



TAYNARA LARA DA SILVA

**ESTUDO DE DOIS MORFOTIPOS DE GALHAS FOLIARES
EM *Persea willdenovii* KOSTERM: ASPECTOS ANATÔMICOS,
HISTOQUÍMICOS E FENOLÓGICOS**

**LAVRAS - MG
2025**

TAYNARA LARA DA SILVA

**ESTUDO DE DOIS MORFOTIPOS DE GALHAS FOLIARES EM *Persea willdenovii*
KOSTERM: ASPECTOS ANATÔMICOS, HISTOQUÍMICOS E FENOLÓGICOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Botânica Aplicada, área de concentração em Botânica Aplicada, para a obtenção do título de Mestre.

Profº Dr. Thiago Alves Magalhães
Orientador

**LAVRAS-MG
2025**

**Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração
de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com
dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Silva, Taynara Lara da.

Estudo de dois morfotipos de galhas foliares em *Persea willdenovii* Kosterm :
Aspectos anatômicos, histoquímicos e fenológicos / Taynara Lara da Silva. - 2025.
48 p. : il.

Orientador: Thiago Alves Magalhães

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2025.
Bibliografia.

1. Anatomia de galhas. 2. Fenologia de galhas. 3. Insetos galhadores. 4. Interação
inseto-planta. I. Magalhães, Thiago Alves . II. Universidade Federal de Lavras. III.
Título.

TAYNARA LARA DA SILVA

**ESTUDO DE DOIS MORFOTIPOS DE GALHAS FOLIARES EM *Persea willdenovii*
KOSTERM: ASPECTOS ANATÔMICOS, HISTOQUÍMICOS E FENOLÓGICOS**

**STUDY OF TWO MORPHOTYPES LEAF GALLS IN *Persea willdenovii* KOSTERM:
ANATOMICAL, HISTOCHEMICAL AND PHENOLOGICAL ASPECTS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Botânica Aplicada, área de concentração em Botânica Aplicada, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 26 de Fevereiro de 2025

Dr. Thiago Alves Magalhães - Universidade Federal de Lavras (UFLA)

Dra. Elaine Cotrim Costa - Universidade Federal do Rio Grande (FURG)

Dr. Orivaldo Benedito da Silva - Universidade Federal de Lavras (UFLA)

Profº Dr. Thiago Alves Magalhães
Orientador

**LAVRAS-MG
2025**

*À minha família, a qual foi a base e suporte fundamental
para concluir meus estudos, agradeço pelo amor e
apoio ao longo desse percurso.*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por me conceder força, sabedoria, coragem e fé que me sustentaram diante os desafios encontrados durante essa caminhada.

Aos meus pais Paulo e Lucécia, o meu mais profundo reconhecimento. Ao meu pai, embora não esteja mais presente fisicamente, sempre me apoiou e incentivou ir em busca dos meus sonhos, sendo eternamente minha fonte de inspiração, amor e orgulho. A minha mãe, pelo amor infinito e incondicional, que sempre me acompanha em cada etapa da vida me incentivando e acreditando em mim e por ser meu porto seguro em todos os desafios.

À minha irmã Andynara, por me incentivar e comemorar comigo cada conquista, mostrando-me a certeza de que nunca estarei sozinha.

Ao meu orientador Prof^o Thiago, por todo o apoio, confiança, compartilhar os seus conhecimentos e pela paciência, disponibilidade e comprometimento, sem os quais este trabalho não seria possível.

Aos professores, por serem exemplos de profissionais e contribuírem com a minha formação.

Aos meus familiares, amigos e colegas de trabalho, que sempre estiveram comigo demonstrando apoio, carinho e companheirismo no decorrer dessa trajetória.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG, pela concessão da bolsa de estudos.

À Universidade Federal de Lavras - UFLA, em especial ao Programa de Pós-graduação em Botânica Aplicada e ao Laboratório de Anatomia Vegetal pelas oportunidades e condições oferecidas para minha formação e por permitir a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

Galhas caracterizam-se por tecidos com funções e padrões típicos e se formam por hipertrofia celular, hiperplasia dos tecidos, alterações citológicas, além de alterações no perfil químico, levando uma interação galhador-planta. A sincronia galhador-planta é essencial para o sucesso das galhas. *Persea willdenovii* é uma árvore semidecídua, apresenta dois morfotipos de galhas foliares. Este trabalho teve como objetivo avaliar o perfil anatômico, histoquímico e a fenologia dos dois morfotipos de galhas induzidos em *P. willdenovii*. A hipótese do trabalho é que os dois morfotipos induzidos em *P. willdenovii*, mesmo sendo foliares, serão divergentes nas suas características anatômicas, histoquímicas e fenológicas devido a provável diferença dos táxons indutores. Amostras de folhas não galhadas, folhas com galhas jovens, maduras e senescentes, foram coletadas em área de mata e de pastagem no campus sede da Universidade Federal de Lavras. As amostras foram fixadas em FAA 70% e armazenadas em etanol 70%. Secções das folhas e das galhas foram feitas à mão livre, coradas com safranina e azul de Astra e montadas em glicerina 50% para os estudos anatômicos. Já o teste histoquímico foram coletados o material fresco, no qual foram realizadas secções, em seguida seguimos o protocolo para cada substância testada (açúcares redutores, proteína, amido, lipídeos, alcaloides, flavonoides, compostos fenólicos e ligninas). Para avaliar a fenologia da planta hospedeira foi seguido o modelo sugerido por Fournier e Charpentier, e a fenologia da galha foi realizada a contagem de galhas jovens, maduras e senescentes para obtenção das proporções. Um morfotipo globoide intralaminar com uma pequena projeção para a face adaxial e uma grande projeção para a face abaxial, o outro globoide esférico induzido na face adaxial a partir do dobramento da folha. A galha globoide intralaminar é fechada, glabra, com coloração variando de verde a vermelha, o mesofilo parenquimático com córtex externo lignificado e córtex interno não lignificado e vascularizado. Já a galha globoide esférica é aberta, verde, glabra com câmara larval se formando pelo dobramento do limbo a partir de um feixe vascular. O córtex apresenta camadas periféricas lignificadas e parênquima homogêneo de células compactadas. A composição química das galhas apresentou pouca variação do perfil histoquímico foliar. O ciclo de desenvolvimento dos dois morfotipos foram diferentes, mas com indução tanto em folhas jovens quanto maduras. Na galha globoide intralaminar foi coletado um Hemiptera não identificado. O morfotipo globoide intralaminar não foi observado na área de pastagem. Essa ausência pode ser influenciada pelas condições nutricionais da planta, pelas características químicas do solo e também pode indicar incapacidade do galhador de sobreviver em ambientes abertos. Os dois morfotipos apresentaram lignificação das camadas externas contribuído com a proteção da galha e camadas internas parenquimática sem tecido nutritivo, típico de galhas induzidas por insetos sugadores. Na composição química destaca-se presença dos compostos fenólicos que não impediu a formação de galha e podem atenuar o estresse oxidativo causado pela atividade alimentar do galhador. Ambos os morfotipos a indução de galhas ocorre tanto em folhas jovens quanto maduras, associado à característica semidecídua da hospedeira, permitindo que os galhadores sejam multivoltinos.

Palavras-chave: anatomia de galhas; fenologia de galhas; insetos galhadores; interação inseto-planta.

ABSTRACT

Galls are characterized by tissues with typical functions and patterns and are formed by cellular hypertrophy, tissue hyperplasia, cytological changes, and changes in the chemical profile, leading to a galler-plant interaction. The galler-plant synchrony is essential for the success of galls. *Persea willdenovii* is semideciduous tree that presents two morphotypes of leaf galls. This study aimed to evaluate the anatomical, histochemical profiles, and phenology of the two morphotypes of galls induced in *P. willdenovii*. The hypothesis of the study is that the two morphotypes induced in *P. willdenovii*, despite being leaf, will be divergent in their anatomical, histochemical and phenological characteristics due to the probable difference of the inducing taxa. Samples of ungalled leaves, leaves with young, mature and senescent galls, were collected in a forest and pasture area on the main campus of the Federal University of Lavras. Samples were fixed in 70% FAA and stored in 70% ethanol. Sections of the leaves and galls were made freehand, stained with safranin and Astra blue and mounted in 50% glycerin for anatomical studies. For the histochemical test, fresh material was collected, in which sections were made, and then we followed the protocol for each substance tested (reducing sugars, protein, starch, lipids, alkaloids, flavonoids, phenolic compounds and lignins). To evaluate the phenology of the host plant, we followed the model suggested by Fournier and Charpentier, and the gall phenology was performed by counting young, mature and senescent galls to obtain the proportions. One intralaminar globoid morphotype with a small projection towards the adaxial face and a large projection towards the abaxial face, the other spherical globoid induced on the adaxial face from leaf folding. The intralaminar globoid gall is closed, glabrous, with coloration ranging from green to red, the parenchymatous mesophyll has lignified outer cortex and non-lignified and vascularized inner cortex. The spherical globoid gall is open, green, and glabrous with a larval chamber formed by the folding of the limbus from a vascular bundle. Cortex has lignified peripheral layers and homogeneous parenchyma of compacted cells. Chemical composition of the galls showed little variation in the leaf histochemical profile. The development cycle of the two morphotypes was different, but with induction in both young and mature leaves. An unidentified Hemiptera was collected in the intralaminar globoid gall. The intralaminar globoid morphotype was not observed in the pasture area. This absence may be influenced by the nutritional conditions of the plant, the chemical characteristics of the soil, and may also indicate the inability of the galler to survive in open environments. Both morphotypes presented lignification of the outer layers contributing to gall protection and inner parenchymal layers without nutritive tissue, typical of galls induced by sucking insects. Chemical composition highlights the presence of phenolic compounds that did not prevent gall formation and may attenuate the oxidative stress caused by the feeding activity of the galler. In both morphotypes, gall induction occurs in both young and mature leaves, associated with the semideciduous characteristic of the host, allowing the galls to be multivoltine.

Key words: gall anatomy; gall phenology; galling insects; insect-plant interaction.

IMPACTOS SOCIAIS, TECNOLÓGICOS, ECONÔMICOS E CULTURAIS

Estudar galhas pode contribuir significativamente para a educação ambiental, aumentando a conscientização sobre a complexidade das interações inseto-planta e a importância da biodiversidade. Entender a importância das galhas e as interações que levam à sua formação pode auxiliar na conservação da biodiversidade, uma vez que essas estruturas desempenham papéis ecológicos relevantes em ecossistemas específicos e envolvem mais de um nível trófico. Além disso, as galhas podem funcionar como bioindicadores da saúde do ecossistema, pois mudanças em suas características podem refletir alterações nos padrões ecológicos. Nos impactos tecnológicos, os conhecimentos gerados sobre galhas podem contribuir para o desenvolvimento de práticas agrícolas mais sustentáveis, tendo em vista que muitas espécies cultivadas apresentam galhas e suas produções podem ser afetadas pelo parasitismo de insetos galhadores.

SOCIAL, TECHNOLOGICAL, ECONOMIC AND CULTURAL IMPACTS

Studying galls can significantly contribute to environmental education, raising awareness about the complexity of insect-plant interactions and the importance of biodiversity. Understanding the importance of galls and the interactions that lead to their formation can help conserve biodiversity, since these structures play important ecological roles in specific ecosystems and involve more than one trophic level. In addition, galls can function as bioindicators of ecosystem health, since changes in their characteristics can reflect changes in ecological patterns. In terms of technological impacts, the knowledge generated about galls can contribute to the development of more sustainable agricultural practices, given that many cultivated species have galls and their production can be affected by parasitism by galling insects.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fotos de <i>Persea willdenovii</i>	22
Figura 2 - Galhas globoides intralaminares induzidas em folhas de <i>Persea willdenovii</i>	23
Figura 3 - Galhas globoides esféricas induzidas em folhas de <i>Persea willdenovii</i>	24
Figura 4 - Secção transversal da folha de <i>Persea willdenovii</i>	25
Figura 5 - Anatomia da galha globoide intralaminar induzida em <i>Persea willdenovii</i>	26
Figura 6 - Anatomia da galha globoide esférica induzida em <i>Persea willdenovii</i>	27
Figura 7 - Fenologia vegetativa de <i>Persea willdenovii</i>	30
Figura 8 - Fenologia da galha globoide intralaminar induzida e <i>Persea willdenovii</i>	31
Figura 9 - Fenologia da galha globoide esférica em <i>Persea willdenovii</i>	32
Figura 10 - Sincronia fenológica entre a planta hospedeira e as galhas globoide intralaminar e globoide esférica induzidas em <i>Persea willdenovii</i>	33
Figura 11 - Inseto galhador da galha globoide intralaminar induzida em <i>Persea willdenovii</i> , em suas fases de desenvolvimento	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Histoquímica da planta hospedeira e da galha globoide intralaminar	28
Tabela 2 - Histoquímica da planta hospedeira e da galha globoide esférica	29

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

CL: camada lignificada

Cu: cutícula

Ep: epiderme unisseriada

F: fibras

Fl: floema

PE: parênquima esponjoso

PP: parênquima paliçádico

T: tricomas

Xi: xilema

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
2.1 Coleta do Material.....	18
2.2 Caracterização Morfológica.....	19
2.3 Caracterização Anatômica	19
2.4 Caracterização Histoquímica.....	20
2.5 Fenologia da Planta e das Galhas.....	20
2.6 Coleta do Inseto Galhador.....	20
3. RESULTADOS.....	21
3.1 Sistema de Estudo.....	21
3.1.1 Planta Hospedeira.....	21
3.1.2 Galha Globoide Intralaminar.....	22
3.1.3 Galha Globoide Esférica.....	24
3.2 Caracterização Anatômica.....	24
3.2.1 Planta Hospedeira.....	24
3.2.2 Galha Globoide Intralaminar.....	25
3.2.3 Galha Globoide Esférica.....	26
3.3 Perfil Histoquímico.....	28
3.3.1 Sistema <i>Persea willdenovii</i> x Galha Globoide Intralaminar.....	28
3.3.2 Sistema <i>Persea willdenovii</i> x Galha Globoide Esférica.....	29
3.4 Fenologia.....	30
3.4.1 Fenologia Vegetativa de <i>Persea willdenovii</i>	30
3.4.2 Fenologia da Galha Globoide Intralaminar.....	30
3.4.3 Fenologia da Galha Globoide Esférica.....	31
3.4.4 Sincronia Fenológica.....	32
3.5 Inseto Galhador.....	33
4. DISCUSSÃO.....	34
6. REFERÊNCIAS.....	39

1. INTRODUÇÃO

As galhas são estruturas formadas pela interação entre os tecidos da planta hospedeira e um organismo indutor, o galhador, podendo este ser vírus, inseto, nematoide, bactéria, ácaro, fungo e até mesmo outra planta (Mani, 1964). Dentre esses organismos, os insetos se destacam por serem o grupo mais abundante e especializado na indução de galhas (Stone & Schönrogge 2003, Carneiro *et al.*, 2009, Isaias *et al.*, 2013, Santos-Silva *et al.*, 2020). A galha se caracteriza por um desenvolvimento anormal dos tecidos da planta hospedeira provocado pelo indutor, fornecendo abrigo, nutrição adequada ao galhador e algumas vezes defesa contra inimigos naturais. (Price *et al.*, 1986; Rohfritsch & Anthony, 1992; Stone e Schönrogge, 2003; Isaias *et al.*, 2017; Martini *et al.*, 2020; Ferreira *et al.*, 2022). Os estímulos que levam à formação de galhas de insetos podem ser desencadeados por diversos fatores, como compostos presentes na saliva do galhador, interações químicas, danos mecânicos, oviposição ou ação de hormônios presentes nos tecidos da planta hospedeira (Hori, 1992). Esses sinais são controlados pelo galhador, que manipula modificações estruturais nos tecidos vegetais provocando a indução da galha (Oliveira *et al.*, 2006; 2010; Magalhães *et al.*, 2014; Isaias *et al.*, 2017; Hirano *et al.*, 2020). As modificações estruturais relatadas durante o processo de desenvolvimento das galhas são a hiperplasia dos tecidos, a hipertrofia das células, a homogeneização do parênquima, rediferenciação celular, neoformação vascular (Oliveira *et al.*, 2008; Magalhães *et al.*, 2014; Ferreira *et al.*, 2019; Vasconcelos *et al.*, 2020; Aloni, 2021; Ferreira *et al.*, 2022) e a lignificação do mesofilo (Calácio, 2018).

