



Journal of Environmental Analysis and Progress



ISSN: 2525-815X

10.24221/jeap.10.4.2025.6715.181-197

Riqueza de galhas em plantas hospedeiras da família Melastomataceae: uma revisão da literatura

Gall richness on host plants of the Melastomataceae family: a literature review

Juliana Luna Moreira de Faria^a, Juliana Santos Silva^a, Jarcilene Silva Almeida^b

^a Universidade do estado da Bahia-UNE. Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal, Departamento de Biologia Vegetal, Campus Paulo Afonso. Rua da Gangorra, n. 503, General Dutra, Paulo Afonso, Bahia, Brasil. CEP: 48608-240. E-mail: julianalmfaria@gmail.com (Autor correspondente), jusilva@uneb.br.

^b Universidade Federal de Pernambuco-UFPE. Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal. Avenida Prof. Moraes Rego, n. 1235, Cidade Universitária, Recife, Pernambuco, Brasil. CEP: 50670-9010. E-mail: jarcilene@pq.cnpq.br.

ARTICLE INFO

Recebido 17 Fev 2024

Aceito 24 Mar 2025

Publicado 02 Out 2025

ABSTRACT

Galls play a crucial role as indicators of environmental changes, with their diversity easily influenced by both the 'top-down' and 'bottom-up' cascade effects, as well as the diversity of host plants. These insects are associated with modifications in the morphology and anatomy of plants, resulting in hypertrophy (an abnormal increase in cell volume) or hyperplasia (an abnormal increase in the number of cells) in the organs and tissues of host plants. They exhibit high specificity towards their host plants. Melastomataceae is one of the most important families in the Neotropical flora, known for hosting a high diversity of galls. In this context, the study aimed to review gall richness in the Melastomataceae family, comprehensively analyzing the main plant species within the family and their primary inducers. The review was conducted by searching for relevant scientific articles in various databases, including the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) Periodicals Portal, ProQuest, SciELO, Scopus, SPELL, and Springer Science databases, from November 2022 to July 2023. The results provided a comprehensive characterization of galls in the family, along with data indicating that the genus *Miconia* Ruiz & Pavón has the highest abundance (42.53%) and richness (n = 15) of galls. The Cecidomyiidae family (Diptera) (39,71%) stood out for gall-inducing insects. The literature analysis revealed a significant increase in the number of articles dedicated to gall richness in this family. There has been continued growth in research, with substantial studies conducted in various parts of the world.

Keywords: Interaction, *Miconia*, Cecidomyiidae, galling insect.

RESUMO

As galhas desempenham um papel crucial como indicadores de alterações ambientais, sendo sua diversidade facilmente influenciada, tanto pelo efeito cascata 'top-down', quanto pelo efeito 'bottom-up', além da diversidade das plantas hospedeiras. Esses insetos estão associados a modificações na morfologia e anatomia das plantas, resultando em hipertrofia (aumento anormal do volume celular) ou hiperplasia (aumento anormal do número de células) nos órgãos e tecidos das plantas hospedeiras. Eles possuem alta especificidade em relação às plantas hospedeiras. Melastomataceae é uma das mais importantes famílias da flora neotropical e seus representantes são conhecidos por hospedarem uma alta diversidade de galhas. Nesse aspecto, o estudo objetivou realizar uma revisão sobre a riqueza de galhas na família Melastomataceae, apresentando uma análise completa sobre as principais espécies de plantas hospedeiras da família, assim como seus principais indutores. A revisão foi realizada buscando artigos científicos relevantes a partir das diferentes bases de dados: Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), ProQuest, SciELO, Scopus, SPELL e Springer Science databases no período de novembro-2022 a julho-2023. Os resultados apresentaram uma ampla



Journal of Environmental Analysis and Progress 42 2016
is licensed under CC BY-NC-SA 4.0

caracterização das galhas presentes na família, assim como dados que mostraram o gênero *Miconia* Ruiz & Pavón com maior abundância (42,53%) e riqueza (n=15) de galhas. Considerando os insetos indutores de galhas, foi possível destacar a família Cecidomyiidae (Diptera) (39,71%). A análise da literatura revelou um aumento significativo na quantidade de artigos dedicados à riqueza de galhas nesta família. Constatou-se um crescimento contínuo na pesquisa, com estudos importantes conduzidos em várias regiões do mundo.

Palavras-Chave: Interação, *Miconia*, Cecidomyiidae, inseto galhador.

Introdução

Insetos herbívoros fazem parte de um grupo funcional diverso que explora tecidos vegetais por meio de diferentes estratégias alimentares. Contudo, apenas uma fração desses indivíduos é capaz de induzir alterações morfológicas e anatômicas nos tecidos de suas plantas hospedeiras. Dentre esses, pode-se destacar os insetos galhadores, que estão associados ao desenvolvimento de estruturas denominadas galhas, resultante de um aumento anormal do volume celular (hipertrofia) ou número de células (hiperplasia) (Mani, 1964; Stone & Schönrogge, 2003), de órgãos e tecidos das plantas hospedeiras (Fernandes & Negreiros, 2001; Isaías et al., 2014).

Embora diversas espécies de insetos se alimentem de forma livre em plantas, sem causar quaisquer modificações significativas, os galhadores são categorizados como herbívoros altamente especializados (Cook et al., 2002). Estes apresentam uma notável especificidade em relação à planta hospedeira, explorando eficientemente os recursos disponíveis ao se alimentarem da seiva no sistema vascular. Além disso, os insetos galhadores obtêm, simultaneamente, proteção física contra predadores em condições abióticas, conforme descrito por Fernandes & Price (1992).

Tais insetos possuem uma alta especificidade quanto às plantas hospedeiras; essa característica se restringe a poucos táxons vegetais, refletindo uma coevolução estreita entre as espécies (Fernandes & Negreiros, 2001; Tooker & Helms, 2014; Harris et al., 2017). Estudos mostram que a indução de galhas representa uma grande fonte de estresse para as plantas, afetando a alocação de recursos e a capacidade reprodutiva dos hospedeiros, reduzindo a produção de flores, frutos e sementes, o que está diretamente associado à dinâmica populacional dessas espécies vegetais (Wilson et al., 2010; Wilson & Fernandes, 2013; Araujo, 2019).

Alguns grupos de plantas possuem uma alta riqueza de galhas, e são denominados de super-hospedeiros (Ribeiro et al., 2019). Tais espécies vegetais super-hospedeiras possuem alta importância ecológica e são essenciais para testes de hipóteses ecológicas para avaliar a fauna associada de galhadores (Espírito-Santo &

Fernandes, 2007; Ribeiro & Basset, 2007; Ribeiro et al., 2019).

Melastomataceae é uma das mais importantes famílias da flora neotropical (Oliveira et al., 2013). No Brasil, a família está representada por 70 gêneros e, aproximadamente, 1.430 espécies (Michelangeli et al., 2017; Re flora, 2024). Seus representantes são conhecidos por hospedarem uma alta diversidade de galhas (Mani, 1964; Fernandes et al., 2008; Fernandes et al., 2012). Alguns estudos, durante anos, buscaram descrever essa diversidade e apontaram para 14 diferentes morfotipos de galhas associados à família (Fernandes et al., 2001; Maia & Fernandes, 2004; Maldonado & Fernandes, 2020), tornando assim a Melastomataceae uma das quatro famílias com maior diversidade de galhas.

Nesse contexto, o estudo objetivou elucidar e compreender os dados em relação à distribuição geográfica dessas plantas no Brasil e fornecer dados para estudos futuros sobre o tema.

Material e Métodos

A pesquisa de artigos relacionados à ocorrência de galhas associadas à família Melastomataceae foi realizada por meio da busca de artigos científicos depositados em diferentes bases de dados. Eles foram consultados em diferentes bases de dados do Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), ProQuest, SciELO, Scopus, SPELL e Springer Science databases. A busca foi realizada considerando o período de novembro de 2022 a julho de 2023. Além dessas bases de dados, foi consultado o Google Scholar. Os termos de busca foram divididos em duas seções temáticas para garantir uma ampla cobertura de resultados. Foi utilizada a lógica booleana “OR” para conectar termos em cada grupo, enquanto “AND” foi utilizada para combiná-los em uma cadeia de busca adequada ao tema em estudo.

O principal objetivo dessa busca foi identificar publicações que discutem a presença de galhas na família Melastomataceae. As buscas empregaram os seguintes termos: ("Gall" OR "Galls" OR "Galhas") AND ("Melastomataceae" OR "Melastomatacea"). Os artigos foram posteriormente filtrados por tipo de documento e idioma, utilizando os seguintes critérios: LIMIT-

TO (DOCTYPE, "ar") AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, "English") OR LIMIT-TO (LANGUAGE, "Portuguese")) (Figura 1).

