



Diversidade de insetos galhadores associada com *Copaifera arenicola*: estágio ontogenético, crescimento dos ramos e interações interespecíficas

*Diversity of gall-inducing insects associated with *Copaifera arenicola*: ontogenetic stage, branch growth, and interspecific interaction*

Ingrid Lara Vieira Gomes¹

Natália Correia Santos²

Samara Carvalho Godinho Balisa³

Luiz Henrique Arimura Figueiredo⁴

Alessandre Custódio Jorge⁵

Marcilio Fagundes⁶

RESUMO

Objetivo: Neste estudo nós testamos três hipóteses: (i) a estrutura da comunidade insetos galhadores difere entre árvores e arbustos de *C. arenicola* (Fabaceae); (ii) plantas com maior taxa de crescimento (maior vigor) apresentam maior riqueza e abundância de insetos galhadores; e (iii) a competição interespecífica é uma força capaz de moldar a organização das comunidades de insetos galhadores associados com *C. arenicola*. **Métodos:** Um total de 25 espécies de insetos galhadores foram coletadas nos indivíduos de *C. arenicola*. **Resultados:** A comunidade de insetos galhadores (riqueza, composição e abundância) não variou entre arbustos e árvores de *C. arenicola*. A taxa de crescimento dos ramos não afetou a riqueza de insetos galhadores. Contudo, ramos menores apresentaram maior abundância de galhas, indicando que galhas podem funcionar como um dreno de nutrientes das plantas. **Conclusão:** Análises de coocorrência mostraram que as interações interespecíficas não são determinantes

¹ Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Uso dos Recursos Naturais/PPGBURN da Universidade Estadual de Montes Claros. Departamento de Biologia Geral. Montes Claros MG - Brasil. laragomesvieira@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4114-230X>

² Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Uso dos Recursos Naturais/PPGBURN da Universidade Estadual de Montes Claros. nataliacsantosef@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9544-308X>

³ Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Uso dos Recursos Naturais/PPGBURN da Universidade Estadual de Montes Claros. Departamento de Biologia Geral. Montes Claros MG - Brasil. samaracarvalho.gb@icloud.com, <https://orcid.org/0009-0009-8167-0770>

⁴ Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa. Docente do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Montes Claros. luiz.figueiredo@unimontes.br, <https://orcid.org/0000-0002-5880-0858>

⁵ Graduado em Engenharia Florestal pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Gerente do Instituto Estadual de Florestas. alessandre.custodio@meioambiente.mg.gov.br, <https://orcid.org/0000-0001-9038-2222>

⁶ Doutor em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre pela Universidade Federal de Minas Gerais. Docente do Departamento de Biologia Geral da Universidade Estadual de Montes Claros. marcilio.fagundes@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5915-6331>

Recebido em

15-05-2024

Aceito em

11-06-2024

Publicado em

30-10-2024

para organização da comunidade de insetos galhadores em *C. arenicola*. Portanto a organização da comunidade de insetos galhadores em *C. arenicola* deve ser melhor explicada por eventos estocásticos de colonização e extinção em cada planta do que por eventos determinísticos como as interações interespecíficas.

Palavras-Chave: Insetos indutores de galhas; Interações interespecíficas, *Copaifera*, Super hospedeiro.

ABSTRACT

Objective: In this study we tested three hypotheses: (i) the structure of the galling insect community differs between trees and shrubs of *Copaifera arenicola* (Fabaceae); (ii) plants with greater growth rates (vigour) have higher richness and abundance of galling insects; and (iii) interspecific competition is a force capable of shaping the organization of galling insect community associated with *C. arenicola*. **Methods:** A total of 25 species of galling insects were collected from *C. arenicola* plants. **Results:** The community of galling insects (richness, abundance, and composition) did not varied between shrubs and trees of *C. arenicola*. The growth rate of the branches did not affect the richness of galling insects. However, smaller branches showed a higher abundance of galls, indicating that galls can function as a nutrient drain in host plant plants. **Conclusion:** Co-occurrence analyses showed that interspecific interactions are not determinant for the organization of the galling insect community in *C. arenicola*. Therefore, the organization of the galling insect community in *C. arenicola* should be better explained by stochastic colonization and extinction events in each plant than by deterministic events such, as interspecific interactions.