A distribuição e indução das galhas nas plantas pode ocorrer em folhas, caules, brotos, flores, frutos e raízes (Fonseca *et al.*, 2006; Ramalho & Silva, 2010; Santos-Silva *et al.*, 2020; Isaias *et al.*, 2021; Guedes *et al.*, 2023), sendo a folha o órgão onde se encontra maior diversidade de galhas (Scareli-Santos *et al.*, 2015, Santos-Silva *et al.*, 2020). A indução de galhas pode ocorrer tanto em tecidos jovens quanto em tecidos maduros, sendo que os tecidos jovens tendem a ser mais nutritivos e metabolicamente ativos, fornecendo aos insetos galhadores uma fonte mais rica em nutrientes e compostos essenciais para o crescimento e desenvolvimento das galhas (Oliveira & Isaias, 2009). De acordo com Rohfritsch (1992), o processo de desenvolvimento das galhas pode ser subdividido em quatro estágios: o primeiro estágio, conhecido como indução, marca o início do processo, caracterizado pelo reconhecimento e interação entre o organismo galhador e a planta hospedeira; o estágio de crescimento e desenvolvimento, onde as células da planta hospedeira começam a se

diferenciar para formar os tecidos especializados que compõem a estrutura da galha, e começa a crescer em tamanho; o estágio de maturação onde a galha atinge um estado funcional completo e adquire todas as características necessárias para desempenhar sua função específica; e por fim, o estágio de senescência onde a atividade metabólica da galha é reduzida e seus tecidos começam a degenerar, coincidindo com a fase adulta do galhador.

O impacto causado pela alimentação do inseto galhador provoca alterações bioquímicas e histoquímicas nos tecidos vegetais (Mani, 1964, Bronner, 1992, Ramalho & Silva, 2010; Oliveira *et al.*, 2008; Ferreira *et al.* 2022; Mendes *et al.*, 2023). As análises histoquímicas são excelentes ferramentas para estudos de gradientes funcionais em galhas, principalmente na detecção de metabólitos primários (Hartley, 1998; Ramalho & Silva, 2010; Ferreira *et al.* 2022; Bragança *et al.* 2022; Mendes *et al.*, 2023). Essas técnicas permitem investigar a localização de compostos bioquímicos específicos ao longo dos tecidos das galhas (Bronner, 1992; Nyman, 2000; Oliveira & Isaias 2010; Oliveira *et al.*, 2010, Ramalho & Silva, 2010, Ferreira *et al.* 2022; Mendes *et al.*, 2023). Além disso, podem auxiliar na compreensão das relações entre o hábito alimentar do inseto galhador e a forma final da galha (Oliveira, 2010; Carneiro *et al.*, 2015; Bragança *et al.*, 2022). Bronner (1992) afirma que a localização de metabólitos secundários nos tecidos da galha está frequentemente relacionada à proteção do indutor, ou seja, os metabólitos secundários, como: taninos, fenóis, terpenos e alcaloides, apresentam propriedades químicas que podem atuar na defesa contra predadores, patógenos e herbívoros, incluindo outros insetos. Além disso, atenuar o estresse oxidativo e processo do desenvolvimento da galha, juntamente com hormônios vegetais (Kuster *et al.*, 2019).

Além das alterações anatômicas e químicas, o galhador manipula a planta, gerando características morfológicas, como forma, tamanho, coloração e padrões de distribuição, únicos de cada sistema galhador-hospedeira, resultando em um morfotipo (Mani, 1964; Ramalho & Silva, 2010; Isaias *et al.*, 2013; Santos-Silva *et al.*, 2020). A relação entre as plantas hospedeiras e seus galhadores é comumente específica (Abrahamson & Weis, 1997), onde os insetos galhadores induzem galhas em uma única espécie vegetal ou mais raramente em grupos filogeneticamente próximos (Dreger-Jauffret & Shorthouse, 1992). Esse alto grau de especificidade é evidenciado pela morfologia única de cada galha, que reflete a interação precisa entre o inseto galhador e a planta hospedeira (Isaias *et al.*, 2013). Devido a interação galhador-planta hospedeira apresentar alta especificidade, os morfotipos são representações confiáveis, mesmo que os táxons envolvidos ainda não estejam cientificamente descritos

(Carneiro *et al.*, 2009; Isaías *et. al.*, 2013), com isso para cada sistema inseto galhador – planta hospedeira, independentemente das variações ambientais ou genéticas, tem-se um morfotipo (Raman, 2007).

Levantamentos e inventários têm mostrado muitas galhas induzidas em diferentes espécies de plantas hospedeiras, sem que os insetos galhadores estejam devidamente identificados (Gätjens-Boniche *et al.*, 2021; Marinho *et al.*, 2023; Grandez-Rios *et al.*, 2023). Isso ocorre principalmente devido à grande diversidade de indutores e à escassez de especialistas no estudo e na descrição dessas espécies (Carneiro *et al.*, 2009; Santos-Silva *et al.*, 2020). Os morfotipos de galhas de insetos têm sido amplamente utilizados como indicadores da variabilidade dos galhadores e, conseqüentemente, indicadores de riqueza e diversidade desses insetos nos diferentes ecossistemas, além de contribuir para a avaliação da qualidade do habitat (Fernandes *et al.*, 1995, Arriola & Melo-Júnior 2017, Isaías *et al.*, 2021). Visto que as galhas são sensíveis a uma variedade de fatores ambientais, como disponibilidade de recursos, perturbações e pressões seletivas, a presença e a diversidade de morfotipos de galhas podem indicar condições favoráveis ou desfavoráveis do habitat (Carneiro, 2015).

Dois morfotipos de galhas foliares foram observados em indivíduos de *Persea willdenovii* Kosterm (Lauraceae) no Campus da Universidade Federal de Lavras – UFLA. Um morfotipo globoide intralaminar e um morfotipo globoide esférico. Galhas são exemplos clássicos de coevolução, onde as espécies envolvidas exercem pressões seletivas recíprocas umas sobre as outras, resultando em adaptações contínuas e interdependentes ao longo do tempo (Krassilov, 2007). *Persea willdenovii* é uma árvore semidecídua com copa grande, densa e arredondada (Useful Tropical Plants, 2022), conhecida popularmente como abacateiro-do-mato, maçaranduba, canela rosa ou pau-de-Andrade. Apresenta uma distribuição geográfica, na qual é encontrada desde o estado da Bahia até o Rio Grande do Sul, principalmente nas formações de altitude (Quinet, 2011; Meneguzzi, A., 2017; Flora e Funga do Brasil, 2025).

Persea willdenovii é reconhecida por seus diferentes usos em contextos, incluindo arborização urbana, construção civil e aplicações medicinais (Batista *et al.*, 2010; Meneguzzi, A., 2017). A casca desta espécie é utilizada para fazer chá como tratamento de úlceras gástricas e cicatrização de feridas devido à presença de estruturas mucilaginosas (Rosa *et. al.*, 2017). A durabilidade e resistência de sua madeira, juntamente com sua resistência a insetos e fungos, a tornam uma escolha popular para a fabricação de móveis, utensílios domésticos e

construção de estruturas diversas (Batista *et al.*, 2010). De acordo com a Lista Vermelha da flora gaúcha, a espécie *P. willdenovii* enfrenta sérios desafios de conservação e está presente em diversas listas de espécies ameaçadas de extinção. Uma das principais ameaças à sua sobrevivência é o uso exploratório na medicina popular, que muitas vezes envolve a retirada da casca dos troncos, resultando na morte de indivíduos nas florestas (CNCFlora, 2020).

Para entender sistemas galhador-planta hospedeira, acompanhar a fenologia de ambos, nas populações estudadas é importante (Magalhães *et al.*, 2015; Marquesine *et al.*, 2024) já que mudanças de condições climáticas, como: temperatura, umidade e padrões de precipitação, exercem uma influência significativa na fenologia das plantas, podendo alterar a época de brotação, floração e frutificação (Rego *et al.*, 2007), e, conseqüentemente, da indução de galhas. Nos estudos de galhas a sincronia das fenofases da planta hospedeira com o ciclo de vida do galhador é um evento crucial que determina a quantidade e qualidade de recursos nutricionais disponíveis, juntamente com a abundância de indivíduos (Yukawa, 2000; Magalhães *et al.* 2015; Costa *et al.*, 2021; Marquesine *et al.*, 2024). Os insetos galhadores tendem a sincronizar seu ciclo de vida com as fases fenológicas da planta hospedeira como mostrado por Magalhães *et al.* (2015), em busca de melhores condições morfológicas e fisiológicas para a indução das galhas e sobrevivência de sua prole (Weis *et al.*, 1988). Segundo Floate (1996) os insetos galhadores preferem certas espécies de plantas, devido eles serem sensíveis a pequenas mudanças fisiológicas, químicas e fenológicas das plantas hospedeiras.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o perfil anatômico, histoquímico e a fenologia dos dois morfotipos de galhas induzidos em folhas de *Persea willdenovii*. A hipótese do trabalho é que os dois morfotipos induzidos em *P. willdenovii*, mesmo sendo foliares, serão divergentes nas suas características anatômicas, químicas e fenológicas devido a diferença dos táxons indutores. Para testar a hipótese comparando os dois sistemas, as galhas foram caracterizadas morfolologicamente, anatomicamente e avaliado o perfil histoquímico. Além disso, foi realizado o registro fenológico das plantas e dos dois morfotipos para avaliar a sincronia fenológica dos sistemas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Coleta do Material

Para a realização deste estudo foram utilizados dois morfotipos de galhas foliares induzidos em indivíduos de *P. willdenovii*, localizados no campus sede da Universidade

Federal de Lavras – UFLA. Na mata de galeria da Estrada das Lagoas encontra-se 1 indivíduo (21°13'57.7"S e 44°58'44.4"W), com dois morfotipos de galhas foliares e numa área de pastagem na Estrada dos Eucaliptos (21°13'45.7"S e 44°57'51.9"W) encontram-se 7 indivíduos com 1 morfotipo de galha foliar. As amostras de folhas não galhadas, folhas galhadas, galhas jovens, maduras e senescentes, foram coletadas e fixadas em FAA 70% (formaldeído, ácido acético e etanol 70%) (Johansen, 1940) por 48 horas, e em seguida, armazenada em etanol 70% (Jensen, 1962) no Laboratório de Anatomia Vegetal do Setor de Botânica do Departamento de Biologia (DBI) do Instituto de Ciências Naturais (ICN) da UFLA. O material fértil da planta foi depositado no Herbário ESAL da Universidade Federal de Lavras, registrado com os respectivos números de tombo, ESAL 33616 e ESAL 33617.

2.2 Caracterização Morfológica

Para a descrição morfológica das galhas foi observado o local de indução, a forma, a pilosidade, a cor, o tamanho, o número de câmaras, o número de indutores por galha e as fases de desenvolvimento das galhas (Isaiás *et al.*, 2013).

2.3 Caracterização Anatômica

Para o estudo anatômico das folhas não galhadas e das galhas em suas fases de desenvolvimento foi utilizado o material armazenado em etanol 70% (Jensen, 1962). Foram realizadas secções transversais, feitas à mão livre, com auxílio de lâmina de aço e suporte de isopor. Após as secções, os fragmentos passaram pelo processo de clarificação, no qual, foi utilizado uma solução composta por hipoclorito de sódio 1% e água destilada, na proporção de 1:1. Posteriormente, as secções foram lavadas para retirada de resíduos de hipoclorito de sódio. Em seguida, foi realizada a coloração das secções, onde foram utilizados uma mistura dos corantes Azul de Astra e Safranina 1% (Bukatsch, 1972). As secções foram montados em solução aquosa de glicerina 50% (Kraus e Arduin, 1997). Para obtenção das fotomicrografias foi utilizado o microscópio de luz Nikon, modelo Eclipse E100 acoplado a uma câmara de captura Infinity. Para captura de imagens foi utilizado o software INFINITY ANALYSE. O processamento das lâminas e fotomicrografias, foram realizados no Laboratório de Anatomia Vegetal do Departamento de Biologia / Instituto de Ciências Naturais.