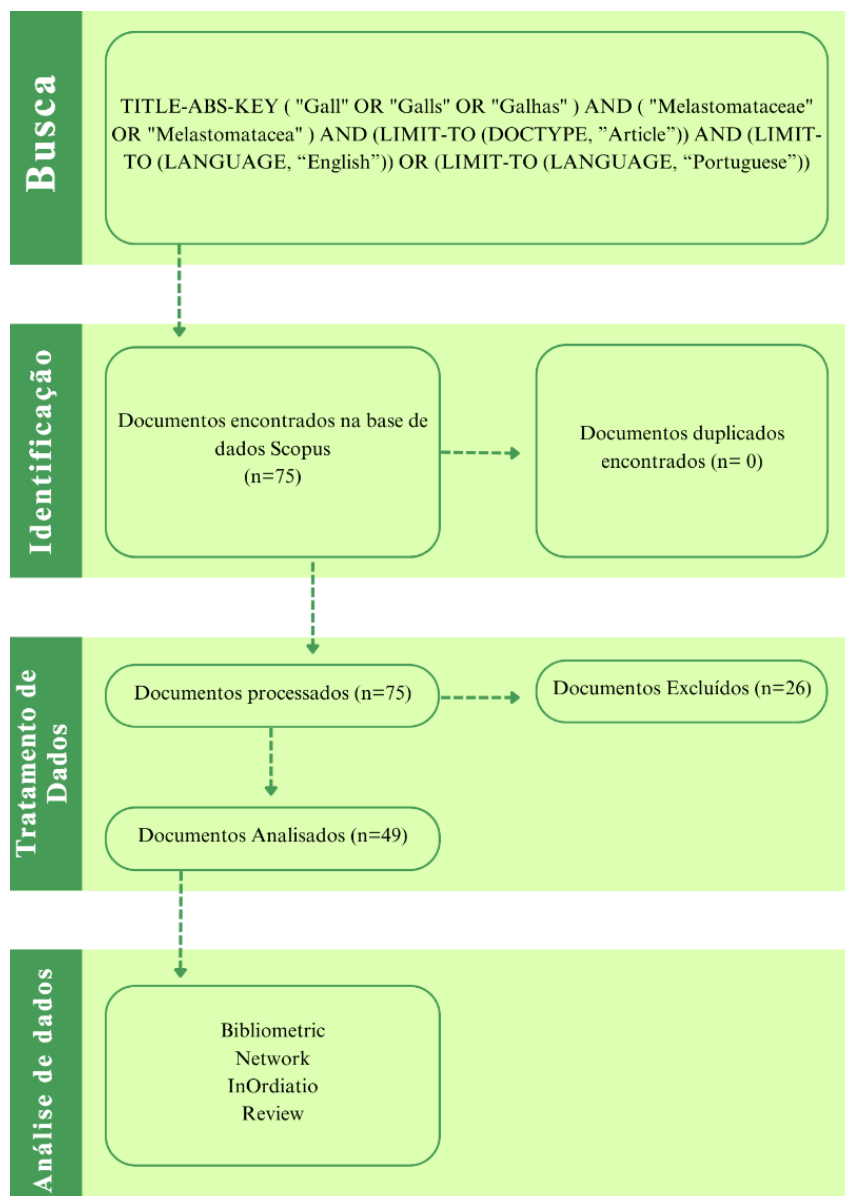


Figura 1. Resumo gráfico do método utilizado no estudo, abordando a identificação dos principais representantes da família Melastomataceae como hospedeiras de galhas no Brasil, no período de novembro de 2022 a julho de 2023. Fonte: Faria (2023).

Foram considerados apenas artigos publicados no período de 1988 a 2023. Teses ou dissertações de graduação não foram incluídas nas buscas, assim como artigos de revisão, em função da dificuldade de encontrar o documento completo.

Os dados obtidos na plataforma Scopus foram exportados em formato *.csv para o processamento inicial. Nesta etapa, os títulos, resumos e palavras-chave de todos os documentos recuperados foram analisados para excluir aqueles fora do escopo temático do estudo. Foram removidas, revisões da literatura que, embora tenham passado pelo filtro inicial, assim como revisões críticas e artigos sobre ecologia e

conservação, não abordavam diretamente galhas em Melastomataceae. A seleção dos artigos se deu pela leitura do título, palavras-chave e resumo. Foram excluídos todos os artigos em que os dados não foram coletados no Brasil, e que não se adequaram ao título, tema ou que as informações não foram relevantes para a pesquisa; esses artigos não se enquadraram no objetivo geral da pesquisa (Figura 1).

Os artigos selecionados foram listados quanto à revista onde o estudo foi publicado, ano de publicação e, sequencialmente, a área de conhecimento abordada: "anatomia, ecologia,

histologia, citologia e diversidade de galhas”, com base no corpo do texto.

Os dados processados foram analisados utilizando o R e o ambiente RStudio IDE, versão R4.4.1 (Posit PBC), com o pacote Bibliometrix (Aria & Cuccurullo, 2017) e o Microsoft Excel®. As análises de redes de interação foram realizadas com o *software* Vosviewer, versão para as análises baseadas em R; foram utilizados artigos exportados da base Scopus em formato BibTeX. Utilizando o pacote Bibliometrix, foram realizadas análises dos autores, países e palavras-chave mais relevantes. Para a análise dos artigos de maior impacto, foi utilizado o Microsoft Excel®, aplicando o método do índice Ordinatío, proposto por Pagani et al. (2015).

As informações sobre morfotipos encontradas nos artigos compilados foram padronizadas, seguindo a terminologia proposta por Isaias et al. (2013). Este processo envolveu a análise detalhada das características morfológicas descritas para cada estudo; tal processo se deu para adequar as classificações aos padrões estabelecidos, assegurando a consistência e a validação dos morfotipos. As demais informações sobre inseto galhador, estados e instituições foram extraídos manualmente de cada artigo após uma leitura completa.

Foram analisados dados referentes aos diferentes gêneros da família Melastomataceae, incluindo: (I) o número total de espécies descritas por gênero (extraído da Flora do Brasil), (II) o número de espécies hospedeiras efetivamente associadas à formação de galhas e (III) o número de tipos distintos de galhas registrados por gênero (extraídos dos artigos estudados). As informações

foram organizadas em uma matriz de dados e processadas no *software* R (4.4.1). Todas as análises foram realizadas com base em valores agregados por gênero.

Foram realizadas análises descritivas e de correlações (Pearson e Spearman) entre o número de tipos de galhas, espécies hospedeiras e total de espécies por gênero. Foi realizada uma regressão linear múltipla para identificar os preditores mais relevantes da diversidade de galhas. Um modelo neutro foi testado por regressão simples, comparando valores observados e esperados, sendo aplicada uma análise de agrupamento (k-means) para identificar padrões entre os gêneros.

Resultados

Panorama de galhas em Melastomataceae

Foi encontrado um total de 75 artigos publicados entre 1988 e 2023, somando todas as bases de dados escolhidas para a pesquisa, sobre a ocorrência de galhas na família Melastomataceae. Entre essas publicações, 48 artigos foram conduzidos no Brasil, seguidos pela Costa Rica (n=9). Destaca-se que o número de publicações sobre galhas em Melastomataceae apresentou um crescimento significativo, passando de uma única publicação em 2001 para 13 publicações em 2013 (16,67%), seguido pelos anos de 2014, 2019 e 2021 (8,33%) (Figura 2). Esse crescimento pode estar associado ao aumento de interesse científico nas interações ecológicas envolvendo insetos galhadores e espécies da família Melastomataceae, especialmente referentes à diversidade morfológica das galhas e à especificidade da indução e espécie hospedeira, bem como seu efeito no ecossistema (Carneiro et al., 2009).

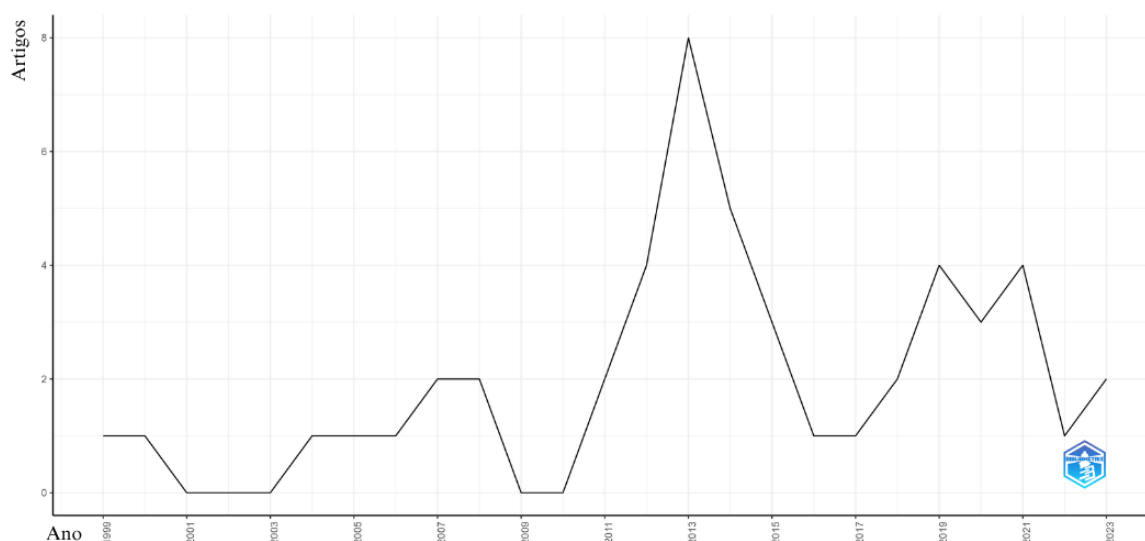


Figura 2. Evolução do número de artigos científicos publicados sobre galhas em Melastomataceae, no período de novembro de 2022 a julho de 2023. Fonte: Faria (2023).

Os artigos foram publicados em 28 periódicos diferentes. A Revista Brasileira de Entomologia foi o periódico com maior quantidade de publicações sobre o tema (14,58%), seguida pela revista Biota Neotropica (10,42%) e pela revista Protoplasma (8,33%). Foi observado que um elevado número de artigos publicados sobre

galhas em Melastomataceae no Brasil está publicado em periódicos com amplo histórico de publicação de artigos envolvendo galhas de insetos nos últimos 30 anos (Araújo, 2019). Os periódicos com os maiores valores JCR foram Plant Physiology and Biochemistry (n=6,1), PLoS ONE (n=3,3) e Protoplasma (n=2,5) (Figura 3).