Keywords: Gall-inducing insects; Interspecific interactions, *Copaifera*, Super host.

INTRODUÇÃO

Diversos grupos de organismos (e.g. fungos, bactérias, vírus, nematoides e artrópodes) são capazes de causar alterações morfológicas (hiperplasia e/ou hipertrofia) nas células das plantas hospedeiras produzindo estruturas conhecidas como galhas^{1;2}. Dentre os artrópodes, os insetos se destacam como indutores de galhas devido a elevada diversidade e ampla distribuição na maioria dos ecossistemas terrestres³. Embora o hábito de induzir galhas entre os insetos possa ter aparecido em vários momentos durante a evolução, é provável que esta estratégia surgiu como mecanismo para evitar a dissecação e/ou escape de inimigos naturais^{4;5}. De fato, a

estrutura da galha oferece recurso alimentar de qualidade para as larvas dos insetos galhadores além de oferecer alguma proteção contra variações ambientais e defesas físicas e químicas contra inimigos naturais^{6;7}.

Apesar desta proteção oferecida pela estrutura da galha, o sucesso de colonização de uma planta hospedeira pelos insetos galhadores depende de aspectos ambientais e ecológicos que atuam especialmente durante o processo de seleção de sítios de oviposição pelas fêmeas dos insetos galhadores⁸. As fêmeas dos insetos galhadores (especialmente Cecidomyiidae) possuem tamanho reduzido, normalmente são efêmeras e possuem baixa mobilidade e capacidade de dispersão⁹. Assim, estes insetos devem selecionar sítios específicos para oviposição na planta hospedeira que garantam maior sucesso da sua prole¹⁰. Esta seleção ocorre em diferentes escalas: primeiramente a fêmea do inseto galhador deve encontrar uma espécie de planta específica, uma vez que existe uma estreita especificidade entre o inseto galhador e sua planta hospedeira^{11;9}. Depois, estas fêmeas devem encontrar tecidos jovens, pouco diferenciados e de alta qualidade na planta hospedeira para que a oviposição e consequente indução da galha e desenvolvimento das suas proles ocorra com maior sucesso^{12;13}.

Esclarecer este processo de seleção de sítios de oviposição motivou o surgimento de algumas hipóteses. Por exemplo, Price (1991) argumenta que as fêmeas devem atacar ramos mais vigorosos da planta hospedeira uma vez que estes ramos possuem maior disponibilidade de recursos de qualidade para o desenvolvimento das suas larvas. Além disto, a diversidade de insetos galhadores associada com um hospedeiro também pode ser afetada pelo desenvolvimento ontogenético da planta¹⁵. De fato, durante seu desenvolvimento, as plantas passam por mudanças em suas características físicas e químicas que afetam o ataque das fêmeas dos insetos galhadores e a sobrevivência das suas larvas^{16;17}. Assim, a organização da comunidade de insetos de galhadores associada a uma espécie hospedeira deve variar ao longo do desenvolvimento ontogenético das plantas¹⁸.

A restrita janela fenológica que envolve a presença de tecidos meristemáticos de alta qualidade na planta hospedeira e a vida efêmera dos insetos galhadores adultos sugere que a disponibilidade de sítios de oviposição em uma planta pode ser um recurso limitante para os insetos galhadores^{19;20}. Esta disponibilidade de sítios adequados para oviposição deve ser particularmente importante quando tratamos de plantas super hospedeiras (i.e. plantas que

hospedam um grande número de espécies de insetos galhadores, que ocorrem em habitats sazonais²¹. Nestes habitats, a sazonalidade ambiental determina uma pequena janela temporal de produção de meristemas que deve ser sincronizada com a presença dos insetos galhadores adultos das diferentes espécies²⁰. Assim, esta disputa por sítios de oviposição poderia sugerir que a competição interespecífica atuasse como uma força modeladora das comunidades dos insetos galhadores em plantas super hospedeiras, especialmente quando o recurso é escasso^{20;22}. Contudo, os mecanismos responsáveis pela organização das comunidades de insetos galhadores em plantas super hospedeiras ainda são pouco conhecidos⁷. Neste estudo nós comparamos a fauna de insetos galhadores associada com *Copaifera arenicola* (Fabaceae) entre indivíduos de porte arbóreo e arbustivo no Parque Estadual Caminho dos Gerais. *C. arenicola* é endêmica para o semiárido brasileiro e possui uma diversificada fauna de insetos galhadores. Especificamente, nós testamos três hipóteses usando o sistema *C. arenicola* - insetos galhadores:

(I) A riqueza, abundância e a composição de insetos galhadores varia entre indivíduos de porte arbóreos e arbustos de *C. arenicola* uma vez que durante seu desenvolvimento ontogenético as plantas passam por mudanças na estrutura arquitetônica e composição química e física dos seus tecidos que potencialmente afetam o ataque dos insetos herbívoros²³.

(II) ramos que apresentam maior taxa de crescimento são mais atacados pelos insetos galhadores porque as fêmeas dos insetos galhadores devem selecionar sítios de melhor qualidade nutricional para o desenvolvimento das suas larvas^{24;25}.

(III) o papel da competição interespecífica na organização da comunidade de insetos galhadores deve ser prevalente nos indivíduos de porte arbustivo de *C. arenicola*, uma vez que arbustos têm arquitetura menos complexa e oferecem menor disponibilidade de recursos para os insetos galhadores^{20;26}.

MÉTODO

Área de estudo

Os trabalhos de campo foram desenvolvidos em uma área de cerrado em regeneração no Parque Estadual Caminhos dos Gerais (15°01'55"S 43°02'46"W), norte do estado de Minas

Gerais, Brasil (Fig. 1). Esta unidade de conservação possui uma área de 56 mil hectares, altitude média de 1090m e vegetação típica dos biomas Caatinga e Cerrado, com suas diferentes fisionomias. O clima é do tipo semiárido com estações seca e chuvosa bem definida. A temperatura média anual é de 24°C e a precipitação é de 830 mm/ano, concentrada principalmente entre os meses de novembro a fevereiro²⁷. Esta Unidade de Conservação encontra-se inserida na Serra Geral, constituindo um bloco isolado de rochas sedimentares em meio à depressão da Serra do Espinhaço. Especificamente, o solo da área de estudo é classificado como Latossolo Amarelo Distrófico. A vegetação é do tipo Cerrado em regeneração com predomínio das espécies *Anadenanthera colubrina*, *Brosimum gaudichaudii*, *Copaifera arenicola*, *Dimorphandra molis*, *Eugenia dysenterica*, *Plathymenia reticulata*, *Qualea* spp. e *Tachigali subvelutina*²⁸.