2.4 Caracterização Histoquímica

Para detectar a presença de metabólitos primários e secundários nos tecidos das folhas maduras e das galhas em suas fases de desenvolvimento, foram utilizadas seções transversais de material fresco. Para detecção de grãos de amido foi utilizada a solução de Lugol II (Johansen, 1940), para açúcares redutores o reagente de Fehling (Sass, 1951), para detecção de proteínas o azul brilhante de Coomassie (Fisher, 1968) e para lipídeos o corante Sudan Red B (Jensen, 1962). Para os compostos de metabolismo secundário, foi utilizado o cloreto férrico para detectar os compostos fenólicos (Johansen, 1940), o reagente de Dragendorff para alcaloides (Yoder & Mahlberg, 1976), o teste de Maüle para ligninas (Patten *et al.*, 2007) e a solução de 4-dimetilaminocinamaldeído - DMACA para derivados flavonoides (Feucht *et al.*, 1986). Após a realização dos testes, os cortes foram montados em solução aquosa de glicerina 50% (Kraus e Arduin, 1997), cobertos com lamínula e fotografados em microscópio LEICA DM 2500 LED com câmera LEICA R DFC 7000 T acoplada e para captura das imagens foi utilizado o software LAZ. Os testes foram comparados aos cortes-branco. Os testes histoquímicos foram realizados no laboratório de Anatomia Vegetal do Departamento de Botânica do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais.

2.5 Fenologia da Planta e das Galhas

Para a amostragem dos estudos fenológicos foi seguido o modelo sugerido por Fournier e Charpentier (1975). No decorrer de um ano em visitas mensais à área, foi utilizado uma ficha fenológica para avaliação de oito indivíduos de *Persea willdenovii*, onde foram marcados presença ou ausência de brotamento foliar, folhas maduras e queda foliar. A intensidade foi classificada de acordo com uma escala de 0 a 4, onde cada valor representa uma porcentagem de acordo com a presença da fenofase, sendo 0 (ausência), 1 (até 25%), 2 (até 50%), 3 (até 75%) e 4 (até 100%). Para acompanhar a fenologia de cada morfotipo, cinco ramos com galhas foram coletados, em visitas mensais, para contagem e obtenção da proporção das galhas jovens, maduras e senescentes.

2.6 Coleta do Inseto Galhador

Galhas em seus diferentes estágios de desenvolvimento foram abertas com um auxílio de um alfinete de costura para segurar a galha e uma lâmina de aço para fazer pequenos cortes, para que seja possível retirar os insetos (larvas, pupas e insetos adultos). Em seguida, foram armazenadas em etanol 70% para posterior identificação. Para obtenção dos estágios de

desenvolvimento e imagens dos organismos galhadores foram utilizados um estereomicroscópio Nikon SMZ745T com câmera Infinity 1 acoplada e com auxílio do software Infinity Analyse.

3. RESULTADOS

3.1 Sistema de Estudo

3.1.1 Planta Hospedeira

Persea willdenovii é uma árvore semidecídua caracterizada por sua copa grande, densa e arredondada (Figura 1A-B). O tronco é cilíndrico, com casca de coloração marrom-clara-acinzentada e marcado por fendas longitudinais (Figura 1C). As folhas são simples, alternadas e dispostas de forma espiralada. A lâmina foliar apresenta formato obovado, com ápice variando entre agudo e obtuso e a presença de tricomas é notável, e as nervuras, salientes na face abaxial, destacam-se pela coloração amarelada (Figura 1D). Os frutos são arredondados e possuem uma tonalidade verde-escura (Figura 1E). As inflorescências abrigam botões florais de cor ferrugem, enquanto as flores, ao se abrirem, apresentam uma coloração creme (Figura 1F).

Figura 1 - Fotos de *Persea willdenovii*

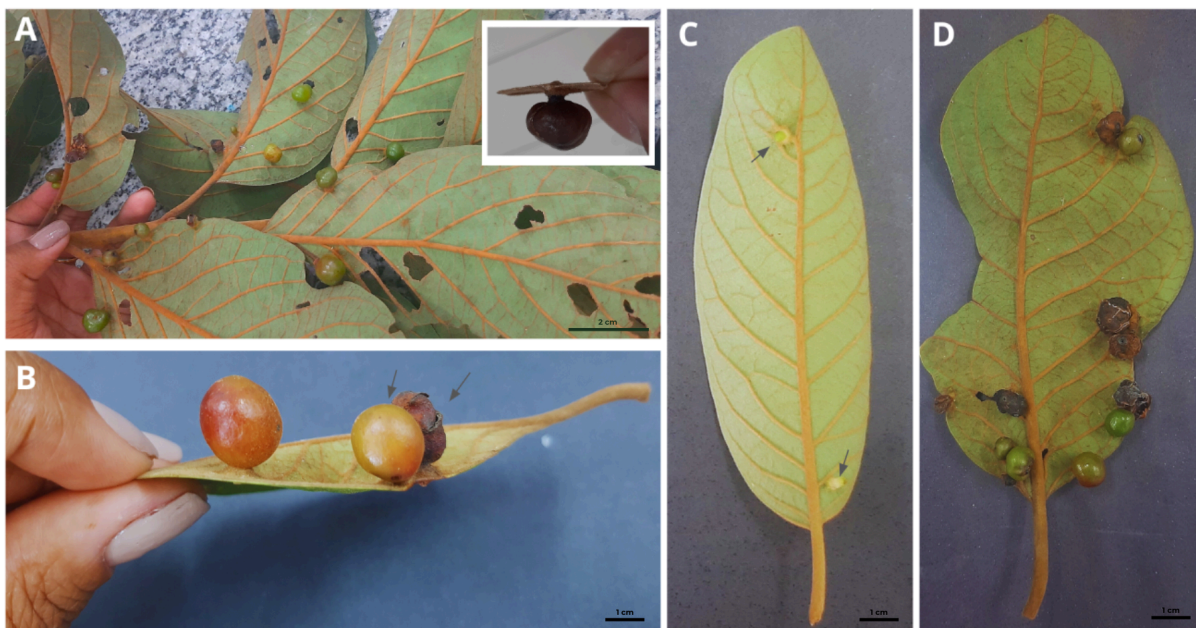
Legenda: A: Indivíduo de porte arbóreo encontrado em área de mata de galeria. B. Indivíduo de porte arbóreo encontrado em área de pastagem. C: Tronco com coloração marrom-clara-acinzentada e casca grossa. D: Ramo com folhas e inflorescências. E: Detalhe dos frutos. F: Detalhe da inflorescência.

Fonte: Autora (2023)

3.1.2 Galha Globoide Intralaminar

P. willdenovii apresenta um morfotipo de galha globoide, intralaminar, induzida nas folhas, situada entre as nervuras secundárias, com uma pequena projeção na face adaxial e uma grande projeção na face abaxial (Figura 2A). A superfície da galha é glabra, possui uma variação na coloração quando madura, entre verde, verde/vermelha e vermelha (Figuras 2A, 2B). Trata-se de uma galha fechada, com largura média de 7,75 mm e comprimento médio de 11,28 mm, com 1 indutor por galha. A indução das galhas ocorre tanto em folhas jovens (Figura 2C), quanto em folhas maduras (Figura 2D). As galhas senescentes apresentam coloração marrom escura, formato desestruturado e fissuras no revestimento (Figura 2 B e D). Esse morfotipo foi encontrado apenas no indivíduo que ocorre na mata de galeria da Estrada das Lagoas.

Figura 2 - Galhas globoides intralaminares induzida em folhas de *Persea willdenovii*



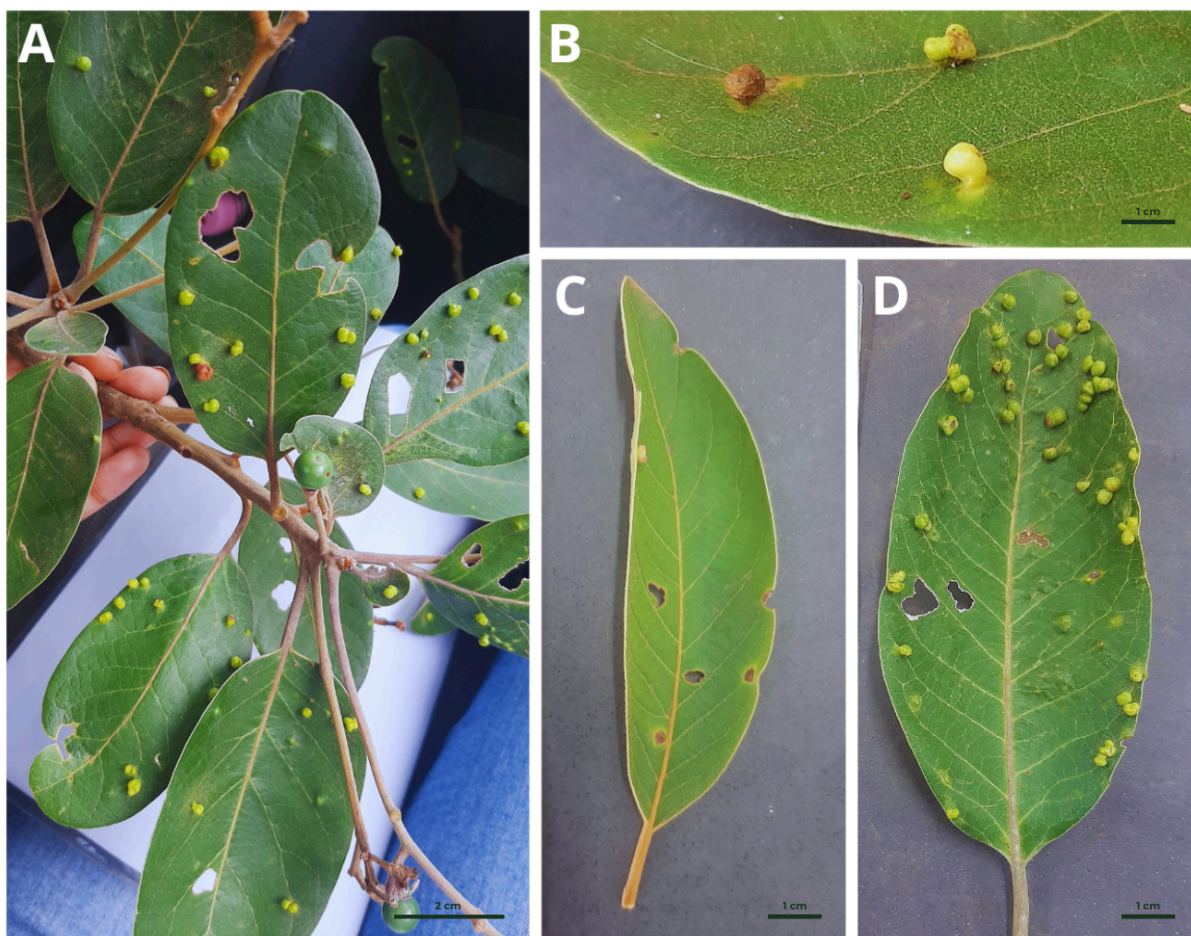
Legenda: A: Vista abaxial das folhas com galhas, em detalhe as projeções abaxial e adaxial. B: Detalhe das galhas com coloração verde/vermelha e vermelha e sem tricomas. C: Folha jovem galhada. D: Folha madura galhada.

Fonte: Autora (2024)

3.1.3 Galha Globoide Esférica

P. willdenovii apresenta um morfotipo de galha foliar, do tipo globoide esférico, que é distribuído paralelos às nervuras, com coloração verde na maturidade e glabro (Figuras 3 - A, B). Trata-se de uma galha aberta, com largura média de 6,0 mm e comprimento médio de 4,0 mm. Não foram observados galhadores. A indução das galhas ocorre tanto em folhas jovens (Figura 3C), quanto em folhas maduras (Figura 3D). Esse morfotipo ocorreu nas duas áreas estudadas.

Figura 3 – Galhas globoides esféricas induzida em folhas de *Persea willdenovii*



Legenda: A: Vista adaxial das folhas mostrando a projeção das galhas. B: Detalhes de galhas maduras e galhas senescentes. C: Folha jovem galhada. D: Folha madura galhada.

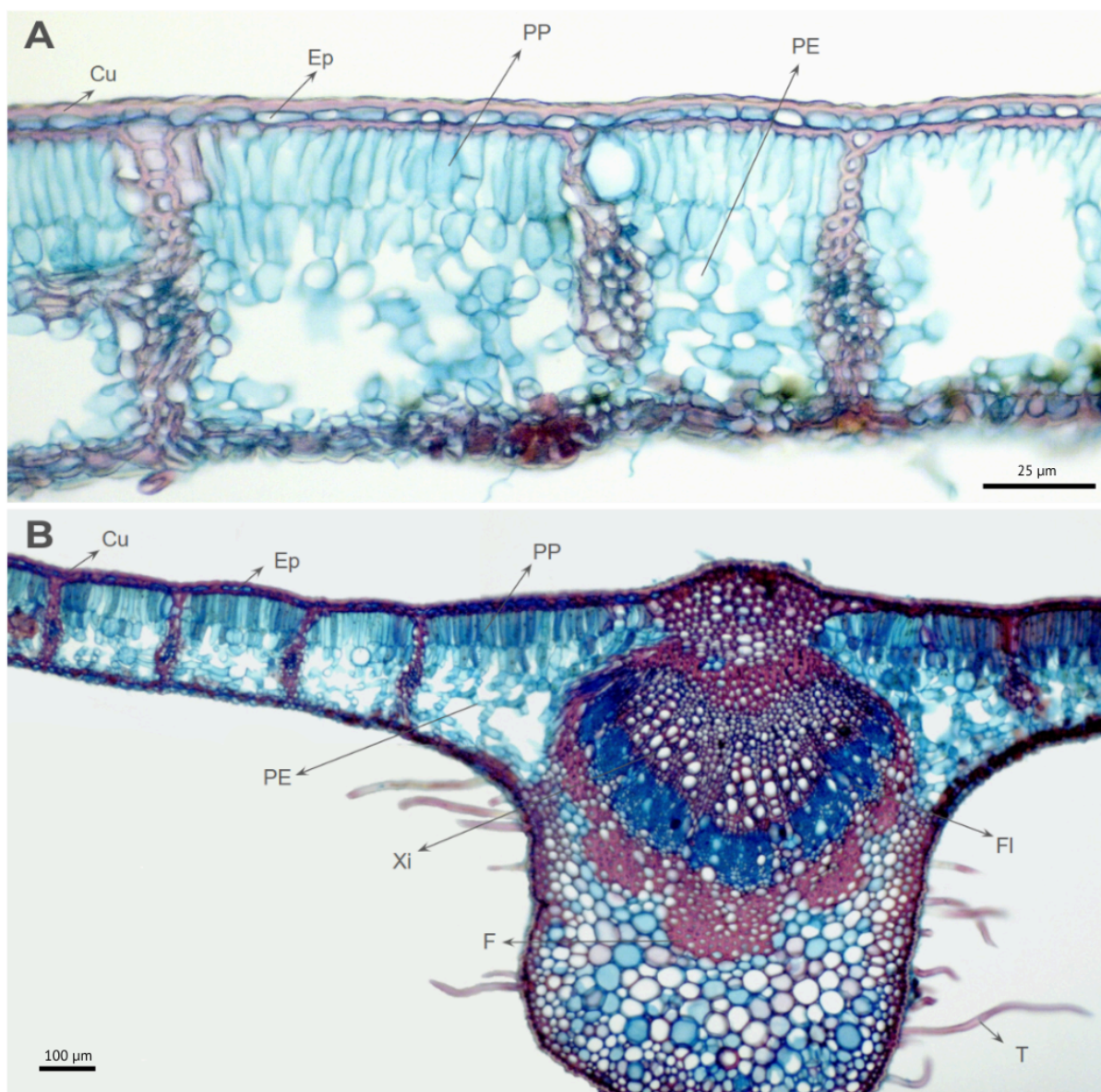
Fonte: Autora (2024)

3.2 Caracterização Anatômica

3.2.1 Planta Hospedeira

A folha madura de *P. willdenovii* é caracterizada pela presença de uma epiderme unisseriada em ambas as faces, com cutícula delgada na face abaxial, espessa na face adaxial (Figura 4A) e apresentando tricomas na face abaxial (Figura 4B). O mesofilo é do tipo dorsiventral, apresentando de duas a três camadas de parênquima paliádico, com pequenos espaços intercelulares e de seis a sete camadas de parênquima esponjoso com grandes espaços intercelulares (Figuras 4 - A, B). Os feixes vasculares são do tipo colateral, com xilema e floema bem definidos, possuem bainha do feixe lignificada (Figura 4 A, B).