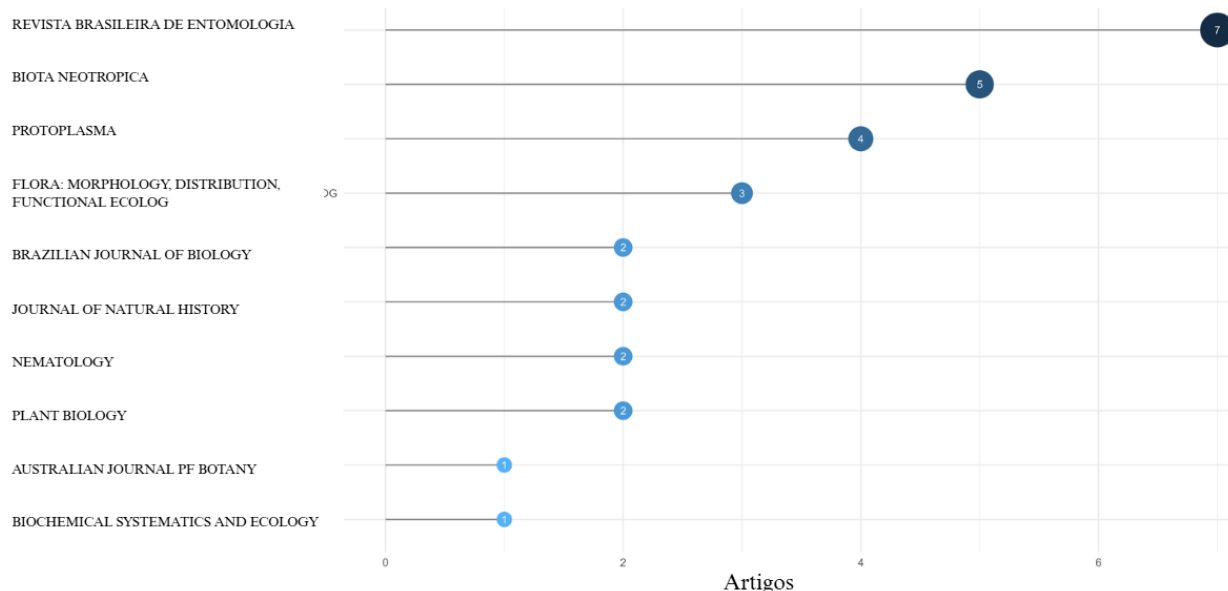


Figura 3. Os 10 periódicos com maior número de publicações sobre galhas em Melastomataceae, no período de novembro de 2022 a julho de 2023. Fonte: Faria (2023).

As palavras-chave utilizadas nos artigos formaram cinco grupos interligados, onde a palavra-chave mais utilizada foi

“Melastomataceae”, seguida por “Lepidoptera”, “Gall”, “Brazil” e “Diptera” (Figura 4).

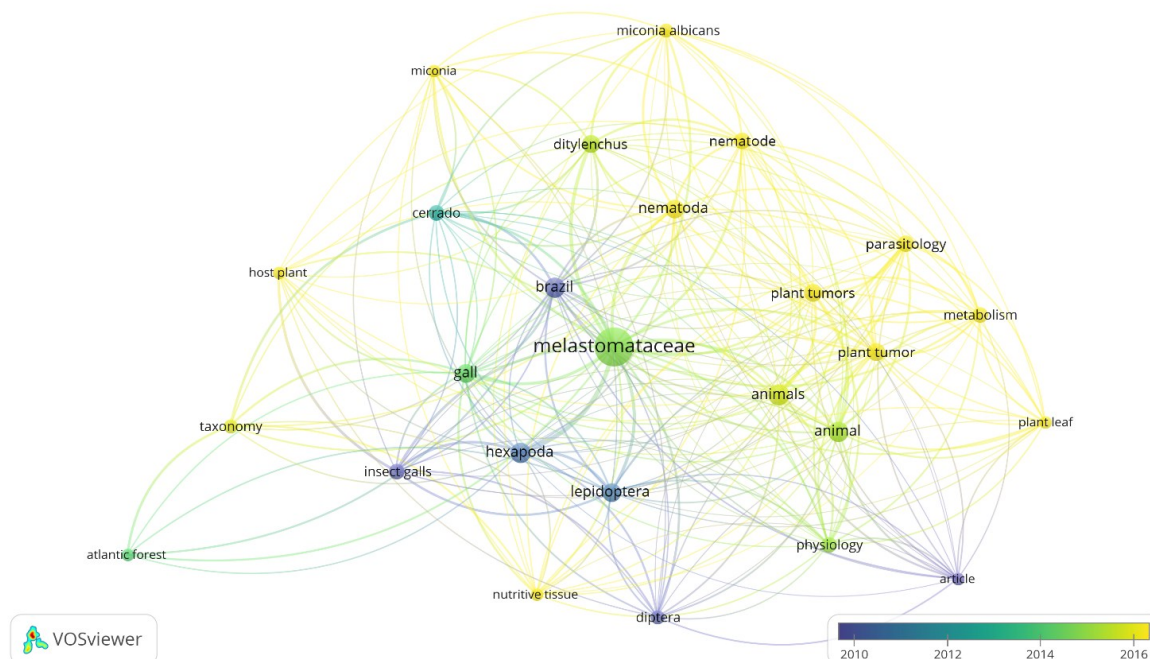


Figura 4. Principais palavras-chave e suas coocorrências em publicações sobre galhas entomógenas em Melastomataceae no Brasil, no período de novembro de 2022 a julho de 2023. Fonte: Faria (2023).

Os artigos publicados se enquadraram em oito áreas de estudo, das quais a diversidade de galhas foi o tema mais comum observado (37,50%), seguida de Ecologia (18,75%) e Anatomia (18,75%) (Figura 5).

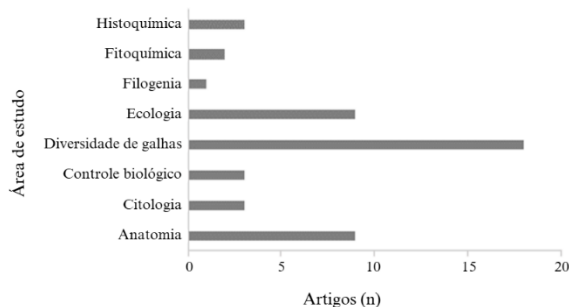


Figura 5. Principais áreas de estudos das 48 publicações analisadas sobre galhas em Melastomataceae, no período de novembro de 2022 a julho de 2023. Fonte: Faria (2023).

A análise espacial das publicações científicas sobre galhas presentes em espécies

vegetais da família Melastomataceae no Brasil, mostrou um padrão desigual de distribuição entre os estados (Figura 5). Foi identificada a ocorrência de galhas em diferentes regiões do país, com destaque para o estado de Minas Gerais, que concentrou o maior número de registros ($n = 25$), seguido por São Paulo, Bahia, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul, que apresentam coloração intermediária no mapa de calor, indicando entre 10 e 20 registros de galhas.

De maneira semelhante, os registros de galhas em plantas da família Melastomataceae demonstram um padrão geográfico concentrado, com ocorrências registradas em 10 estados brasileiros, abrangendo dois biomas: Cerrado (66,66%) e Mata Atlântica (33,34%). O estado de Minas Gerais, mais uma vez, se destacou como a principal área de ocorrência e coleta, sendo responsável por 50% dos registros analisados nas publicações. Em seguida, estão os estados de Goiás (18%) e Rio Grande do Sul (8%) (Tabela 1, Figura 6).

Tabela 1. Relações dos estados e biomas onde foram coletadas as plantas hospedeiras de Melastomataceae presentes em 48 publicações analisadas no período de novembro de 2022 a julho de 2023. Fonte: Faria (2023).

Estado	Ocorrência	Porcentagem	Bioma
Alagoas	1	2	Mata Atlântica
Bahia	1	2	Cerrado
Goiás	9	18	Cerrado
Minas Gerais	25	50	Cerrado / Mata Atlântica
Pará	1	2	Cerrado / Mata Atlântica
Paraná	1	2	Mata Atlântica
Pernambuco	3	6	Mata Atlântica
Rio de Janeiro	2	4	Mata Atlântica
Rio Grande do Sul	4	8	Cerrado / Mata Atlântica
São Paulo	3	6	Mata Atlântica
Total	50	100	-



Figura 6. Mapa de ocorrência, no Brasil, de galhas em Melastomataceae presentes em 48 artigos analisados, no período de novembro de 2022 a julho de 2023. Fonte: Faria (2023).

A análise bibliométrica revelou que a produção científica brasileira sobre galhas em espécies hospedeiras, apresenta uma trajetória de crescimento contínuo nas últimas décadas. A partir dos dados analisados, foi possível observar que a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) foi a principal instituição de pesquisa sobre galhas em Melastomataceae, com 12 artigos publicados até

2024 (Figura 7). Outras instituições de destaque incluem a Universidade Federal de Uberlândia (UFU), a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), cujas produções, embora com menores quantidades de publicações, mantêm um crescimento consistente ao longo do tempo.