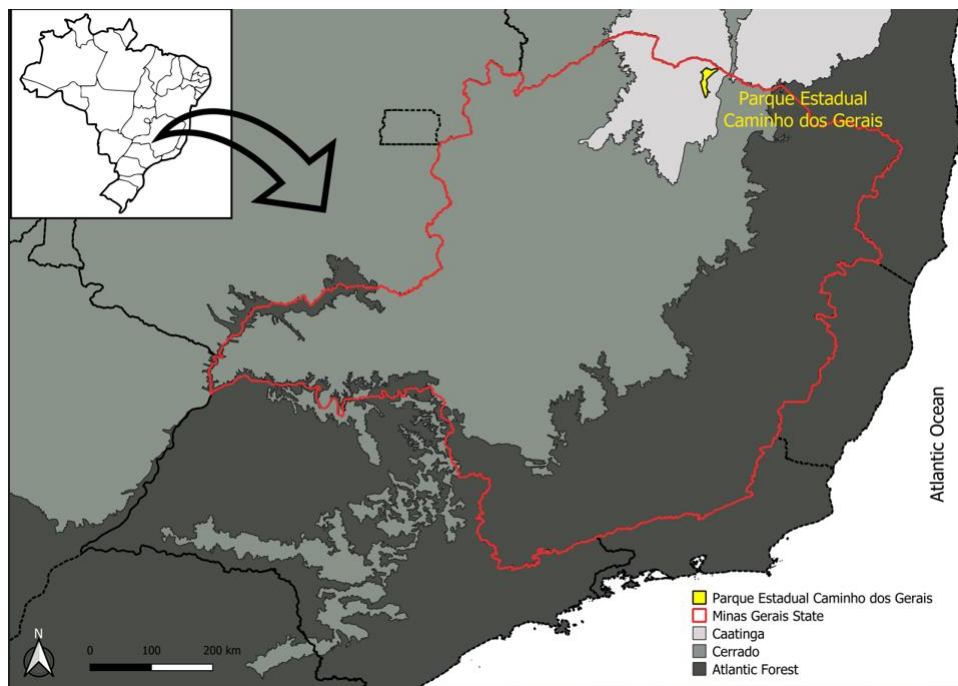


Figura 1. Mapa mostrando a localização no Parque Estadual Caminho dos Gerais na transição entre a Caatinga e o Cerrado no extremo norte do estado de Minas Gerais, Brasil.

Sistema estudado

O gênero *Copaifera* (Fabaceae) possui ampla distribuição geográfica e é representado por 72 espécies²⁹. No Brasil, o gênero é representado por 26 espécies amplamente distribuídas

no Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica e Amazônia³⁰. *Copaifera arenicola* (Ducke) Costa & Queiroz é uma espécie arbustiva-arbórea endêmica do semiárido brasileiro, ocorrendo especialmente em áreas abertas onde alcança até 10m de altura. As folhas são compostas e geralmente possuem dois pares de folíolos³¹. As plantas produzem inflorescência em panícula amarelo-pálido e frutos do tipo legume seco, deiscente e monospérmico. A deiscência dos frutos ocorre de janeiro a março, quando expõem uma semente negro-brilhante com casca rígida e parcialmente coberta pelo elaiossoma alaranjado³². Apesar de vários estudos mostrarem que as espécies de *Copaifera* são super hospedeiras de insetos galhadores, dados específicos sobre a fauna destes insetos associados com *C. arenicola* ainda são raros^{7;8;33}.

Trabalhos de campo

As coletas de dados foram realizadas em uma população de *C. arenicola* no Parque Estadual Caminho dos Gerais, durante o final da estação seca (agosto a setembro de 2022). Este período antecede a queda das folhas da planta hospedeira e as galhas tinham completado o desenvolvimento. Um total de 40 indivíduos de *C. arenicola* (20 árvores e 20 arbustos) foram selecionados na área de estudo. A categorização das plantas como arbusto ou árvore foi baseada na altura das plantas (arbustos tinham menos de 2 m de altura e as árvores tinham altura superior a 3m). A altura das plantas foi determinada com uma trena acoplada a um podão. Contudo, todas as plantas selecionadas encontravam-se em estado de frutificação (i.e. poderiam ser classificadas como adultas) e apresentavam uma distância mínima de 30 m entre si. A riqueza e abundância de insetos galhadores por planta foi estimada pela contagem do número de galhas presentes em 10 ramos terminais da copa de cada planta selecionada para o estudo. Todas as galhas foram identificadas com base na sua morfologia externa (forma, tamanho, coloração, pilosidade) usando a metodologia de Costa (2010) revisada por Fagundes (2014).

Esses ramos foram coletados em diferentes pontos ao redor de toda a copa das plantas para obter amostras representativas de toda a planta hospedeira e evitar um viés causado pelo efeito do micro-habitat no desenvolvimento do ramo e ataque dos insetos galhadores^{15;35}. Estes ramos apresentavam um comprimento aproximado de 30 cm e representavam o crescimento de cada ramo durante a última estação de desenvolvimento das plantas. Todos os 10 ramos de cada planta foram acondicionados individualmente em sacos plásticos e levados para o Laboratório

de Biologia da Conservação (UNIMONTES) para contagem e identificação das espécies de insetos galhadores. O crescimento terminal de cada ramo foi determinado dividindo-se o comprimento do ramo principal pelo número de nós presentes no ramo. Assim, a média do crescimento dos 10 ramos terminais amostrados em cada planta foi usado como proxy do crescimento médio de cada planta individual.