Figura 4 - Secção transversal da folha de *Persea willdenovii*



Legenda: A: Secção anatômica transversal do limbo foliar. B: Secção anatômica da folha mostrando a nervura central e o limbo. Cu: cutícula. Ep: epiderme unisseriada. PP: parênquima paliçádico. PE: parênquima esponjoso. Xi: xilema. F: fibras. FI: floema. T: tricomas.

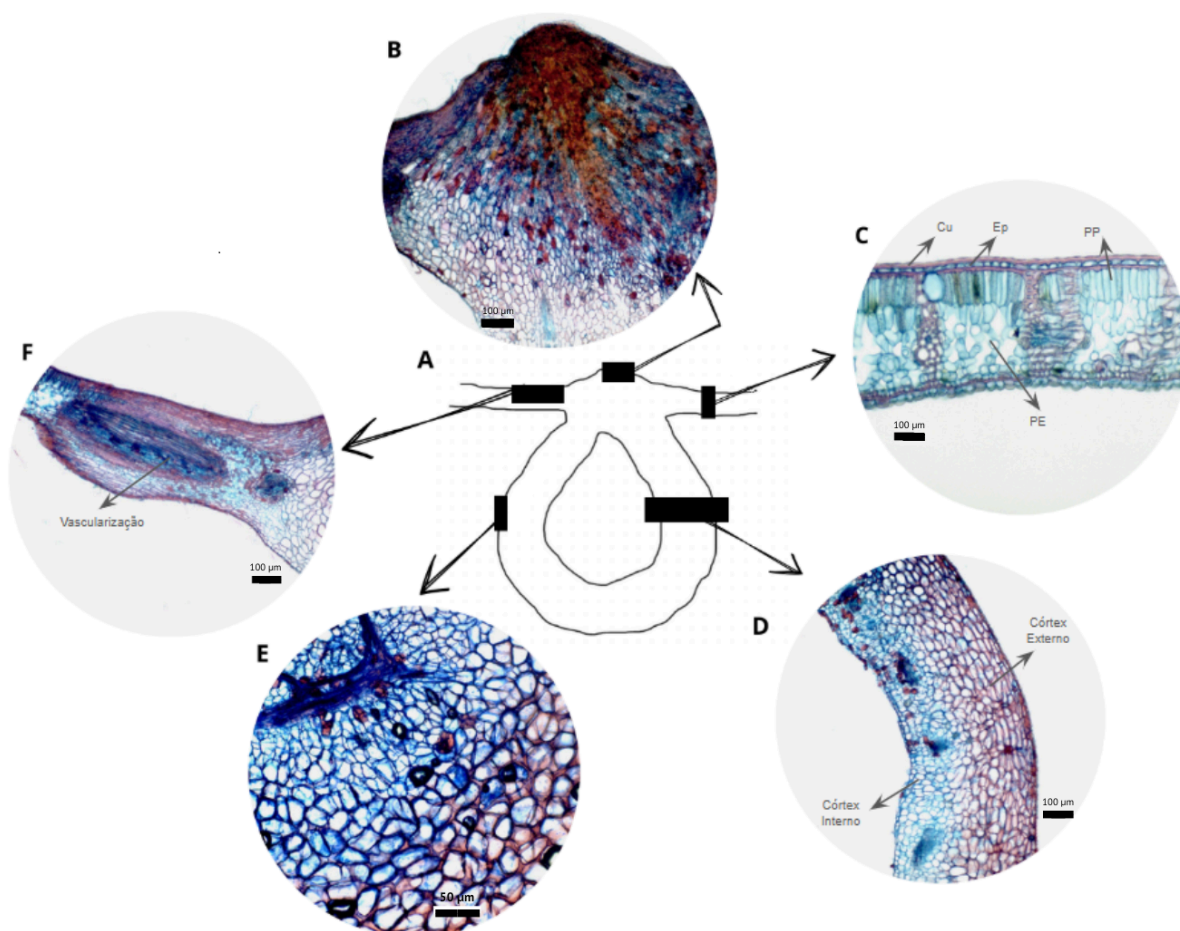
Fonte: Autora (2024)

3.2.2 Galha Globoide Intralaminar

A galha globoide intralaminar induzida em *P. willdenovii* é fechada contendo uma única câmara larval (Figura 5A). A galha apresenta epiderme externa unisseriada tanto na projeção abaxial quanto adaxial (Figura 5B) e cutícula delgada. O mesófilo da folha (figura 5C) se reorganiza na galha em um córtex externo parenquimático e um córtex interno

parenquimático com feixes vasculares ricos em floema e dispersos. A epiderme no entorno da câmara larval é unisseriada (Figura 5D). A vascularização é evidente, nas camadas periféricas do córtex externo (Figura 5E) e na transição limbo foliar/galha (Figura 5 F).

Figura 5 - Anatomia da galha globoide intralaminar induzida em *Persea willdenovii*



Legenda: A: Esquema da galha mostrando sua única câmara larval fechada. A: Base da galha. B: Detalhe da projeção adaxial da galha. C: Mesofilo da folha próximo a galha. D: Córtex da galha organizado em córtex interno e córtex externo. E: Vascularização na periferia da galha. E: Vascularização na transição limbo foliar/galha. Cu: Cutícula, Ep: epiderme, PE: parênquima esponjoso, PP: parênquima paliádico.

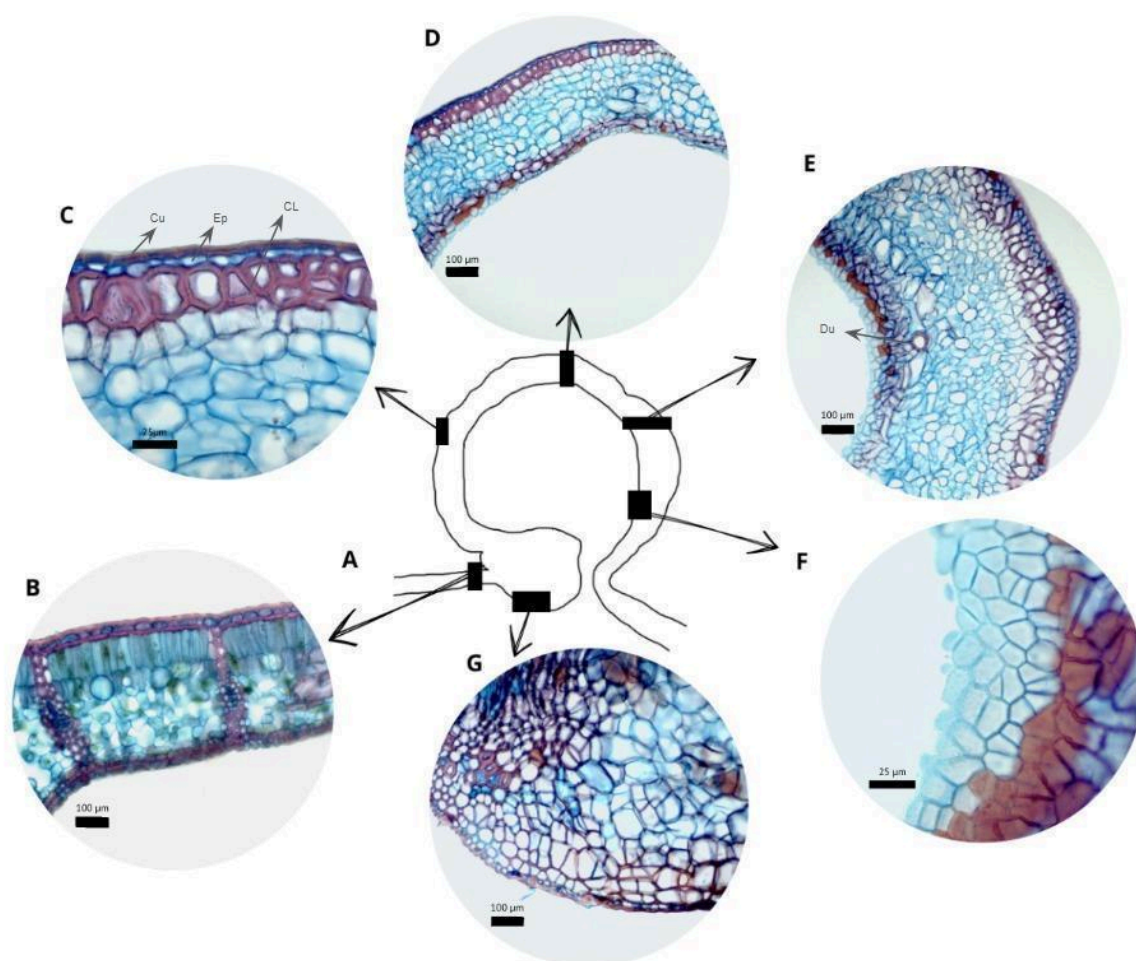
Fonte: Autora (2024)

3.2.3 Galha Globoide Esférica

A galha globoide esférica é aberta, com uma única câmara larval que se dá pelo dobramento do limbo foliar a partir de um feixe vascular (Figura 6A). A epiderme adaxial da folha (Figura 6B) forma a epiderme externa da galha que se mantém unisseriada e com cutícula espessa (Figura 6C). O córtex da galha apresenta de 1 a 2 camadas periféricas de células lignificadas e um parênquima homogêneo de células compactadas (Figura 6D) e com

ductos secretores (Figura 6E) voltado para a câmara larval. A epiderme da câmara larval, que corresponde à continuidade da epiderme abaxial da folha, se desorganiza alterando o formato celular (Figura 6F). O feixe vascular responsável pelo dobramento da galha ele também é do tipo colateral, porém exibe uma aumento no número de camadas de parênquima em sua periferia (Figura 6G).

Figura 6 - Anatomia da galha globoide esférica induzida em *Persea willdenovii*



Legenda: A: Esquema da galha mostrando sua única câmara larval aberta. B: Secção transversal da folha na região adjacente à galha. C: Secção mostrando a epiderme externa da galha e as camadas lignificadas. D: Secção do córtex da galha. E: Secção do córtex da galha com ducto secretor. F: Secção mostrando as camadas internas do córtex e a epiderme da câmara. G: Camadas parenquimáticas desorganizadas na nervura da galha. Ep: Epiderme; Cu: Cutícula; CL: Camada Lignificada. Du: Ducto.

Fonte: Autora (2024)

3.3 Perfil Histoquímico

3.3.1 Sistema *Persea willdenovii* x Galha Globoide Intralaminar

A tabela 1 mostra os compostos químicos encontrados nas folhas não galhadas e nas galhas globoides intralaminares e em quais tecidos estes foram detectados. Açúcares redutores e proteínas de reserva não foram detectados na folha e na galha. Grãos de amido foram observados no parênquima da nervura central da folha e no córtex interno da galha. Lipídeos foram detectados na epiderme da folha e da galha. Tanto na folha quanto na galha não foram detectados alcaloides e flavonoides. Compostos fenólicos foram observados na epiderme e no parênquima da folha e na epiderme externa da galha. Ligninas foram detectadas na epiderme da face adaxial da folha e na epiderme externa da galha.

Tabela 1 - Histoquímica da planta hospedeira e da galha globoide intralaminar

Histoquímica					
Metabólitos	Teste histoquímico	Detecção de substância		Localização	
		Folha	Galha	Folha	Galha
Açúcares Redutores	Reagente de Fehling	-	-	Não detectado	Não detectado
Proteínas	Azul Brillhante de Coomassie	-	-	Não detectado	Não detectado
Grãos de Amido	Lugol II	+	+	Parênquima da nervura	Córtex interno
Lipídeos	Sudan Red B	+	+	Cutícula	Cutícula
Alcaloides	Reagente de Dragendorff	-	-	Não detectado	Não detectado
Flavonoides	DMACA	-	-	Não detectado	Não detectado
Compostos Fenólicos	Cloreto Férrico	+	+	Epiderme	Epiderme do córtex externo
Lignina	Teste Maüle	+	+	Cutícula	Epiderme do córtex externo

Fonte: Autora (2025)

3.3.2 Sistema *Persea willdenovii* x Galha Globoide Esférica

A tabela 2 mostra compostos químicos encontrados nas folhas não galhadas e na galhas globoides esféricas e em quais tecidos estes foram detectados. Açúcares redutores e proteínas de reserva não foram detectados nas folhas e nas galhas. Grãos de amido foram observados no parênquima da nervura da folha e no parênquima do córtex da galha. Lipídeos foram detectados na epiderme e no parênquima da folha, na epiderme externa e na epiderme da câmara da galha. Tanto na folha quanto na galha não foram detectados alcaloides e flavonoides. Compostos fenólicos foram observados no parênquima e na epiderme da folha e no parênquima do córtex da galha. Ligninas foram detectadas na epiderme da face adaxial da folha e nas camadas subepidérmicas do córtex da galha.