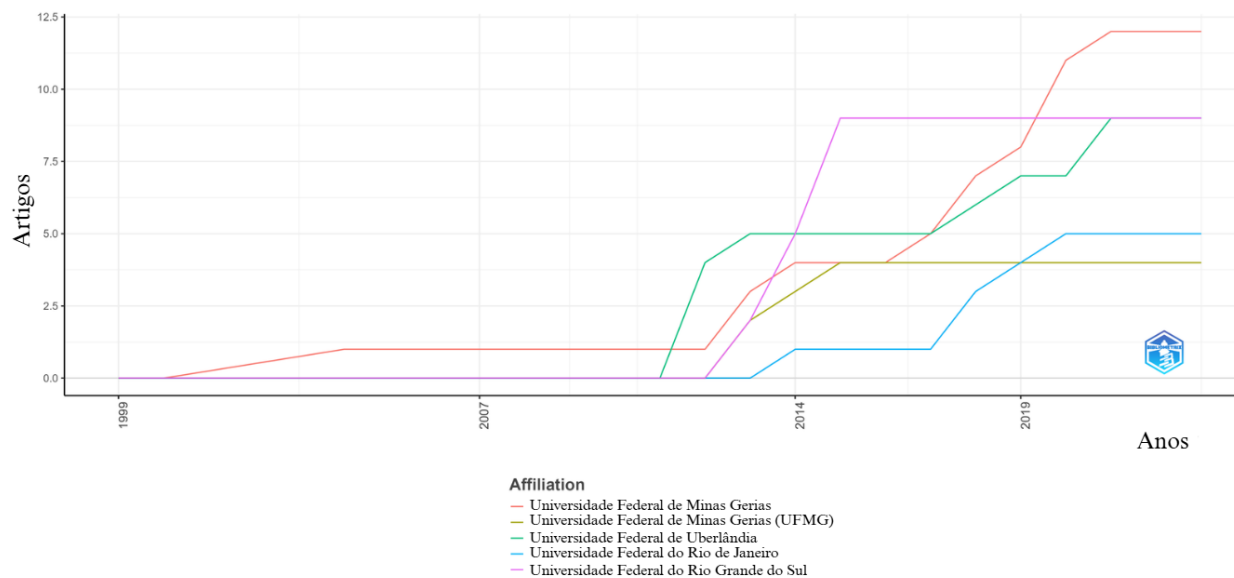


Figura 7. Produção de artigos ao longo do tempo, considerando instituições brasileiras com maior número de publicações sobre galhas em Melastomataceae, no período de novembro de 2022 a julho de 2023. Fonte: Faria (2023).

No que diz respeito aos autores, aproximadamente 10 pesquisadores brasileiros se destacam como os mais produtivos no campo de estudo das galhas. Entre eles, é possível destacar Isaias (2014) e Ferreira (2018), ambos com contribuições regulares e bem distribuídas ao longo dos anos, conforme ilustrado na Figura 8.

Também merecem destaque os autores Maia, Fernandes, Oliveira, e Almeida-Cortez, cuja

produção inclui descrições morfológicas, além de abordagens ecológicas e funcionais.

Somado ao volume de publicações, foi analisado o impacto científico por meio das citações globais. O artigo mais citado foi o de Maia (2004), publicado no *Brazilian Journal of Biology*, com 104 citações, seguido por Motta (2005), com 68 citações, e Ferreira (2014), com 49 citações.

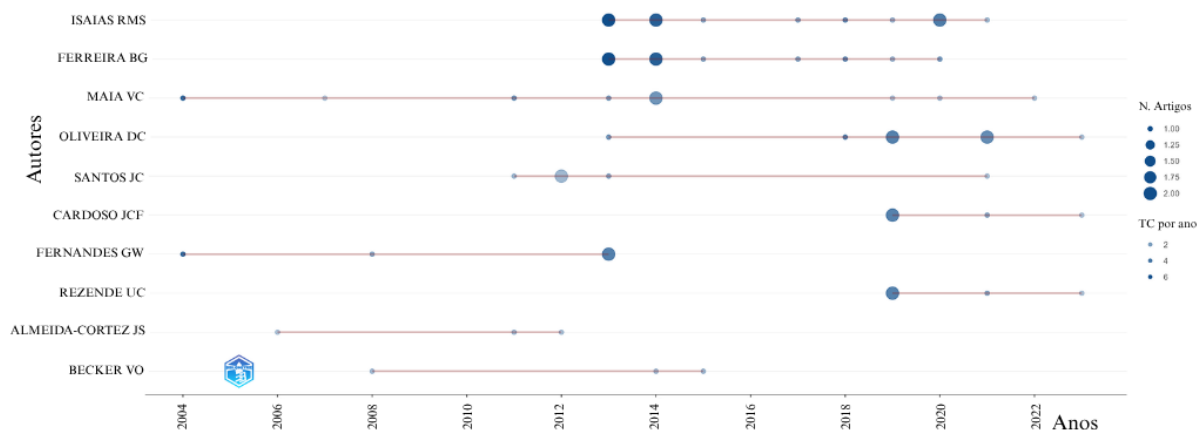


Figura 8. Produção de autores brasileiros, ao longo do tempo, em estudos sobre galhas em Melastomataceae, no período de novembro de 2022 a julho de 2023. O tamanho dos círculos indica o número de artigos por ano e o total de citações. Fonte: Faria (2023).

Utilizando o índice Ordinatío como critério de relevância, foram identificados os artigos com maior impacto sobre galhas associadas a Melastomataceae, entre os anos de 2018 e 2023 (Tabela 2). O estudo considerado mais relevante foi o de Silva et al. (2023), publicado na revista

Nematology, com uma pontuação Ordinatío de 32,2, seguido pelo artigo de Santos et al. (2022) em Papéis Avulsos de Zoologia (n=22,7) e pelo estudo de González et al. (2021) na Revista de Biología Tropical (n=19,8).

Tabela 2. Artigos mais relevantes sobre galhas em Melastomataceae (nov. 2022 – jul. 2023), segundo o ano, revista, citação, JCR (Journal Citation Reports), índice Ordinatío e idade do artigo Fonte: Faria (2023).

Título	Ano	Revista	Citação	JCR	Ordinatío	Idade
Feasibility of <i>Ditylenchus gallaeformans</i> as a biological control agent for invasive <i>Miconia crenata</i>	2023	Nematology	1	1,2	32,2	2
A new species of gall midge (Diptera, Cecidomyiidae) associated with <i>Pleroma raddianum</i> (DC.) Gardner (Myrtales: Melastomataceae), an endemic plant to Brazil	2022	Papeis Avulsos de Zoologia	2	0,7	22,7	3
Gall traits and galling insect survival in a multi-enemy context; [Características de las agallas, y supervivencia de insectos que producen agallas, en el contexto de enemigos múltiples]	2021	Revista de Biología Tropical	9	0,8	19,8	4
Metabolite investments and stress levels among tissue compartments of <i>Palaeomystella oligophaga</i> (Lepidoptera) galls on <i>Macairea radula</i> (Melastomataceae)	2021	Australian Journal of Botany	7	0,9	17,9	4
Cytological attributes of storage tissues in nematode and eriophyid galls: pectin and hemicellulose functional insights	2020	Protoplasma	15	2,5	17,5	5
Extending the knowledge on the histological patterns of leaf galls induced by <i>Ditylenchus gallaeformans</i> (Nematoda) on <i>Miconia</i> (Melastomataceae) hosts	2021	Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants	5	1,7	16,7	4
Apoplast-symplast compartmentalization and functional traits of iron and aluminum in promeristematic tissues of nematode induced galls on <i>Miconia</i> spp.	2020	Plant Physiology and Biochemistry	8	6,1	14,1	5
Variation in the co-occurrence of pathogen and herbivores between ontogenetic stages of <i>Miconia albicans</i>	2021	Trees - Structure and Function	2	2,1	14,1	4
How the activity of natural enemies changes the structure and metabolism of the nutritive tissue in galls? Evidence from the <i>Palaeomystella oligophaga</i> (Lepidoptera) - <i>Macairea radula</i> (Metastomataceae) system	2019	Protoplasma	19	2,5	11,5	6
Antioxidant metabolism in galls due to the extended phenotypes of the associated organisms	2018	PLoS ONE	27	3,3	10,3	7

Todos os artigos com as maiores pontuações tratam de aspectos funcionais, anatômicos e ecológicos das galhas, abordando, desde a interação entre tecidos vegetais e agentes indutores, como o papel de inimigos naturais e compostos antioxidantes na sobrevivência dos galhadores. A utilização do índice Ordinato permitiu destacar, não apenas os estudos mais citados, mas, também, aqueles com alto impacto relativo, considerando a idade da publicação, o fator de impacto da revista e a quantidade de citações do artigo, oferecendo uma visão mais precisa da relevância científica das publicações recentes sobre galhas em Melastomataceae.

Visão geral de galhas em espécies de Melastomataceae

Um total de 167 morfotipos de galhas foi introduzido em 87 citações de plantas hospedeiras, pertencentes a 41 espécies e 15 gêneros. *Miconia* Ruiz & Pavón foi o gênero mais abundante (42,53%), com 13 espécies hospedeiras, dentre elas, a *M. albicans* (Sw.) Triana foi a mais recorrente nos inventários de galhas (12,64%), seguida de *M. prasina* (Sw.) DC (9,2%). *Tibouchina* Aubl. foi o segundo gênero mais abundante (19,54%), com 12 espécies hospedeiras, as espécies *T. stenocarpa* (Schrank & Mart. ex DC.) Cogn. e *T. sellowiana* (Cham.) P.J.F.Guim. & Michelang. foram as mais abundantes (3,45%) (Tabela 3).

