerrado.

ANEXO 1

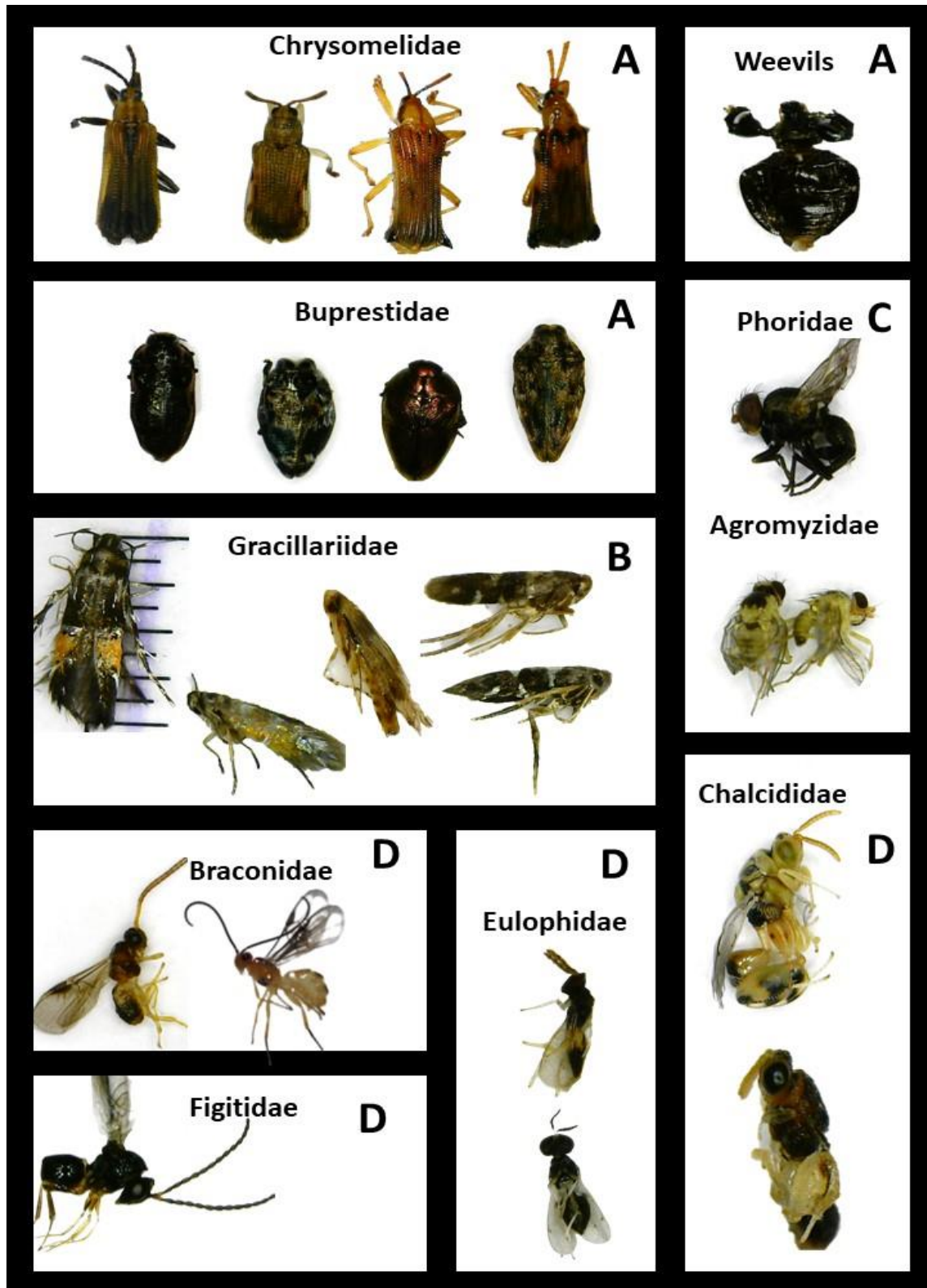


Figura 1. Indivíduos amostrados nas minas foliares com suas respectivas famílias. A. Famílias da ordem Coleoptera. B. Família da ordem Lepidoptera. C. Famílias da ordem Diptera. D. Famílias da ordem Hymenopteras parasitas de minadores. Fonte: autoria própria.

ANEXO 2



Figura 2. Indivíduos da ordem Hemiptera amostrados inicialmente como ovos dentro das minas foliares. Fonte: autoria própria.