Tabela 2 - Histoquímica da planta hospedeira e da galha globoide esférica

Histoquímica					
Metabólitos	Teste histoquímico	Detecção de substância		Localização	
		Folha	Galha	Folha	Galha
Açúcares Redutores	Reagente de Fehling	-	-	Não detectado	Não detectado
Proteínas	Azul Brillhante de Coomassie	-	-	Não detectado	Não detectado
Amido	Lugol II	+	+	Parênquima da nervura	Córtex
Lipídeos	Sudan Red B	+	+	Cutícula e idioblastos	Cutícula e epiderme interna
Alcaloides	Reagente de Dragendorff	-	-	Não detectado	Não detectado
Flavonoides	DMACA	-	-	Não detectado	Não detectado
Compostos Fenólicos	Cloreto Férrico	+	+	Parênquima	Parênquima
Lignina	Teste Maüle	+	+	Cutícula	Camada lignificada

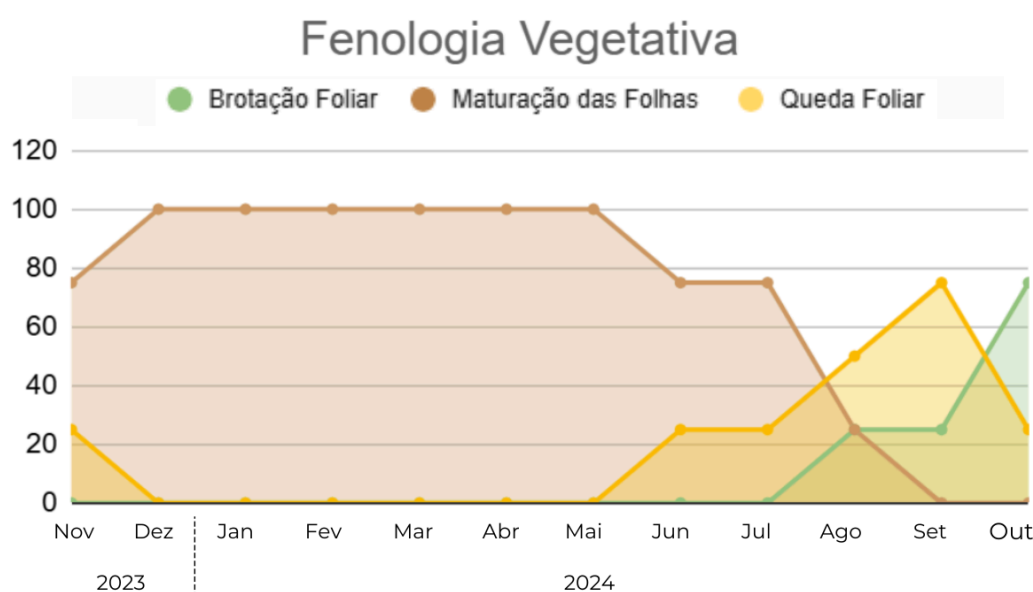
Fonte: Autora (2025)

3.4 Fenologia

3.4.1 Fenologia Vegetativa de *Persea willdenovii*

A fenologia vegetativa de oito indivíduos de *P. willdenovii* foi acompanhada ao longo de 12 meses (novembro de 2023 a outubro de 2024) (Figura 7). A fase de brotação caracterizada pela presença de folhas jovens ocorre de agosto a outubro, com pico em outubro. As folhas maduras ocorrem de novembro a agosto e representam 100% da cobertura foliar entre os meses de dezembro a maio. Já a fase de senescência ocorre de junho a novembro, com o pico de queda foliar em setembro.

Figura 7 - Fenologia vegetativa de *Persea willdenovii*

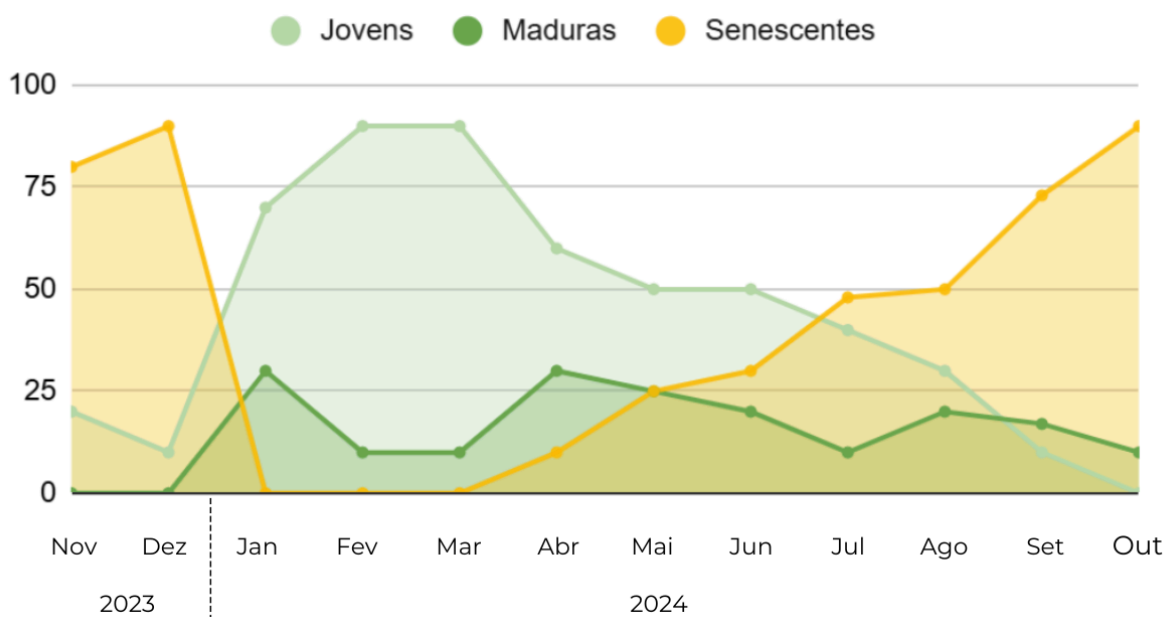


Fonte: Autora (2025)

3.4.2 Fenologia da Galha Globoide Intralaminar

A figura 8 apresenta os diferentes estágios fenológicos da galha globoide intralaminar (jovem, madura e senescente) ao longo de 1 ano (novembro de 2023 a outubro de 2024). Galhas jovens são observadas de novembro a setembro, com picos nos meses de fevereiro e março. A partir do mês de abril observa-se uma queda contínua até sua ausência em outubro. As galhas maduras são observadas de janeiro a outubro, estando ausentes nos meses de novembro e dezembro. Ao longo do ano, as galhas maduras representam a maioria das galhas encontradas. Já as galhas senescentes ocorrem de abril a dezembro, com um crescimento linear até atingir o pico em dezembro.

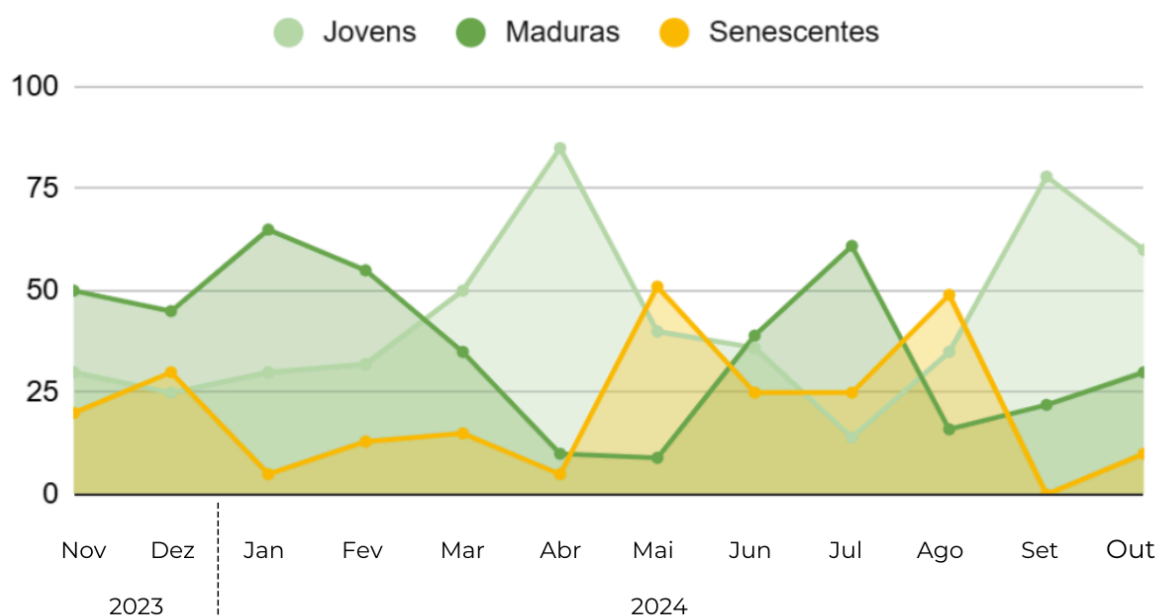
Figura 8 - Fenologia das galhas globoides intralaminares induzida em *Persea willdenovii*



Fonte: Autora (2025)

3.4.3 Fenologia da Galha Globoide Esférica

A figura 9 apresenta os diferentes estágios fenológicos da galha globoide esférica ao longo de 1 ano (novembro de 2023 a outubro de 2024). As galhas jovens ocorrem ao longo de todo o ano, com picos em abril e setembro. As galhas maduras também ocorrem ao longo de todo o ano com pico em janeiro, queda de janeiro a maio, novo crescimento que culmina com o pico em julho, queda em agosto e crescimento nos próximos meses. As galhas senescentes ocorrem de outubro a agosto, oscilando ao longo dos meses subsequentes.

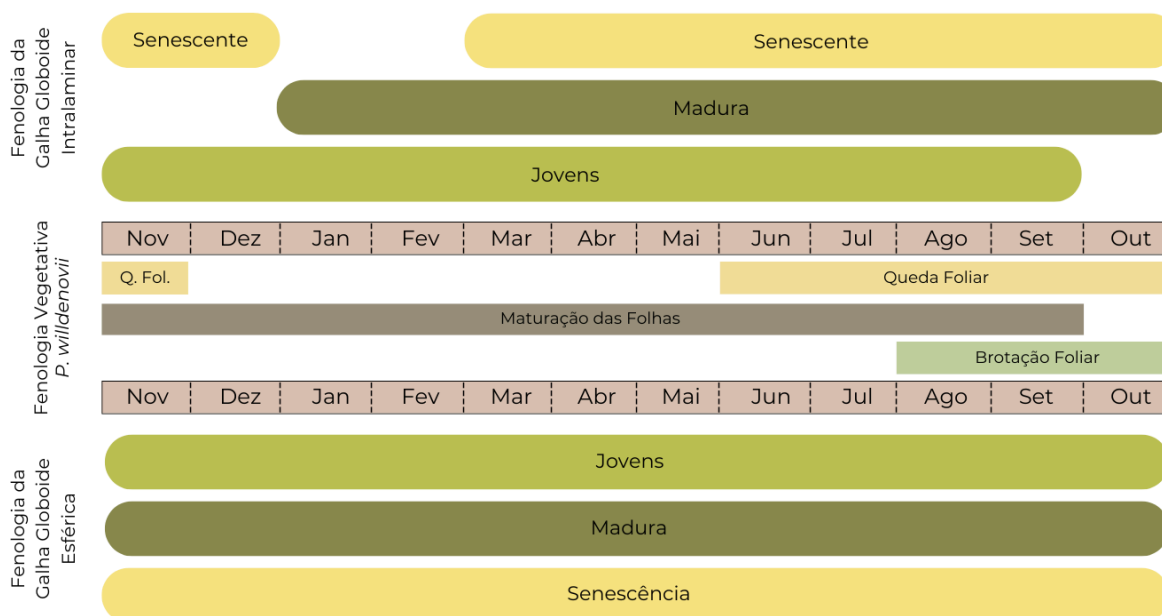
Figura 9 - Fenologia das galhas globoides esféricas em *Persea willdenovii*

Fonte: Autora (2025)

3.4.4 Sincronia Fenológica

A figura 10 mostra a sincronia fenológica entre a planta hospedeira *P. willdenovii* e as galhas foliares globoides intralaminares e globoides esféricas. Para o morfotipo globoide intralaminar existem lacunas de ausência de todas as fases galha. Sendo que não se observa galhas jovens em outubro, galhas maduras em novembro e dezembro e galhas senescentes em janeiro e fevereiro. De novembro a março se observa o fechamento do ciclo da galha de jovem a senescente. O ciclo do morfotipo globoide intralaminar é de aproximadamente de quatro meses. Para o morfotipo globoide esférica não existem lacunas de ausência das fases de desenvolvimento em nenhum mês do ano. Sempre ocorre todas as fenofases.