Tabela 3. Gêneros e espécies de plantas hospedeiras da família Melastomataceae, no período de novembro de 2022 a julho de 2023, presentes em 48 publicações analisadas. Fonte: Faria (2023).

Espécie	Gênero	Nº	Gênero (%)	Espécie
<i>Aciotis</i> cf. <i>indecora</i>	<i>Aciotis</i>	2	2,33	2,33
<i>Bellucia grossularioides</i>	<i>Bellucia</i>	1	1,16	1,16
<i>Clidemia capitellata</i>		2	5,81	2,33
<i>Clidemia</i> sp. 1	<i>Clidemia</i>	1		1,16
<i>Clidemia</i> sp. 2		1		1,16
<i>Clidemia</i> sp.3		1		1,16
<i>Henriettea succosa</i>	<i>Henriettea</i>	1	1,16	1,16
<i>Lavoisiera compta</i>	<i>Lavoisiera</i>	1	1,16	1,16
<i>Leandra aurea</i>	<i>Leandra</i>	4	4,65	4,65
<i>Macairea radula</i>	<i>Macairea</i>	7	8,14	8,14
<i>Marcetia taxifolia</i>	<i>Marcetia</i>	5	5,81	5,81
<i>Miconia albicans</i>		11	43,02	12,79
<i>Miconia alborufescens</i>		1		1,16
<i>Miconia calvescens</i>		3		3,49
<i>Miconia cinnamomifolia</i>		1		1,16
<i>Miconia latecrenata</i>		2		2,33
<i>Miconia fallax</i>		1		1,16
<i>Miconia hyemalis</i>	<i>Miconia</i>	1		1,16
<i>Miconia ibaguensis</i>		1		1,16
<i>Miconia ligustroides</i>		1		1,16
<i>Miconia prasina</i>		8		9,30
<i>Miconia pusilliflora</i>		1		1,16
<i>Miconia stenostachya</i>		1		1,16
<i>Miconia theaezan</i>		5		5,81
<i>Microlicia</i> sp.	<i>Microlicia</i>	1	1,16	1,16
<i>Mouriri</i> sp.	<i>Mouriri</i>	2	2,33	2,33
<i>Ossaea confertiflora</i>	<i>Ossaea</i>	2	2,33	2,33
<i>Pleroma raddianum</i>	<i>Pleroma</i>	1	1,16	1,16
<i>Tibouchina barbigera</i>		1	19,77	1,16
<i>Tibouchina candolleana</i>		1		1,16
<i>Tibouchina stenocarpa</i>		3		3,49
<i>Tibouchina collina</i>	<i>Tibouchina</i>	1		1,16
<i>Tibouchina faveolata</i>		1		1,16
<i>Tibouchina granulosa</i>		1		1,16
<i>Tibouchina hospita</i>		1		1,16
<i>Tibouchina martiusiana</i>		1		1,16

<i>Tibouchina multiflora</i>	1	1,16
<i>Tibouchina pulchra</i>	2	2,33
<i>Tibouchina sellowiana</i>	3	3,49
<i>Tibouchina trichopoda</i>	1	1,16
Total	86	100

As galhas são induzidas em diferentes órgãos vegetais, sendo a folha (n=64) seu principal órgão hospedeiro, ocorrendo em ambas as faces (abaxial e adaxial), seguida do caule (n=41) e, posteriormente, do fruto (n=1). Foram encontrados oito morfotipos de galhas induzidas nas espécies de Melastomataceae, sendo os mais frequentes o globoide (46,71%), seguido do fusiforme (28,14%) (Tabela 4).

Tabela 4. Morfotipos de galhas relatados em Melastomataceae (48 artigos conduzidos no Brasil). Fonte: Faria (2023).

Morfotipo	N	Porcentagem
Globoide	78	46,71
Fusiforme	47	28,14
Cilíndrico	10	5,99

Amorfa	12	7,19
Discoid	7	4,19
Cônica	6	3,59
Lenticular	5	2,99
Roseta	2	1,20
Total	167	100

Foram encontrados dois filos responsáveis por induzirem galhas em Melastomataceae, Nematoda, formada por apenas uma família, Anguinidae, com a ocorrência de quatro espécies, e Arthropoda, distribuída em três ordens, sendo elas: Coleoptera (1 família, 2 ssp.), Diptera (1 família, 6 ssp.) e Lepidoptera (4 famílias, 7 ssp.). A família Cecidomyiidae, pertencente à ordem Diptera, foi a mais abundante (39,71%), seguida da família Anguinidae (23,53%) (Tabela 5).

Tabela 5. Filo e espécies indutoras de galhas em plantas hospedeiras da família Melastomataceae, no período de novembro de 2022 a julho de 2023, amostradas em 48 artigos conduzidos no Brasil. Fonte: Faria (2023).

Filo	Ordem	Família	Identificação	N	Proc. SSP.	Órgãos da planta
Arthropoda	Coleoptera	Curculionidae	<i>Apion</i> sp.	1	1,47	Folhas e frutos
		Curculionidae	<i>Prospoliata bicolorata</i>	1	1,47	Caule e folha
		Cecidomyiidae	<i>Cecidomyiidae</i> sp.	20	29,41	Caule e folha
		Cecidomyiidae	<i>Bruggmanniella tavaresi</i>	1	1,47	Caule
	Diptera	Cecidomyiidae	<i>Clinodiplosis</i> sp.	1	1,47	Folha
		Cecidomyiidae	<i>Lopesia brasiliensis</i>	3	4,41	Folha
		Cecidomyiidae	<i>Lopesia leandrae</i>	1	1,47	Folha
		Cecidomyiidae	<i>Lopesia pleromatis</i>	1	1,47	Folha
	Lepidoptera	Lepidoptera sp.		11	16,18	Caule e folha
		Agonoxenidae	<i>Palaeomystella oligophaga</i>	5	7,35	Caule e folha
Nematoda	Tylenchida	Agonoxenidae	<i>Palaeomystella henriettiphila</i>	1	1,47	Folha
		Gelechioidea	<i>Gelechioidea</i> sp.	2	2,94	Caule
		Heliodinidae	<i>Heliodinidae</i> sp.	1	1,47	Folha
		Momphidae	<i>Palaeomystella fletcheri</i>	2	2,94	Caule e folha
		Momphidae	<i>Palaeomystella tibouchinae</i>	1	1,47	Caule
		Anguinidae	<i>Ditylenchus nematoide</i>	3	4,41	Folha
		Anguinidae	<i>Ditylenchus gallaeformans</i>	11	16,18	Folha
		Anguinidae	<i>Ditylenchus</i> sp.	1	1,47	Folha
		Anguinidae	<i>Ditylenchus leafnematode</i>	1	1,47	Folha
Total				68	100	

Padrões ecológicos na diversidade de galhas em Melastomataceae

A análise da diversidade de espécies de galhas em relação à Melastomataceae, por gênero,

revelou padrões marcantes de especialização. Foram consideradas três variáveis principais: número total de espécies por gênero, número de espécies hospedeiras e número de tipos de galhas.

A correlação de Pearson indicou uma forte associação entre a diversidade de espécies hospedeiras e o número de tipos de galhas ($r = 0,91$; $p < 0,001$), enquanto a correlação entre o número total de espécies e os tipos de galhas foi moderada ($r = 0,48$), sugerindo que nem toda a diversidade taxonômica indica uma diversidade funcional de galhadores.

Para testar a hipótese de neutralidade ecológica, onde a diversidade de galhas seria proporcional à diversidade de espécies, por gênero,

foi ajustado um modelo linear simples entre o número total de espécies e o número de tipos de galhas ($R^2 = 0,23$; $p = 0,11$). Os resíduos do modelo foram utilizados para comparar os valores esperados e observados quanto à diversidade de galhas por gênero (Figura 9). Os resultados demonstraram que os gêneros *Tibouchina*, *Miconia* e *Macairea* apresentaram um número de galhas superior ao esperado pelo modelo neutro, enquanto *Microlicia*, *Leandra* e *Pleroma* apresentaram valores inferiores ao previsto.

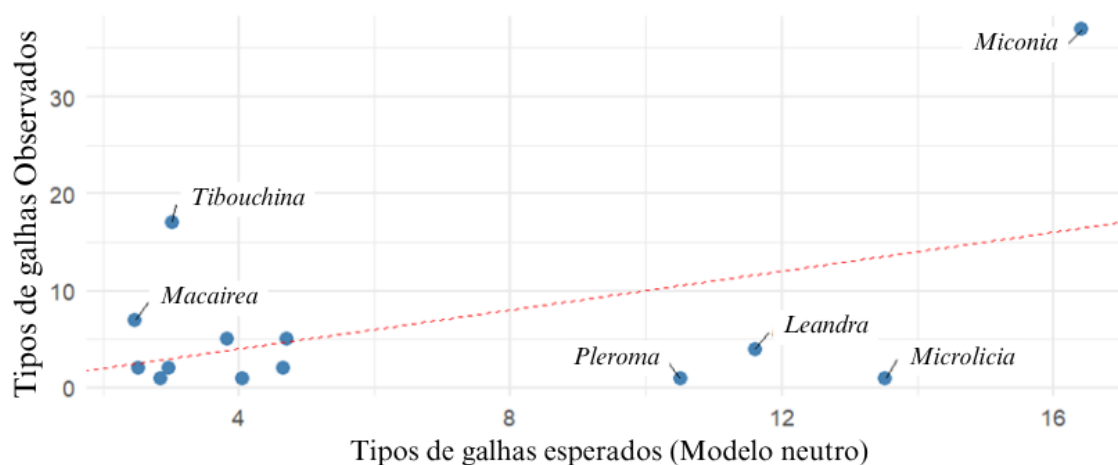


Figura 9. Desvio entre os valores observados e esperados do número de tipos de galhas, por gênero, de Melastomataceae, com base em um modelo neutro linear simples. Fonte: Faria (2023).

Para avaliar se a diversidade de galhas por estado brasileiro está associada à diversidade de plantas hospedeiras regionais, foram ajustados modelos lineares simples e múltiplos, considerando o número de espécies dos gêneros *Tibouchina* e *Miconia*, bem como o total de hospedeiras por estado, como preditores da diversidade de galhas. Os resultados indicaram uma ausência de significância estatística em todos os modelos testados ($p > 0,28$), com coeficientes baixos e valores de R^2 abaixo de 0,17. O modelo múltiplo, que combinou as variáveis de ambos os gêneros, apresentou R^2 ajustado negativo ($-0,066$), indicando uma baixa capacidade preditiva. As correlações de Pearson entre galhas e o número de espécies de *Tibouchina* ($r = 0,27$) e de *Miconia* ($r = 0,35$) também foram fracas e não significativas.

Discussão

Panorama de galhas presentes em Melastomataceae

A análise dos artigos revelou que a diversidade de galhas é um tema predominante, contribuindo, substancialmente, para o entendimento da biodiversidade de galhas na família Melastomataceae.

A predominância de publicações voltadas às galhas na região Sudeste pode ser atribuída à

maior concentração de grupos de pesquisa e pesquisadores especializados na interação ecológica entre insetos galhadores e espécies hospedeiras atuando na região. Esses dados reforçam a necessidade de incentivar estudos em regiões ainda pouco representadas, especialmente em áreas costeiras da região Norte, onde existem lacunas de informação sobre a presença de galhas em espécies da família Melastomataceae.

Essa tendência é coerente com o fato de que muitos dos pesquisadores mais produtivos da área estão vinculados a instituições sediadas nessa região, o que contribui para a manutenção de uma rede ativa de colaboração, formação de novos pesquisadores e continuidade de projetos de longo prazo. Isto inclui autores notáveis, como Maia (2022) e Ferreira et al. (2013), que apresentam uma significativa produção de artigos sobre o tema. Esta concentração de estudos é refletida, de maneira análoga, na quantidade de pesquisas realizadas no bioma Cerrado. Entretanto, é notável que, apesar da elevada diversidade, os estudos relacionados às galhas em áreas de Floresta Atlântica permanecem escassos e pouco explorados; tal característica pode estar associada à distribuição das espécies de Melastomataceae nessas regiões.

Este cenário sugere a necessidade premente de investigações mais aprofundadas

nessa região, visando preencher lacunas e enriquecer o entendimento sobre a diversidade de galhas nesse ecossistema específico.

Visão geral de galhas em espécies de Melastomataceae

Melastomataceae é descrita como uma das quatro famílias com maior diversidade de galhas (Fernandes et al., 1997). A ocorrência de galhas em Melastomataceae foi registrada por diversos pesquisadores, tais como Mani (1964), Gagné (1994), Fernandes (1997), Oliveira (1999), Vrcibradic (2000) e Vecchi (2004), dentre outros, destacando a importância da família na interação inseto galhador-planta hospedeira.

Os gêneros pertencentes à família Melastomataceae que apresentaram um notável número de morfotipos e espécies de galhas foram *Miconia* Ruiz & Pavón, seguido por *Tibouchina* Aubl, cujos estudos sobre as interações inseto-planta começaram a ser conduzidos por Vecchi (1999); este autor apresentou uma relevante variedade de morfotipos e espécies associadas. Estes resultados ressaltam a importância desses gêneros como focos notáveis de investigação na compreensão das dinâmicas ecológicas e evolutivas das interações entre insetos e plantas, particularmente considerando as galhas (Becker & Adamski, 2008; Bená & Vanin, 2013; Basilio et al., 2015).

O gênero *Miconia* tem sido objeto de estudo devido à elevada presença de algumas espécies que atuam como hospedeiras de galhas. Gonçalves-Alvim & Fernandes (2001) conduziram várias investigações em relação à espécie *M. albicans* (Sw.) Triana, enquanto os estudos sobre a espécie *M. prasina* (Sw.) DC foram conduzidos por Silva (2002). Mais recentemente, pesquisas detalharam aspectos ecofisiológicos e funcionais das galhas induzidas nesse gênero, como a compartimentalização apoplasto-simplasto em tecidos promeristemáticos de galhas nematóides (Arriola et al., 2020) e a influência da variação intraespecífica da planta hospedeira na determinação dos traços das galhas (Cardoso et al., 2023). Essas pesquisas específicas corroboram a relevância deste gênero para entender tais interações ecológicas.

No que diz respeito aos insetos indutores de galhas, destaca-se a família Cecidomyiidae (Diptera), cuja distribuição ocorre de forma global, totalizando, aproximadamente, 22.000 espécies nativas na região Neotropical (Espírito-Santo & Fernandes, 2007). Este grupo de insetos foi amplamente abordado na maioria dos artigos analisados, emergindo como um significativo indutor de galhas para a família Melastomataceae.

Tais dados são esperados, considerando que mais de 70% das galhas descritas são induzidas por esses dípteros, sua recorrência nos estudos sobre Melastomataceae não é casual, mas resultado de uma combinação de fatores ecológicos, fisiológicos e morfoquímicos. Além disso, outros grupos de insetos também desempenham papéis relevantes, como *Allorhogas* (Hymenoptera: Braconidae) e *Apion* (Coleoptera: Curculionoidea), associados aos frutos de *Miconia calvescens* no Brasil (Badenes-Perez & Tracy, 2007).

Cecidomyiidae apresentam elevada especialização ecológica, fruto de processos coevolutivos com suas plantas hospedeiras. Durante o desenvolvimento larval, esses insetos liberam compostos bioativos, como, por exemplo, enzimas, fitormônios miméticos e secreções salivares, que são responsáveis por modificar o padrão de crescimento dos tecidos da planta, resultando na formação de galhas (Yukawa & Rohfritsch, 2005; Oliveira & Isaias, 2010; Raman, 2011). Espécies de Melastomataceae, por sua vez, possuem características morfológicas e fisiológicas que parecem favorecer esse processo, como a presença de tecidos meristemáticos ativos, tricomas glandulares, além de compostos fenólicos e taninos que podem influenciar a seleção da planta pelo inseto (Isaias et al., 2013; Ferreira et al., 2017; Ferreira et al., 2019).

Embora a presença de galhas seja comum em diversas partes das plantas, como folhas, caules, frutos, botões e flores, a maioria das galhas documentadas nesta pesquisa foi identificada em folhas, corroborando padrões previamente observados por Mani (1964). Essa predominância pode ser atribuída à abundância de nutrientes que as folhas oferecem aos insetos galhadores. Em relação aos diversos formatos de galhas descritos nos artigos, foi possível identificar oito morfotipos distintos, tendo a forma globoide como a mais prevalente. Este padrão é consistente com outros estudos que abordam inventários de galhas na região Neotropical, conforme evidenciado por Isaias et al. (2013). Essas constatações contribuem para o conhecimento sobre a diversidade morfológica e ecológica dessas estruturas.

Padrões ecológicos na diversidade de galhas em Melastomataceae

Os padrões observados indicam que a diversidade de galhas não é determinada, unicamente, pela riqueza taxonômica dos gêneros de Melastomataceae. A ausência de uma relação direta entre o número total de espécies por gênero e o número de tipos de galhas sugere que mecanismos não neutros, como especialização ecológica, compatibilidade funcional e histórico

coevolutivo, desempenham papéis mais relevantes na diversificação dos galhadores.

Gêneros que apresentam mais galhas do que o esperado pelo modelo neutro podem atuar como *hotspots* evolutivos, enquanto aqueles com diversidade inferior ao previsto podem representar linhagens com defesas estruturais, químicas ou baixa atratividade ecológica para galhadores. Esse cenário reforça a importância da identidade das espécies hospedeiras na estruturação das interações planta-inseto. Estudos anatômicos e fisiológicos em *Miconia* e outras Melastomataceae mostram que a presença de células nutritivas totipotentes, de crescimento indeterminado, multivesicular bodies e tecidos de reserva com intensa atividade metabólica pode favorecer a manutenção e especialização dos insetos galhadores (Ferreira et al., 2015; Ferreira et al., 2020).

A forte associação entre diversidade de galhas e diversidade de hospedeiras utilizadas aponta para a existência de filtros ecológicos específicos que favorecem o estabelecimento de determinadas associações.

Em escala espacial mais ampla, como a comparação entre estados, a ausência de padrões claros entre a diversidade regional de hospedeiras e a diversidade de galhas indica que fatores contextuais também são determinantes. A distribuição geográfica real das plantas hospedeiras, a composição local da fauna de galhadores, o histórico de colonização e as condições ambientais regionais podem afetar, diretamente, o estabelecimento das interações. Isso sugere que a diversidade funcional de galhas não responde, linearmente, à riqueza da flora local, sendo mediada por filtros ecológicos e biogeográficos.

Melastomataceae é uma das famílias de angiospermas mais importantes e diversificadas no Brasil, porém, estudos dessa família e sua relação com insetos indutores de galhas ainda são escassos, visto que existem poucos estudos da família em outros ecossistemas. Isto acontece, mesmo existindo uma vasta ocorrência de insetos indutores de galhas interagindo com a família; esse número pode crescer de forma exponencial com o aumento de estudos.