Figura 10 - Sincronia fenológica entre planta hospedeira e as galhas globoide intralaminares e globoide esféricas induzidas em *Persea willdenovii*

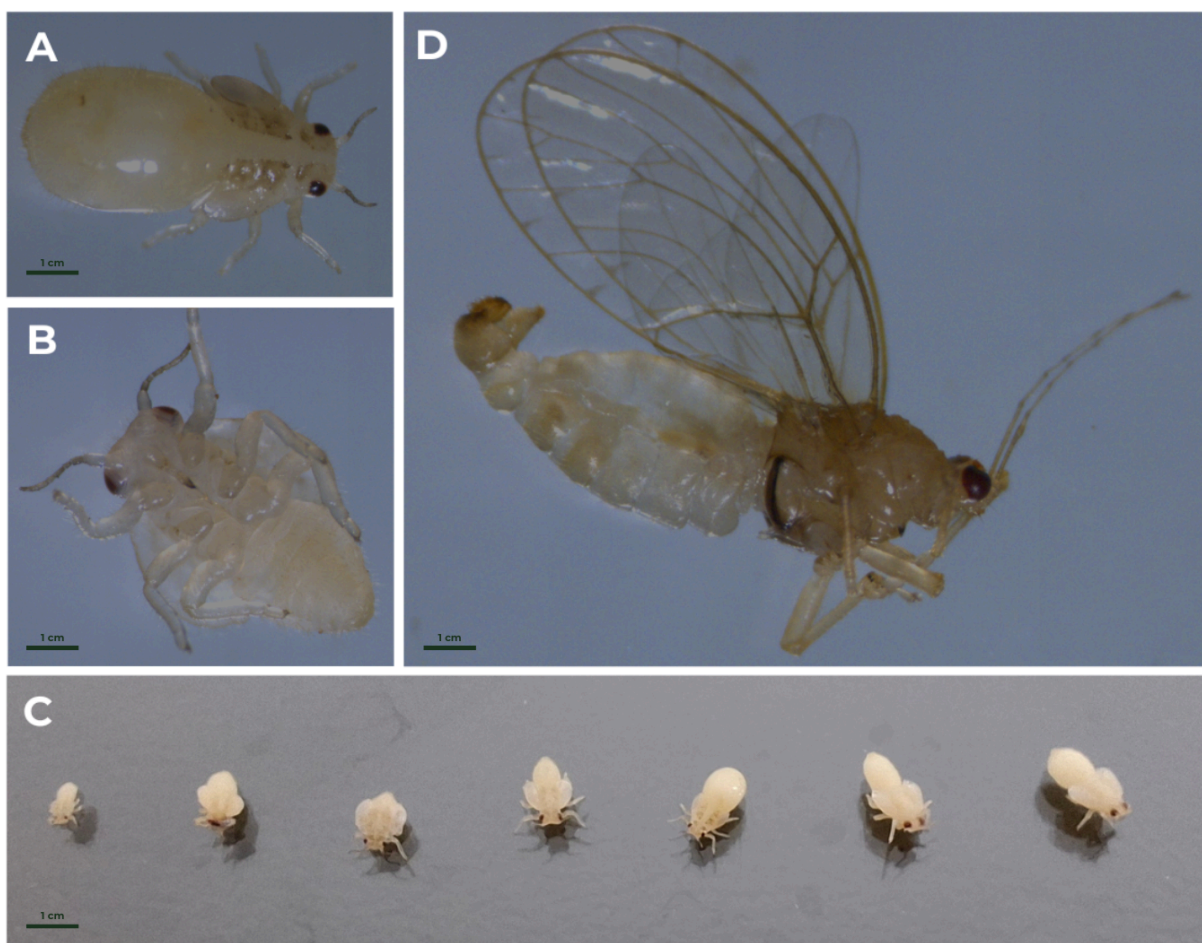


Fonte: Autora (2025)

3.5 Inseto Galhador

No morfotipo globoide intralaminar foram coletados insetos em várias fases de desenvolvimento, que vão desde os primeiros instares (Figuras 11A – C) a fase adulta (Figura 11D). Pelas características observadas podemos afirmar que o galhador é um Hemiptera. Os indivíduos foram encaminhados para especialista para identificação. Para o morfotipo globoide esférica não houve sucesso na coleta dos insetos galhadores.

Figura 11 - Inseto galhador da galha globoide intralaminar induzida em *Persea willdenovii*, em suas fases de desenvolvimento.



Legenda: A: Pupa do inseto galhador (dorsal). ou B:Insta em desenvolvimento (ventral). C: Fases de desenvolvimento do inseto galhador. D: Inseto galhador adulto.

Fonte: Autora (2024)

4. DISCUSSÃO

Persea willdenovii apresenta dois morfotipos de galhas foliares globoides, mas com estruturas distintas, uma fechada e intralaminar e a outra aberta e esférica. Dentre os principais morfotipos de galhas registrados na flora brasileira, estão as galhas globoides (Isaias *et al.*, 2013). Há uma relação entre a morfologia e a estrutura da galha com seu indutor, refletindo a especificidade entre o indutor e a planta hospedeira (Abrahamson & Weis, 1997; Oliveira *et al.*, 2008; Magalhães *et al.*, 2014; Martin, 2020). Além disso, para cada grupo taxonômico de galhador, características estruturais padrões nas galhas se repetem (Bronner, 1992; Moura *et al.*, 2009; Oliveira, 2010; Martin, 2020), o que reflete a complexidade do desenvolvimento da galha. Na hospedeira estudada a ausência do morfotipo globoide

intralaminar em áreas de pastagem pode indicar incapacidade do galhador de sobreviver em ambientes abertos. Essa ausência pode ser influenciada pelas condições nutricionais da planta e pelas características químicas do solo onde estes indivíduos estão (Arriola *et al.*, 2024). Os morfotipos de galhas têm sido amplamente utilizados como indicadores da variabilidade dos galhadores, conseqüentemente, indicador de riqueza e diversidade nos diferentes ecossistemas, além de contribuir na avaliação da qualidade do hábitat (Fernandes *et al.*, 1995; Arriola & Melo-Júnior, 2018, Isaias *et al.*, 2021).

A anatomia das galhas é refletida através das respostas estruturais, citológicas e fisiológicas, que as plantas apresentam sob a influência dos galhadores (Isaias *et al.*, 2017). As galhas são formadas pela rediferenciação celular, podendo levar à formação de tecidos distintos da planta hospedeira (Oliveira & Isaias, 2010; Ferreira & Isaias, 2013; Magalhães *et al.*, 2014), portanto os mecanismos de indução são particulares a cada sistema, e as respostas são atribuídas aos limites de diferenciação celular da planta (Moura *et al.*, 2008; Isaias *et al.*, 2017). A galha globoide intralaminar que se projeta para a face abaxial da folha perdeu os tricomas, mas manteve a epiderme unisseriada com cutícula delgada, similar a estrutura foliar. Na galha globoide esférica, que se projeta para a face adaxial da folha, a epiderme externa da galha se manteve unisseriada com cutícula espessa e com perda de tricomas na epiderme da câmara que se formou da epiderme abaxial da folha. Uma cutícula espessa ajuda na redução da perda de água para a atmosfera (Eglinton & Hamilton, 1967; Jeffree, 1986; Oliveira *et al.*, 2003) e atua também na proteção contra radiação excessiva (Eglinton & Hamilton, 1967; Freitas *et al.*, 2023). A variação de coloração entre verde, vermelha e marrom na galha globoide intralaminar pode estar relacionada ao estágio de desenvolvimento da galha e ao grau de maturação dos tecidos (Isaias *et al.*, 2014; Isaias *et al.*, 2017; Vieira *et al.*, 2021), a sinalização de alimentação do indutor (Dias *et al.*, 2013) e podendo ser influenciada pela fotossíntese (Davies *et al.*, 2022; Arriola *et al.*, 2024).

O mesofilo da planta hospedeira que é do tipo dorsiventral, no morfotipo globoide intralaminar se reorganizou na galha em um córtex externo parenquimático e um córtex interno parenquimático não lignificado e vascularizado, ambos compactados. Na galha globoide esférica observa-se no córtex uma região lignificada nas camadas subepidérmicas e outra formada de um parênquima homogêneo e compacto. A lignificação do parênquima é um processo observado em algumas galhas induzidas por insetos, conferindo maior rigidez e resistência aos tecidos garantindo proteção a câmara larval e conseqüentemente ao galhador (Oliveira *et al.*, 2008; Carneiro *et al.*, 2014; Calácio, 2018). Além da lignificação (Calácio,

2018), a compactação do mesofilo resulta em uma estrutura mais densa (Jorge *et al.*, 2018), pela homogeneização das células que compõem esse tecido (Isaias, 1998; Oliveira & Isaias, 2009; Moura *et al.*, 2009; Magalhães, 2010). Muitos trabalhos têm mostrado que a forma final da estrutura e a funcionalidade dos tecidos das galhas estão relacionados a variação na composição da parede celular, principalmente pectinas, durante o seu desenvolvimento (Formiga *et al.*, 2013; Oliveira *et al.*, 2014; Vilela *et al.*, 2021; Nogueira *et al.*, 2022; Guedes *et al.*, 2024). A presença de feixes vasculares próximos à câmara larval, na galha globoide intralaminar e um grande feixe vascular na galha globoide esférica favorece a alimentação do galhador que tem hábito sugador. Sítios de alimentação característicos, lignificação e compactação dos tecidos, corroboram a hipótese do abrigo, proteção e nutrição do galhador (Price *et al.*, 1986; Rohfritsch & Anthony, 1992; Stone & Schonröggue, 2003; Oliveira *et al.*, 2008; Santos-Silva *et al.*, 2020; Isaias *et al.*, 2021; Freitas *et al.*, 2023).

Nos dois morfotipos estudados a composição química manteve o padrão observado nas folhas, mas com ampliação da histolocalização. Grãos de amido observados no córtex dos dois morfotipos podem estar relacionados ao armazenamento de energia para a manutenção do crescimento da galha (Ferreira *et al.*, 2017, 2019; Isaias *et al.*, 2018; Aguilera *et al.*, 2022). Lipídeos que são comuns em galhas de insetos que formam tecidos nutritivos (Aguilera *et al.*, 2022; Guedes *et al.*, 2023), foram encontrados apenas na cutícula (Carneiro *et al.*, 2014; Costa *et al.*, 2022), na epiderme interna do córtex e em idioblastos já que as galhas estudadas que apresentam características de indução por sugadores.

Com relação aos metabólitos secundários, frequentemente relacionados à proteção da galha (Bronner, 1992; Oliveira *et al.*, 2010; Nogueira *et al.*, 2018; Kuster *et al.*, 2019; Costa *et al.*, 2022) foi observado nos dois morfotipos a presença de compostos fenólicos, associado por Carmona *et al.* (2011) a proteção contra herbivoria em plantas. Mesmo estando associado a herbivoria a concentração de fenólicos parece não afetar a infestação de galhas (Formiga *et al.*, 2009; Ferreira *et al.*, 2014), uma vez que, os galhadores são herbívoros especializados e sua saliva pode degradar facilmente os fenóis, conforme Hori (1992). Além disso a presença de compostos fenólicos nos tecidos das galhas pode atenuar o estresse oxidativo causado pela atividade alimentar do galhador (Abrahamson *et al.*, 1991; Ferreira & Isaias, 2013; Oliveira *et al.*, 2016; Bragança *et al.*, 2017; Isaias *et al.*, 2015, 2018; Ferreira *et al.*, 2021). A lignificação pode garantir proteção contra inimigos naturais (Oliveira *et al.*, 2008; Carneiro *et al.*, 2014; Calácio, 2018).

P. willdenovii apresenta as fenofases de brotação foliar, maturação das folhas e queda foliar bem definidas. O morfotipo globoide intralaminar ocorre ao longo de todo o ano, mas com lacunas de ausência em todas as fases de desenvolvimento. Já para o morfotipo globoide esférico todas as fases de desenvolvimento são observadas ao longo do ano. Os dois morfotipos estudados são induzidos tanto em folhas jovens quanto maduras, como observado por Oliveira & Isaias (2009). Diferente de insetos univoltinos, que normalmente apresentam um sítio específico de indução (Weis *et al.*, 1988; Gonçalves, 2008; Magalhães *et al.*, 2014; Maia, 2017; Nogueira *et al.*, 2022) e janelas de oportunidades específicas (Gonçalves, 2008; Magalhães *et al.*, 2014, Rezende *et al.* 2018), insetos multivoltinos se beneficiam por mais janelas de oportunidades (Ferreira *et al.*, 1990; Andrade *et al.*, 1995; Dias, 2010) e à disponibilidade de recursos e sítios favoráveis para a indução de galhas por mais tempo.

A capacidade de sincronia do galhador com a fenologia da planta hospedeira apresenta um efeito significativo no sucesso da indução de galhas (Crawley & Akhteruzzaman, 1988; Komatsu & Akimoto, 1993; Tikkanen *et al.*, 1999; Yukawa, 2000; Mopper 2005; Imai & Ohsaki 2009; Fagundes *et al.*, 2018). Mesmo muitos estudos apresentando forte tendência de sincronização dos ciclos dos galhadores com as fenofases da planta hospedeira (Magalhães *et al.*, 2014; Maia, 2017; Nogueira *et al.*, 2022), não é o caso dos sistemas estudados, já que a presença de sítios de indução ao longo de todo o ano e a característica multivoltina reforça que sincronia não é um fator determinante para o sucesso destas galhas. O fato de ambos os insetos conseguirem induzir galhas em folhas jovens e maduras permite que quando há eclosão dos adultos um novo ciclo se inicie na sequência, favorecido pela característica semidecídua da planta hospedeira que sempre oferta sítios de indução.

A ordem Hemiptera apresenta grande número de espécies de insetos galhadores (Fernandes & Carneiro, 2009; Martin, 2020; Leite *et al.*, 2024), no morfotipo globoide intralaminar, foram encontrados vários instares de uma espécie dessa ordem, mas ainda não identificada. Já para a galha globoide esférica não houve sucesso na coleta dos galhadores.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dois morfotipos estudados formaram galhas com características anatômicas típicas de insetos sugadores, sem a formação de tecido nutritivo como sugerido por Oliveira *et al.* (2010). Entretanto, cada morfotipo de galha apresentou um conjunto distinto de estruturas anatômicas e morfológicas, evidenciando as particularidades da interação, entre o organismo indutor e a planta hospedeira, o que reforça a especificidade envolvida nesse tipo de interação.

A indução de galhas em folhas tanto jovens quanto maduras, aliada à presença de sítios de indução constantes, o fato da planta hospedeira ter um caráter semidecíduo possibilitou a ocorrência contínua dos morfotipos ao longo do ano. Esse conjunto de fatores favoreceu em múltiplos ciclos de desenvolvimento das galhas e, conseqüentemente, na presença de galhadores com padrão multivoltino. Entretanto, a ausência de um morfotipo em área de pastagem abre questionamento sobre o comportamento deste galhador. A partir do entendimento dos sistemas obtidos neste trabalho, avançaremos em investigações mais elaboradas dos dois sistemas, estudando a resposta de defesa antioxidante e estrutural nas galhas por influência de acúmulo de nutrientes como Fe, Cu, Bo, Mn entre outros; a comparação do desenvolvimento citológico e da parede celular; e a ciclagem de carbono (C) e nitrogênio (N) nos níveis tróficos (solo, planta, galha/galhador). Estudos mais detalhados do desenvolvimento de galhas poderão ampliar a compreensão das alterações que levam a formação e a manutenção das galhas nas plantas.