Conclusão

A produção científica voltada à investigação da riqueza de galhas na família Melastomataceae tem experimentado um aumento significativo ao longo das últimas duas décadas, com notáveis pesquisas realizadas em diversas partes do mundo, especialmente no Brasil. A diversidade de áreas de estudo demonstrou-se

extensa, abrangendo uma ampla gama de tópicos relacionados às galhas e suas plantas hospedeiras.

Esse estudo evidenciou a relevância de integrar abordagens que considerem não apenas a riqueza florística, mas também os aspectos funcionais e ecológicos das interações inseto-galhador e planta hospedeira. Tais interações são moldadas por múltiplos fatores, sugerindo que sua análise deve considerar variações ambientais e geográficas. A ausência de padrões neutros entre diversidade de galhas e riqueza taxonômica, bem como a influência decisiva da identidade das espécies hospedeiras, indicam que a diversificação de galhas é profundamente estruturada por mecanismos especializados e filtros ambientais. Além disso, a variação espacial da diversidade de galhas entre regiões aponta para a influência de fatores locais, o que amplia a necessidade de estudos em diferentes escalas geográficas.

Diante dessas observações, a continuidade das pesquisas sobre as galhas associadas à família Melastomataceae é relevante, especialmente considerando outras regiões do Brasil e os variados biomas existentes.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa, nível de mestrado, para Juliana Luna Moreira de Faria.

Referências

- Araújo, W. S.; Fernandes, G. W.; Santos, J. C. 2019. An overview of inventories of gall-inducing insects in Brazil: Looking for patterns and identifying knowledge gaps. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 91, 1-19. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201920180162>
- Aria, M.; Cuccurullo, C. 2017. Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11, (4), 959-975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Arriola, I. A.; Figueiredo, M. A.; Boaneres, D.; França, M. G. C.; Isaias, R. M. D. S. 2020. Apoplast-symplast compartmentalization and functional traits of iron and aluminum in promeristematic tissues of nematode induced galls on *Miconia* spp. *Plant Physiology and Biochemistry*, 154, 360-368. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.06.031>
- Badenes-Perez, F. R.; Tracy, J. M. 2007. Ecology and impact of *Allorhogas* sp. (Hymenoptera: Braconidae) and *Apion* sp. (Coleoptera: Curculionoidea) on fruits of *Miconia calvescens* DC (Melastomataceae) in Brazil.

- Biological Control, 43, 317-322.
<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.08.007>
- Basilio, D. S.; Casagrande, M. M.; Bordignon, S. A. L.; Moreira, G. R. P. 2015. Description and life history of a new cecidogenous species of *Palaeomystella* Fletcher (Lepidoptera, Momphidae) from Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 59, 188-196.
<https://doi.org/10.1016/j.rbe.2015.06.005>
- Becker, V. O.; Adamski, D. 2008. Three new cecidogenous *Palaeomystella* Fletcher (Lepidoptera, Coleophoridae, Momphinae) associated with Melastomataceae in Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 52, 647-657.
<https://doi.org/10.1590/S0085-56262008000400017>
- Bená, D. D. C.; Vanin, S. A. 2013. Description of the immature stages of the weevil *Anthonomus* *vis* Clark (Coleoptera, Curculionidae), inquiline into the gall of *Leandra aurea* (Melastomataceae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 57, 367-373.
<https://doi.org/10.1590/S0085-56262013005000032>
- Cardoso, J. C. F.; Gonçalves, P. H. P.; Oliveira, D. C.; Rezende, U. C. 2023. Host plant intraspecific variation determines gall traits. *Plant Biology*, 25, 208-214.
<https://doi.org/10.1111/plb.13472>
- Carneiro, R. G. S. et al. 2009. Are gall midge species (Diptera, Cecidomyiidae) host-plant specialists? *Revista Brasileira de Entomologia*, 53, 365-378.
<https://doi.org/10.1590/S0085-56262009000300009>
- Cook, J. M. et al. 2002. Gallling insects as bioindicators of environmental change. *Global Change Biology*, 8, (7), 673-682.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2002.00496.x>
- Espírito-Santo, M. M.; Fernandes, G. W. 2007. Quantas espécies de insetos indutores de galhas existem na Terra e onde elas estão? *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 100, 95-99.
[https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2007\)100\[95:HMSOGI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2007)100[95:HMSOGI]2.0.CO;2)
- Fernandes, G. W. et al. 1997. Insect galls from savanna and rocky fields of the Jequitinhonha valley, Minas Gerais, Brazil. *Naturalia*, 22, 221-224.
- Fernandes, G. W.; Price, P. W. 1988. Biogeographical gradients in gallling species richness. *Oecologia*, 76, 161-167.
- Fernandes, G. W.; Price, P. W. 1992. The adaptive significance of insect gall distribution: survivorship of species in xeric and mesic habitats. *Oecologia*, 90, 14-20.
<https://doi.org/10.1007/BF00317803>
- Fernandes, G. W. et al. 2008. Gallling insects from the Amazon rainforest. *Brazilian Journal of Biology*, 68, (2), 311-318.
<https://doi.org/10.1590/S1519-69842008000200014>
- Fernandes, S. P. C.; Ferreira, A. L. N.; Almeida-Cortez, J. S. 2012. Riqueza de galhas entomógenas em áreas antropizadas e preservadas de caatinga. *Revista Árvore*, 36, 269-277.
<https://doi.org/10.1590/S0100-67622012000200008>
- Fernandes, G. W.; Negreiros, D. 2001. The occurrence and effectiveness of hypersensitive reaction against gallling herbivores across host taxa. *Ecological Entomology*, 26, 46-55.
- Ferreira, B. G.; Avritzer, S. C.; Isaias, R. M. S. 2017. Totipotent nutritive cells and indeterminate growth in galls of *Ditylenchus gallaeformans* (Nematoda) on reproductive apices of *Miconia*. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 227, 36-45.
<https://doi.org/10.1016/j.flora.2016.12.008>
- Ferreira, B. G.; Bragança, G. P.; Isaias, R. M. S. 2020. Cytological attributes of storage tissues in nematode and eriophyid galls: pectin and hemicellulose functional insights. *Protoplasma*, 257, 229-244.
<https://doi.org/10.1007/s00709-019-01431-w>
- Ferreira, B. G.; Carneiro, R. G. S.; Isaias, R. M. S. 2015. Multivesicular bodies differentiate exclusively in nutritive fast-dividing cells in *Marcetia taxifolia* galls. *Protoplasma*, 252, 1275-1283.
<https://doi.org/10.1007/s00709-015-0759-8>
- Ferreira, B. G.; Freitas, M. S. C.; Bragança, G. P.; Moreira, A. S. F. P.; Carneiro, R. G. S.; Isaias, R. M. S. 2019. Enzyme-mediated metabolism in nutritive tissues of galls induced by *Ditylenchus gallaeformans* (Nematoda: Anguinidae). *Plant Biology*, 21, 1052-1062.
<https://doi.org/10.1111/plb.13009>
- Ferreira, B. G.; Isaias, R. M. D. S. 2014. Floral-like destiny induced by a gallling Cecidomyiidae on the axillary buds of *Marcetia taxifolia* (Melastomataceae). *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 209, 391-400.
<https://doi.org/10.1016/j.flora.2014.06.004>
- Ferreira, B. G.; Isaias, R. M. S. 2013. Developmental stem anatomy and tissue redifferentiation induced by a gallling lepidoptera on *Marcetia taxifolia*

- (Melastomataceae). Botany, 91, 752-760.
<https://doi.org/10.1139/cjb-2013-0125>
- Ferreira, B. G.; Oliveira, D. C.; Moreira, A. S. F. P.; Faria, A. P.; Guedes, L. M.; França, M. G. C.; Álvarez, R.; Isaias, R. M. S. 2018. Antioxidant metabolism in galls due to the extended phenotypes of the associated organisms. PLoS ONE, 13, e0205364.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205364>
- Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em:
<http://floradobrasil.jbrj.gov.br>. Acesso em: 7 fev 2024.
- Gagné, R. J. 1994. The gall midges of the Neotropical Region. Cornell University Press, Ithaca. 352p.
- Gonçalves-Alvim, S. J.; Fernandes, G. W. 2001. Comunidades de insetos galhadores (Insecta) em diferentes fisionomias do cerrado em Minas Gerais, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia, 18, 289-305.
<https://doi.org/10.1590/s0101-81752001000500025>
- Gonçalves-Alvim, S. D. J.; Landau, E. C.; Fagundes, M.; Silva, V. G.; Nunes, Y. R. F.; Fernandes, W. 1999. Abundance and impact of a Lepidopteran gall on *Macairea radula* (Melastomataceae) in the Neotropics. International Journal of Ecology and Environmental Sciences, 25, 115-125.
- Harris, M. O. et al. 2017. Gallings insects and their unique interactions with host plants. Annual Review of Entomology, 62, 227-247.
<https://doi.org/10.1146/annurev-ento-031616-035136>
- Isaias, R. M. S.; Oliveira, D. C.; Carneiro, R. G. S.; Kraus, J. E. 2014. Developmental Anatomy of Galls in the Neotropics: Arthropods Stimuli Versus Host Plant Constraints. In: Neotropical Insect Galls, pp. 15-34.
<https://doi.org/10.1007/978-94-017-8783-3>
- Isaias, R. M. S.; Carneiro, R. G. S.; Oliveira, D. C.; Santos, J. C. 2013. Illustrated and Annotated Checklist of Brazilian Gall Morphotypes. Neotropical Entomology, 42, 230-239.
<https://doi.org/10.1007/s13744-013-0115-7>
- Maldonado, Y.; Fernandes, G. W. 2020. Gall-forming insects in a neotropical savanna: testing the environmental stress hypothesis. Biotema, 33, (1), 1-9.
<https://doi.org/10.5007/2175-7925.2020.e67529>
- Maia, V. C.; Mascarenhas, B. 2017. Insect galls of the Parque Nacional do Itatiaia (Southeast region, Brazil). Anais da Academia Brasileira de Ciências, 89, 505-575.
<https://doi.org/10.1590/0001-3765201720160877>
- Maia, V. C. 2022. A new species of gall midge (Diptera, Cecidomyiidae) associated with *Pleroma raddianum* (DC.) Gardner (Myrtales: Melastomataceae), an endemic plant to Brazil. Papeis Avulsos de Zoologia, 62, e202262062.
<https://doi.org/10.11606/1807-0205/2022.62.062>
- Maia, V. C.; Fernandes, G. W. 2004. Insect galls from Serra de São José (Tiradentes, MG, Brazil). Brazilian Journal of Biology, 64, 423-445.
<https://doi.org/10.1590/S1519-69842004000300007>
- Mani, M. S. 1964. Ecology of plant galls. The Hague. Netherlands. 434p.
- Michelangeli, F. A.; Goldenberg, R.; Almeda, F.; Judd, W. S.; Bécquer, E. R.; Ocampo, G.; Ionta, G. M.; Skean, J. D.; Majure, L. C.; Penneys, D. S. 2017. Melastomataceae. In: Flora do Brasil 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro.
- Motta, L. B.; Kraus, J. E.; Salatino, A.; Salatino, M. L. F. 2005. Distribution of metabolites in galled and non-galled foliar tissues of *Tibouchina pulchra*. Biochemical Systematics and Ecology, 33, 971-981.
<https://doi.org/10.1016/j.bse.2005.02.004>
- Naves, G. D. F. S.; Kuster, V. C.; MacHado, M.; Santos, P. D.; Martini, V. C.; Oliveira, D. C. 2021. Metabolite investments and stress levels among tissue compartments of *Palaeomystella olygophaga* (Lepidoptera) galls on *Macairea radula* (Melastomataceae). Australian Journal of Botany, 69, 131-142.
<https://doi.org/10.1071/BT20128>
- Oliveira, J. C.; Fernandes, G. W. 1999. Distribution of galling insects from Rio Doce Valley, Brazil. Revista Brasileira de Entomologia, 43, 131-138.
- Oliveira, D. C.; Isaias, R. M. S. 2010. Cytological and histochemical gradients induced by a galling insect in host plant tissues. Brazilian Journal of Biology, 70, 755-764.
- Oliveira, S. A.; Dewalt, S. J.; Agudelo, P. 2023. Feasibility of *Ditylenchus gallaeformans* as a biological control agent for invasive *Miconia crenata*. Nematology, 25, 227-237.
<https://doi.org/10.1163/15685411-bja10219>
- Oliveira, D. C.; Isaias, R. M. S. 2013. Cytological and histochemical gradients induced by a galling insect in host plant tissues. Brazilian Journal of Biology, 70, 755-764.
<https://doi.org/10.1590/S1519-69842010000400019>

- Oliveira, R. D. L. et al. 2013. *Ditylenchus gallaeformans* sp. n. (Tylenchida: Anguinidae) – A neotropical nematode with biocontrol potential against weedy Melastomataceae. *Nematology*, 15, 179-196. <https://doi.org/10.1163/15685411-00002670>
- Pagani, M. I. et al. 2015. The Ordination method for ranking research impact. *Scientometrics*, 102, (2), 1319-1333. <https://doi.org/10.1007/s11192-014-1456-7>
- Raman, A. 2011. Morphogenesis of insect-induced plant galls: facts and questions. *Flora*, 6, 517-533. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2010.07.001>
- Rezende, U. C.; Cardoso, J. C. F.; Hanson, P.; Oliveira, D. C. 2021. Gall traits and galling insect survival in a multi-enemy context | Características de las agallas, y supervivencia de insectos que producen agallas, en el contexto de enemigos múltiples. *Revista de Biología Tropical*, 69, 291-301. <https://doi.org/10.15517/RBT.V69I1.42826>
- Rezende, U. C.; Cardoso, J. C. F.; Kuster, V. C.; Gonçalves, L. A.; Oliveira, D. C. 2019. How the activity of natural enemies changes the structure and metabolism of the nutritive tissue in galls? Evidence from the *Palaeomystella oligophaga* (Lepidoptera) - *Macairea radula* (Metastomataceae) system. *Protoplasma*, 256, 669-677. <https://doi.org/10.1007/s00709-018-1321-2>
- Ribeiro, S. P.; Basset, Y. 2007. Gall-forming and free-feeding herbivory along vertical gradients in a lowland tropical rainforest: the importance of leaf sclerophylly. *Ecography*, 30, (5), 663-672. <https://doi.org/10.1111/j.2007.0906-7590.05083.x>
- Ribeiro, S. P. et al. 2019. Plant-galling insect interactions: a data set for the Neotropical region. *Ecology*, 100, (10), e02778. <https://doi.org/10.1002/ecy.2778>
- Santos, A. C. C.; Almeida, W. R.; Maldonado-López, Y.; Cuevas-Reyes, P.; Santos, J. C. 2021. Variation in the co-occurrence of pathogen and herbivores between ontogenetic stages of *Miconia albicans*. *Trees-Structure and Function*, 35, 1001-1011. <https://doi.org/10.1007/s00468-021-02097-9>
- Santos, J. C.; Santos, C. I. R.; Cares, J. E.; Almeida-Cortez, J. S. 2012. Impact of nematode-induced galls on *Miconia prasina* (Sw.) DC (Melastomataceae) traits in the Atlantic forest of northeastern Brazil. *Journal of Plant Interactions*, 7, 197-203. <https://doi.org/10.1080/17429145.2011.652678>
- Silva, T. M.; Fernandes, G. W. 2002. Galling insects on *Miconia prasina* (Melastomataceae) in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 62, 519-525.
- Silva, R. V.; Jesus, D. S.; Lima, S. B. V.; Miranda, B. E. C.; Gondim, J. P. E. 2016. First report of *Ditylenchus gallaeformans* in *Miconia albicans* from the Brazilian Cerrado, State of Goiás. *Semina: Ciências Agrárias*, 37, 729-736. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n2p729>
- Silva, S. C. L.; Almeida-Cortez, J. S. 2006. Galhas entomógenas de *Miconia prasina* (Sw.) DC (Melastomataceae) em remanescentes de Floresta Atlântica Nordestina. *Lundiana*, 7, 33-37.
- Stone, G. N.; Schönrogge, K. 2003. The adaptive significance of insect gall morphology. *Trends in Ecology & Evolution*, 18, (10), 512-522. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(03\)00247-7](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(03)00247-7)
- Toma, T. S. P.; Mendonça, J. S. M. 2013. Gall-inducing insects of an araucaria forest in southern Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 57, 225-233. <https://doi.org/10.1590/S0085-56262013005000001>
- Tooker, J. F.; Helms, A. M. 2014. Phytohormone dynamics associated with gall insects, and their potential role in the evolution of the gall-inducing habit. *Journal of Chemical Ecology*, 40, (7), 742-753. <https://doi.org/10.1007/s10886-014-0457-6>
- Vecchi, C.; Fernandes, G. W.; Santos, J. C. 1999. Gall diversity on Melastomataceae in southeastern Brazil. *Tropical Zoology*, 12, 315-328.
- Vecchi, C.; Menezes, N. L.; Oliveira, D. C.; Ferreira, B. G.; Isaias, R. M. S. 2013. The redifferentiation of nutritive cells in galls induced by Lepidoptera on *Tibouchina pulchra* (Cham.) Cogn. reveals predefined patterns of plant development. *Protoplasma*, 250, 1363-1368. <https://doi.org/10.1007/s00709-013-0519-6>
- Vecchi, C.; Menezes, N. L.; Oliveira, D. C.; Ferreira, B. G.; Isaias, R. M. S. 2004. The redifferentiation of nutritive cells in galls induced by Lepidoptera on *Tibouchina pulchra* (Cham.) Cogn. reveals predefined patterns of plant development. *Protoplasma*, 250, 1363-1368.
- Vrcibradic, D.; Rocha, C. F.; Monteiro, R. F. 2000. Patterns of gall-forming in *Ossaea confertiflora* (Melastomataceae) by *Lopesia brasiliensis* (Diptera: Cecidomyiidae) in an area of Atlantic Rainforest in southeastern

- Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, 60, 159-166.
- Yukawa, J.; Rohfritsch, O. 2005. Biology and ecology of gall-inducing Cecidomyiidae (Diptera). In: Raman, A.; Schaefer, C. W.; Withers, T. M. (eds.). *Biology, Ecology, and Evolution of Gall-inducing Arthropods*, Science Publishers, Enfield. pp. 273-304.
- Wilson, J. B.; Fernandes, G. W. 2013. The effect of galling insects on the reproductive success of their host plants. *Plant Species Biology*, 28, (2), 115-126. <https://doi.org/10.1111/j.1442-1984.2012.00374.x>
- Wilson, J. B. et al. 2010. Gall-inducing insects and plant reproduction: a review. *Ecological Entomology*, 35, (4), 401-410. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.2010.01189.x>