6. REFERÊNCIAS

ABRAHAMSON, W.G.; WEISS, A. E. Evolutionary Ecology across Three Trophic Levels: Goldenrods, Gallmakers and Natural Enemies. Monographs in Population Biology. Princeton University Press. 1997.

ABRAHAMSON, W. G., K. D. MCCREA, A. J. WHITWELL, & L. A. VERNIER. The role of phenolic compounds in goldenrod ball resistance and formation. **Biochemical Systematics and Ecology**. 19: 615–622. 1991.

AGUILERA, N., ISAIAS, R.M.S., JORGE, N.C., CONEJEROS, M.J., BECERRA, J., NIEVES-ALDREY, J.L. & GUEDES, L.M. Distinctive anatomical and histochemical responses of *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst (Nothofagaceae) to two galling Pteromalidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) in Chile. **Flora**. 290, 152056. 2022

ALONI, R. 2021. **Vascular differentiation and plant hormones**. Springer Nature, Cham, Switzerland.

ANDRADE, G.I.; SILVA, I.M.; FERNANDES, G.W. & SCATENA, V.L. Aspectos biológicos das galhas de *Tomoplagia rudolphi* (Diptera: Tephritidae) em *Vernonia polyanthes* (Asteraceae). **Revista Brasileira de Biologia**. 4: 819-829. 1995.

ARRIOLA, I' A., & MELO-JR, J. C. F., A diversidade de galhas pode prever o estado de conservação de remanescentes florestais da mata atlântica? In: Melo-Júnior JCF & Oliveira TMN (Eds.). Ciências ambientais: ensaios e perspectivas. Joinville: Editora Univille. pp. 63-101. 2017.

ARRIOLA, Í.A., COSTA, E.C., OLIVEIRA, D.C. & ISAIAS, R.M.S. Soil–plant– gall relationships: from gall development to ecological patterns. **Biological Reviews**. 99, 1948–1975. (2024)

BATISTA, A.N.L, *et al.* Compostos aromáticos de três espécies brasileiras de Lauraceae. **Química Nova**. 2010.

BENCKE, C.S.C. & MORELLATO, L.P.C Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia. **Revista Brasileira de Botânica**. ed.25, n.3, p.269-275. 2002

BRAGANÇA, G. P. P., FERREIRA, B. G., ISAIAS, R. M. S. Distinct cytological mechanisms for food availability in three *Inga ingoides* (Fabaceae) - Cecidomyiidae gall systems. **Protoplasma** 259. 2022.

BRAGANÇA, G.P., OLIVEIRA, D.C., ISAIAS, R.M.S. Compartmentalization of metabolites, and enzymatic mediation in nutritive cells of Cecidomyiidae galls on *Piper arboretum* Aubl. (Piperaceae). **J. Plant Stud.** 6, 11–22. 2017.

BRONNER, R. (1992) **The role of nutritive cells in the nutrition of cynipids and cecidomyiids**. In: Shorthouse, J.D., Rohfritsch, O. (Eds), *Biology of insect induced galls*, Oxford University, Oxford.

BUKATSCH, F. **Bermerkungen zur Doppelfärbung Astrablau–Safranin**. Mikrokosmos, 61, 255. 1972.

CALÁCIO, T. F. Estrutura e metabolismo de galhas foliares induzidas por Hemiptera (Psyllidae) em *Pouteria ramiflora* (Mart). Radlk. (Sapotaceae). **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Uberlândia. 2018.

CARMONA D., LAJEUNESSE M.J., JOHNSON M.T. Plant traits that predict resistance to herbivores. **Funct Ecol**. 25:358–367. 2011

CARNEIRO, R. G. S. *et al*. Are gall midge species (Diptera, Cecidomyiidae) host-plant specialists? **Revista Brasileira de Entomologia**. 2009a.

CARNEIRO, R. G. S. *et al*, Are gall midge species (Diptera, Cecidomyiidae) host-plant specialists? **Revista Brasileira de Entomologia**. 2009b.

CARNEIRO, R.G.S., OLIVEIRA, D.C., ISAIAS, R.M.S. Developmental anatomy and immunocytochemistry reveal the neo-ontogenesis of the leaf tissues of *Psidium myrtoides* (Myrtaceae) towards the globoid galls of *Nothotrioza myrtoidis* (Triozidae). **Plant Cell Rep**. 33, 2093–2106. 2014.

CARNEIRO., R. G. S. **A amplitude do conceito de fenótipo estendido em galhas de insetos** [manuscrito]. Tese de Doutorado, Departamento de Botânica, v. 1, n. 1, p. 1-116, dez./2015.

CARNEIRO, R. G. S. & ISAIAS, R. M. S. Gradients of metabolite accumulation and redifferentiation of nutritive cells associated with vascular tissues in galls induced by sucking insects. **AoB Plants**. ed. 7: plv086. 2015. doi: 10.1093/aobpla/plv086

CNCFlora. *Persea willdenovii* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 **Centro Nacional de Conservação da Flora**. Disponível em <http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Persea_willdenovii>. Acesso em 1 março 2024.

COSTA, E.C., OLIVEIRA D.C., FERREIRA D.K.L, J., ISAIAS, R.M.S. Structural and nutritional peculiarities related to lifespan differences on four *Lopesia* induced bivalve-shaped galls on the single super-host *Mimosa gemmulata*. **Front. Plant Sci**.12:660557. 446. 2021.

COSTA E.C., BRAGANÇA G.P.P., ARRIOLA Í.A., FREITAS M.S.C., ISAIAS R.M.S. Host plant traits define the strategies of success to the Cecidomyiidae in a restinga environment. **South African Journal of Botany**. 146, 751–759. 2022

CRAWLEY M.J., AKHTERUZZAMAN M. **Individual variation in the phenology of oak trees and its consequences for herbivorous insects**. 1988.

DAVIES, K.M., LANDI, M., VAN KLINCK, J.W., SCHWINN, K.E., BRUMMELL, D.A., ALBERT, N.W., CHAGNÉ, D., JIBRAN, R., KULSHRESTHA, S., ZHOU, Y., BOWMAN, J.L. Evolution and function of red pigmentation in land plants. **Annals of Botany**. 130, 613–636. 2022.

DIAS, G.G. Galhas de *Calophya* aff. *duvauae* Scott (Hemiptera: Calophyidae) em *Schinus polygamus* (Cav.) Cabrera (Anacardiaceae): alterações químicas e estruturais e interações com parasitoides e inquilinos. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Minas Gerais. 2010.

DIAS, G.G., MOREIRA, G.R.P., FERREIRA, B.G. & ISAIAS, R.M.S. Why do the galls induced by *Calophya duvauae* Scott on *Schinus polygamus* (Cav.) Cabrera (Anacardiaceae) change colors? **Biochemical Systematics and Ecology**. 48, 111–122. 2013.

DREGER-JAUFFRET, F. & J. D. SHORTHOUSE. Diversity of gall-inducing insect and their gall. In Shorthouse, J. D. & O. Rohfritsch (Eds), **Biology of insect induced galls**. Oxford University, Oxford. 1992.

EGLINTON G, HAMILTON RJ. Leaf epicuticular waxes. **Science**. 156, 1322–1335. 1967

FAGUNDES, M., XAVIER, R.C.F., FARIA, M.L., LOPES, L.G.O., CUEVAS-REYES, P., REIS-JUNIOR R. Plant phenological asynchrony and community structure of gall-inducing insects associated with a tropical tree species. **Ecol Evol**. Nov 1;8(22):10687-10697. 2018.

Freitas M.S.C. *et al.* Can the galling Eriophyidae (Trombidiformes) manipulate leaf structural and histochemical profiles over environmental stressors? **Australian Journal of Botany**. 2023.

FERNANDES, G. W. A.; PAULA, A. S.; LOYOLA Jr., R. Distribuição de insetos galhadores entre habitats e seu possível uso como bioindicadores. **Vida Silvestre Neotropical**. Costa Rica, v. 4, n. 2, p. 133- 139, nov. 1995.

FERNANDES, G. W. Gall forming insects: their economic importance and control. **Revista Brasileira de Entomologia**. São Paulo, v. 31. 1987.

FERNANDES, G. W.; SOUZA, A. L.; SACCHI, C. F. Impact of a Neolasioptera (Cecidomyiidae) stem gall on its host plant *Mirabilis linearis* (Nyctaginaceae). **Phytophaga**. New Delhi, v. 5, p. 1-6, 1993.

FERNANDES, G. W. & CARNEIRO, M. A. A. In book: Bioecologia e Nutrição de Insetos como Base para o Manejo de Pragas. Chapter: Insetos Galhadores. CT-Agro/CNPq. Editors: **AR Panizzi & JRP Parra**. 2009.

FERREIRA, B. G., *et al.* Complex meristematic activity induced by *Eucecidoses minutanus* on *Schinus engleri* turns shoots into galls. **American Journal of Botany**. 2022.

FERREIRA, B. G., *et al.* Feeding and other gall facets: patterns and determinants in gall structure. **Botanical Review** 85. 2019.

FERREIRA, B. G., *et al.* Revisiting the histological patterns of storage tissues: beyond the limits of gall-inducing taxa. **Botany** 95: 173–184. 2017

FERREIRA, B. G., C. T. TEIXEIRA, AND R. M. S. ISAIAS. Efficiency of the polyethylene-glycol (PEG) embedding medium for plant histochemistry. **Journal of Histochemistry and Cytochemistry** 62: 577–583. 2014.

FERREIRA, B. G., & ISAIAS, R. M.S. Developmental stem anatomy and tissue redifferentiation induced by a galling Lepidoptera on *Marsetia taxifolia* (Melastomataceae). **Botany** 91: 752–760. 2013.

FEUCHT, W., SCHMID, P.P.S., CHRIST, E. Distribution of flavonols in meristematic and mature tissues of *Prunus avium* shoots. **J. Plant Physiol.** 125, 1–8. 1986.

FISHER D. B. Protein staining of robboned epon sections for light microscopy. **Histochemic.** 16, 92-96. 1968.

FLOATE, K.; FERNANDES, G.W.; NILSSON, J. Distinguish intrapopulational categories of plants by their insect fauna: galls on rabbitbrush. **Oecologia.** Berlin v. 105, p. 221-229, 1996.

FONSECA, C.R, FLECK T, FERNANDES, G.W. Processes driving ontogenetic succession of galls in canopy tree. **Biotropica** 38. 2006.

FORMIGA, A.T., OLIVEIRA, D.C., FERREIRA, B.G., MAGALHÃES, T.A., CASTRO, A.C., FERNANDES, G.W., ISAIAS, R.M.S. The role of pectic composition of cell walls in the determination of the new shape-functional design in galls of *Baccharis reticularia* (Asteraceae). **Protoplasma.** 250, 899–908, 2013.

FOURNIER, O.L.A e CHARPANTIER C. **El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales.** Turrialba 25: 45-48. 1975.

GÄTJENS-BONICHE O., *et al.* Plant galls recorded from Guanacaste Conservation Area-Costa Rica as an integrated concept of a biological database. **Biota Neotropica.** 2021.

GONÇALVES, S. J. M. R. Sincronia fenológica, dimorfismo sexual e ontogênese em galhas de *Pseudotectococcus rollinae* Hodgson & Gonçalves (Hemiptera: Coccoidea: Eriococcidae) em *Rollinia laurifolia* Schltdl. (Annonaceae). **Tese de Doutorado.** Universidade Federal de Minas Gerais. 2008.

GRANDEZ-RIOS, J.M., *et al.*, . Occurrence and characterization of insect galls in two reserves of the Peruvian Amazon. **Biota Neotropica.** 2023.

GUEDES, L.M., SANHUEZA, C., TORRES, S., FIGUEROA, C., GAVILÁN, E., PÉREZ, C.I. & AGUILERA, N. Gall-inducing *Eriophyes tiliae* stimulates the metabolism of *Tilia platyphyllos* leaves towards oxidative protection. **Plant Physiology and Biochemistry.** 195, 25–36. 2023.

GUEDES, L.M., RODRÍGUEZ-CERDA, L., GAVILÁN, E. & AGUILERA, N. Can the galling mite *Eriophyes tiliae* alter the phenolic profile and antioxidant capacity of *Tilia platyphyllos* in a high UV radiation environment? **Entomologia Experimentalis et Applicata.** 172, 777–784. 2024.

HARTLEY S.E. The chemical composition of plant galls: are levels of nutrients and secondary compounds controlled by gall-former? **Oecologia**. 113: 492-501. 1998.

HIRANO *et al.* Reprogramming of the Developmental Program of *Rhus javanica* During Initial Stage of Gall Induction by *Schlechtendalia chinensis*, **Frontiers Plant Science**. vol. 11, pág. 471. 2020.

HORI K. Insect secretion and their effect on plant growth, with special reference to hemipterans. In *Biology of insect-induced galls* (Shorthouse JD & Rohfristsch O, eds). **Oxford University Press**. New York. 1992.

IMAI K., OHSAKI N. A mechanical plant defense defines the opening of a phenological window for gall induction by *Asphondylia aucubae* (Cecidomyiidae: Diptera). **Environ Entomol**. 2009

ISAIAS, R. M. S., *et al.* Illustrated and annotated checklist of Brazilian gall morphotypes. **Neotropical Entomology**. 42: 230-239. 2013.

ISAIAS, R. M. S., *et al.* **Diversidade e atributos anatômicos de galhas das formações de restinga**. In: Melo-Júnior JCF & Boeger MRT (Eds.) Patrimônio natural, cultura e biodiversidade da restinga do Parque Estadual Acaraí. Joinville: Editora Univille. pp. 296-333. 2017.

ISAIAS, R.M.S., FERREIRA, B.G., ARRIOLA, I.A., MELO-JUNIOR, J.C.F., KRAUS, J.E. Diversidade e atributos anatômicos de galhas das formações de Restinga. (orgs). ~ In: Melo-Junior, J.C.F., Boeger, M.R.T. (Eds.), Patrimônio natural, Cultural e Biodiversidade da Restinga do Parque Estadual Acaraí. **Editora Univille**. Joinville, pp. 297–333. 2017.

ISAIAS, R. M. S. Galhas entomógenas em *Machaerium* (Leguminosae-Papilionoideae): anatomia e histoquímica. Tese de Doutorado. **Universidade de São Paulo**. São Paulo.1998.

ISAIAS, R. M. S., D. C. OLIVEIRA, R. G. S. CARNEIRO, & J. E. KRAUS. Developmental anatomy of galls in the Neotropics: arthropods stimuli versus host plant constraints. In G. W. Fernandes and J. C. Santos [eds.], *Neotropical insect galls*, 15–34. **Springer**. Dordrecht, Netherlands. 2014.

ISAIAS, R.M.S. FERREIRA, B. G., ALVARENGA, L. R., BARBOSA, L. R., SALMINEM, S.P., STEINBAUNER, M. Compartimentação funcional de nutrientes e fenólicos nos tecidos de gallas induzida por *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) em *Eucalyptus camaldulensis* (Myrtaceae): Nutrientes e fenólicos em gallas de *Leptocybe invasa*. **Austral Entomology**. 2018.

ISAIAS, R.M.S.; ARRIOLA, I. A.; COSTA, E. C.; BRAGANÇA, G. P. P.; CARNEIRO, R. **G.(Mi)galhas na conservação: plantas ameaçadas indicam galhadores ameaçados na flora do Brasil**. 2021.

JEFFREE C.E. The cuticle, epicuticular waxes and trichomes of plants, with reference to their structure, functions and evolution. In **'Insects and the plant surface'**. (Eds BE Juniper, TRE Southwood) pp. 23–64. (Edward Arnold: London, UK). 1986.

JENSEN, W.A. 1962. **Botanical histochemistry**. W.H. Freeman and Company, San Francisco.

JOHANSEN, D.A. 1940. **Plant microtechnique**. McGraw-Hill Book, New York.

JORGE, N. C., SILVA, E. A. S., ALVARENGA, D. R., SABOIA, G., SOARES, G. L. G., ZINI, C. A., CAVALLERI, A. & ISAIAS, R. M. S. Gall structural and chemical profiles of *Myrcia splendens* (Myrtaceae) leaves under the influence of the galling *Nexothrips* sp (Thysanoptera). **Frontiers in Plant Science**. 2018.

KOMATSU T., AKIMOTO S. **Genetic differentiation as a result of adaptation to the phenologies of individual host trees in the galling aphid *K. japonica***. 1993

KRASSILOV, V.A. Mines and galls on fossil leaves from the Late Cretaceous of southern Negev, Israel. **African Invertebrates**. v:48. p: 13-22. 2007.

KRAUS, J.E., ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. EDUR, Seropédica. Rio de Janeiro.1997.

LEITE, G. L. D., SOARES, M. A., VELOSO, R. V. S., SILVA, L. F., GUANABENS, P. F. S., MUNHOZ, E. J. M., PEREIRA, W. R., SILVA, R. S., FERNANDES, G. W., SERRÃO, J. E., & ZANUNCIO, J. C.. Free-feeding organisms and galling insects (Hymenoptera) interactions on *Caryocar brasiliense* (Malpighiales: Caryocaraceae) trees, a savanna plant from Brazil. **Brazilian Journal of Biology**. 84, e257975. 2024.

MAGALHÃES, T. A. Influência da fenologia no desenvolvimento e fisiologia das galhas de *Eriogalococcus* gen. nov. em *Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A. Robyns (Malvaceae). **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Minas Gerais. 2010.

MAGALHÃES, T. A. *et al.* Patterns of cell elongation in the determination of the final shape in galls of *Baccharopelma dracunculifoliae* (Psyllidae) on *Baccharis dracunculifolia* DC (Asteraceae). **Protoplasma**. 2014.

MAGALHÃES, T. A., OLIVEIRA, D. C., & ISAIAS, R. M. Population dynamics of the gall inducer *Eriogalococcus isaias* (Hemiptera: Coccoidea: Eriococcidae) on *Pseudobombax grandiflorum* (Malvaceae). **Journal of Natural History**. 49(13– 14), 789–801. 2015.

MANI, M.S. **Ecology of plant galls**. Dr. W. Junk Publishers, The Hague. 1964.

MARINHO, R. A., MAIA, V. C. & BARBOSA, M. R. V. Entomogenous galls and their associated fauna in deciduous dry forest and woodland vegetation remnants (Caatinga) in the Northern Depressão Sertaneja Brazil. **Biota Neotropica**. 23(1): e20221428. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2022-1428>. 2023.

MARQUESINE, R.R., GONÇALVES, P.H.P., Nóbrega, L.P. *et al.* Como o ciclo de vida de *Clinodiplosis profusa* (Cecidomyiidae) se ajusta às variações fenológicas da planta hospedeira *Eugenia uniflora* (Myrtaceae) ao sol e à sombra?. **Sci Nat.** 111, 44. 2024.

MARTIN, G. Processo de formação, padrão de uso e sucessão ontogenética de em galhas. **Tese de Doutorado.** Universidade Vila Velha. 2020.

MARTINI, V. C., GONÇALVES, P. H. P e OLIVEIRA, D.C. **Biologia e diversidade de galhas nos Cerrado.** In: Ecologia e conservação dos cerrados, campos e florestas do Triângulo Mineiro e do Sudeste de Goiás. Uberlândia. Regência e Arte. 2020.

MENDES, R. S. M., *et al.* Dynamics of cell wall components and histochemical profile of a rust fungi gall (Basidiomycota: Pucciniales) on *Byrsonima variabilis* A.Juss. (Malpighiaceae). **Australian Journal of Botany.** 2023.

MENEGUZZI, A. RESGATE VEGETATIVO E PROPAGAÇÃO in vitro DE *Persea willdenovii* Kosterm. **Dissertação de Mestrado.** a Universidade do Estado de Santa Catarina. 2017.

MOPPER, S. **Phenology-how time creates spatial structure in endophagous insect populations.** 2005

MOURA, M. Z. D.; SOARES, G. L. G. e ISAIAS, R. M. S. Species-specific changes in tissue morphogenesis induced by two arthropod leaf galls in *Lantana camara* (Verbenaceae). **Australian Journal of Botany** 56: 153-160. 2009.

MOURA, M. Z. D., SOARES, G. L. G., e ISAIAS, R. M. S. Species-specific changes in tissue morphogenesis induced by two arthropod leaf galls in *Lantana camara* L. (Verbenaceae). **Australian Journal of Botany.** 56: 153–160. 2008.

NOGUEIRA, R. M., COSTA, E. C., SANTOS-SILVA, J. & ISAIAS, R. M. S. A phenological trick and cell wall bricks toward adaptive strategies of *Mimosa tenuiflora*-*Lopesia mimosae* interaction in Caatinga environment. **Flora.** 294, 152121. 2022.

NOGUEIRA, R. M., COSTA, E. C., SILVA, J. S., & ISAIAS, R. M. DOS S. Structural and histochemical profile of *Lopesia* sp. *Rübsaamen pinnula* galls on *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. in a Caatinga environment. **Hoehnea.** 45(2), 314–322. 2018.

NYMAN, T. Phylogeny and ecological evolution of gall-inducing sawflies (Hymenoptera: Tenthredinidae). **University of Joensuu, PhD Dissertation in Biology.** v. 6, 92p. 2000.

OLIVEIRA, D. C. Gradientes citológicos e histoquímicos em galhas de insetos. **Tese de Doutorado.** Universidade Federal de Minas Gerais. 2010.

OLIVEIRA, D. C., ISAIAS R. M. S. Cytological and histochemical gradients induced by a sucking insect in galls of *Aspidosperma australe* Arg. Muell (Apocynaceae), **Plant Sci.** 178. p 350-358. 2010.

OLIVEIRA, D. C., ISAIAS R. M. S. Influence of leaflet age in anatomy and possible adaptive values of the midrib gall of *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae: Caesalpinioideae). **Revista de Biología Tropical**. 57: 293-302. 2009.

OLIVEIRA, D.C., ISAIAS, R. M. S. Redifferentiation of leaflet tissues during gall midrib gall development in *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae). **South African Journal of Botany** 76: 239-248. 2010.

OLIVEIRA, D. C., *et al.*. Potencialidades morfogênicas de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Fabaceae): super-hospedeira de herbívoros galhadores. **Revista de Biologia Neotropical**. ed.5. 2008.

OLIVEIRA, D. C.; *et al.* Reações de defesas químicas e estruturais de *Lonchocarpus muehlbergianus* Hassl. (Fabaceae) a ação do galhador *Euphalerus ostreoides* Crawf. (Hemiptera: Psyllidae). **Revista Brasileira de Botânica**. São Paulo, v. 29, n. 4, p. 657-667, out. /dez. 2006.

OLIVEIRA AFM, MEIRELLES ST, SALATINO A. Epicuticular waxes from caatinga and cerrado species and their efficiency against water loss. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. 2003.

OLIVEIRA D.C., MAGALHÃES T.A., FERREIRA B.G., TEIXEIRA C.T., FORMIGA A.T., FERNANDES G.W., ISAIAS R.M.S. Variation in the degree of pectin methylesterification during the development of *Baccharis dracunculifolia*. **PLOS One**. 9(4): e94588. 2014.

OLIVEIRA, D. C. Gradientes citológicos e histoquímicos de galhas de insetos. **Tese de Doutorado**, Departamento de Botânica, v. 1, n. 1, p. 1-60, dez./2010.

OLIVEIRA, D. C., ISAIAS, R. M. S., FERNANDES, G. W., FERREIRA, B. G., CARNEIRO, R. G. S., & FUZARO, L. Manipulation of host plant cells and tissues by gall-inducing insects and adaptative strategies used by different feeding guilds. **Journal of Insect Physiology**. 2016.

PATTEN, A.M., JOURDES, M., BROWN, E.E., LABORIE, M.P., DAVIN, L.B., LEWIS, N.G. Reaction tissue formation and stem tensile modulus properties in wild-type and p-coumarate-3-hydroxylase downregulated lines of alfalfa, *Medicago sativa* (Fabaceae). *Am. J. Bot.* 94, 912–925. 2007.

PRICE, P. W., G. L. WARING & G. W. FERNANDES. **Hypothesis on the adaptive nature of galls**. *Proceed. Entomol. Soc. Washington* 88: 361-363. 1986.

QUINET, A.; BAITELLO, J. B.; MORAES, P. L. R. D. **Lauraceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB106933>>.

RAMALHO, V. F., SILVA A.G. Modificações bioquímicas e estruturais induzidas nos tecidos vegetais por insetos galhadores. **Natureza on line**. 2010.

RAMAN, A. **Insect-induced plant galls of India: unresolved questions**. *Curr Sci* 92:748–757. 2007

REGO, G. M., NEGRELLE, R. R. B. e MORELLATO, L. P. C. **Fenologia Ferramenta para Conservação, Melhoramento e Manejo de Recursos Vegetais Arbóreos**. 1ª Ed. Embrapa. 2007.

REZENDE U.C., MOREIRA A.S.F.P., KUSTER V.C., OLIVEIRA D.C. Structural, histochemical and photosynthetic profiles of galls induced by *Eugeniomyia dispar* (Diptera: Cecidomyiidae) on the leaves of *Eugenia unifora* (Myrtaceae). **Rev Biol Trop**. 66:1469–1480. 2018.

ROHFRITSCH, O. **Patterns in Gall Development**. In **Biology of insect-induced galls** (Shorthouse JD e Rohfritsch O, eds). Oxford University Press, New York. 1992.

ROHFRITSCH, O. & ANTHONY, M. **Strategies on gall induction by two groups of homopterans**. p. 102-117. In Shorthouse, J. D & O. Rohfritsch (Eds), **Biology of insect induced galls**. Oxford University, Oxford. 1992.

ROSA S.S., et al. Atividades anti-helmínticas e citotóxicas in vitro de extratos de *Persea willdenovii* Kosterm (Lauraceae). **Jornal de Helmentologia**. 2017.

SANTOS-SILVA, J.; COSTA, E. C.; CARVALHO-FERNANDES, S.P., ISAIAS, R. M. S. **Guia de Galhas de Insetos de Caetité, Bahia, Brasil – Guide to Insect Galls From Caetité, Bahia, Brazil / – Curitiba: CRV, 132 p. 2020.**

SASS J. E. **Botanical Microtechnique**. 2ª ed. Ames: Iowa State College Press. 1951.

SCARELI-SANTOS, C. *et al.* Morfologia e distribuição de galhas foliares de *Anacardium occidentale* L. (Anacardiaceae). **Journal of Bioenergy and Food Science**. Macapá, v. 2, n. 4, p.166-171, out./dez., 2015

STONE, G.N. & SCHÖNROGGE, K. The adaptive significance of insect gall morphology. **Trends in Ecology and Evolution**. 8: 512-522. 2003.

TIKKANEN O.P., CRAIG T.G., ROININEN H. Factors influencing the distribution a generalist spring-feeding moth, *Operophtera brumata* (Lepidoptera: Geometidae), on host plants. **Environ Entomol** 28:461–469. 1999.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS. Manual de normalização e estrutura de trabalhos acadêmicos: TCCs, monografias, dissertações e teses. **Biblioteca Universitária**. 4. ed. rev., atual. e ampl. Lavras, 2024.

USEFUL TROPICAL PLANTS. *Persea willdenovii*. Disponível em: <https://tropical.theferns.info/viewtropical.php?id=Persea+willdenovii>. Acesso em: 29 fev. 2024.

VASCONCELOS., HERALDO L.. **Ecologia e conservação dos cerrados, campos e florestas do Triângulo Mineiro e Sudeste de Goiás** : Capítulo 12: Biologia e diversidade de galhas nos Cerrados. 1. ed. [S.l.]: Uberlândia : Regência e Arte. 2020.

VIEIRA A.C.M., CRAVO A.C.P., FERRARIS G.K., FERREIRA A.P.R.C., SOUZA M.A.A., KONNO T.U.P., CAMPOS N.V., GUIMARÃES A.L.A., XAVIER Q.M.P., VIEIRA M.A.S. Estudo morfológico e anatômico de galhas foliares induzidas por Cecidomyiidae em espécies da restinga de Maricá – RJ. In: Prata EG (ed) *Biologia: ensino, pesquisa e extensão - uma abordagem do conhecimento científico nas diferentes esferas do saber - volume 2. Científica Digital*. Guarujá, pp 113–128. 2021.

YODER, L. R. & MAHLBERG, P. G. Reactions of alkaloid and histochemical indicators in laticifers and specialized parenchyma cells of *Catharanthus roseus* (Apocynaceae). **American Journal of Botany**. 63:1167-1173. 1976.

YUKAWA, J. Synchronization of gallers with host plant phenology. **Population Ecology**. 42: 105-113. 2000.