Análise dos dados

O esforço mínimo de coleta para amostragem representativa da fauna de insetos galhadores associada a *C. arenicola* foi determinado através da construção da curva de rarefação de morfotipos de galhas em função das plantas amostradas. Para avaliar se a diversidade de insetos galhadores (composição, riqueza e abundância) varia entre plantas arbóreas e arbustivas de *C. arenicola* foram utilizadas análises multivariadas e Modelos Lineares Generalizados. Primeiramente nós comparamos a composição da comunidade de insetos galhadores entre indivíduos adultos e jovens usando o Escala Multidimensional Não Métrica (nMDS) seguido do Teste de Permutação Não Paramétrica ANOSIM. Neste caso nós ordenamos as plantas arbóreas e arbustivas, com base na matriz de abundância das espécies de insetos de galhadores presentes em cada planta usando o nMDS. Esta análise baseou-se na abundância de espécies e utilizou-se o índice Chord como medida de dissimilaridade. Finalmente realizamos a ANOSIM com 5000 permutações para testar a significância dos grupos formados no nMDS. Esses procedimentos foram realizados no software PAST³⁶.

Para avaliarmos se a riqueza e a abundância de galhas variavam em função do estágio ontogenético e o crescimento dos ramos das plantas de *C. arenicola* nós construímos dois diferentes Modelos Lineares Generalizados (GLM) onde a taxa de crescimento médios dos ramos de cada planta e o estágio ontogenético das plantas (ie árvore e arbusto) foram usadas como variáveis explicativas e a riqueza ou abundância de espécies de insetos galhadores foram as variáveis resposta, seguindo a distribuição de Poisson (corrigida para Quasipoisson) e Gaussian, respectivamente. Esses modelos foram posteriormente testados com Análise de Variância (ANOVA) baseada no teste F. Essas análises foram realizadas usando o software R³⁷.

Análises de modelo nulo foram usadas para testar se a ocorrência das espécies de insetos galhadores associadas a árvores e arbustos não difere do acaso em *C. arenicola*. A hipótese nula

prevê que a ocorrência de uma espécie indutora de galha em uma planta individual não interfere na ocorrência de outra espécie de inseto galhador na mesma planta³⁸. Neste caso, as interações interespecíficas não são capazes de explicar a estrutura da comunidade de insetos galhadores em sua planta hospedeira¹⁰. O índice C-score³⁹ foi usado como uma medida de coocorrência de insetos indutores de galhas nos dois diferentes estágios ontogenéticos (ou seja, árvore e arbusto) de *C. arenicola*. Este índice foi calculado com base na matriz binária de ocorrência de insetos indutores de galhas em árvores e arbustos através da fórmula $C = \frac{(ri - S)(rj - S)}{S^2}$, onde r_i e r_j são os totais das linhas, e S_{ij} é o número de áreas ocupados por ambas as espécies¹⁰. Quando o valor do índice C-score da matriz original (C-score observado) está fora da distribuição de frequência de 95% dos valores do C-score das matrizes aleatórias (C-score esperado), a hipótese nula é rejeitada. Assim, assume-se que a distribuição das espécies é diferente do acaso e as interações biológicas podem ser usadas para explicar a organização da comunidade⁴⁰. Para isso, foi usado um modelo fixo-fixo, onde as linhas e colunas da matriz original foram preservados, com 5000 randomizações para gerar valores de índice C-score simulados. As análises foram realizadas no software EcoSim⁴¹.

Um total de 5.811 galhas pertencentes a 25 espécies de insetos galhadores foram amostradas nas 40 plantas de *Copaifera arenicola* (Tab. 1, Fig. 2). As espécies G1, G4 e G8 foram as mais abundantes, tanto em árvores quanto em arbustos. De fato, essas três espécies indutoras de galhas representaram 43% e 45% do número total de insetos indutores de galhas amostrados em árvores e arbustos, respectivamente.

Tabela 1. Resultados das análises de Deviance mostrando os efeitos das variáveis explicativas (altura da planta e crescimento dos ramos de *Copaifera arenicola*) nas variáveis resposta (riqueza e abundância de galhas por planta).

Variável resposta	Variável explicativa	Df	Deviance	Residual Df	Residual Dev	F	P
Riqueza	Altura	1	0.021	36	20.044	0.036	0.8505
	Crescimento	1	0.839	35	19.205	1.511	0.2274
	Interação	1	0.009	34	19.196	0.016	0.8991
Abundância	Altura	1	790.7	37	164527	0.1885	0.6668
	Crescimento	1	17671.9	36	1468554	4.2118	0.0476
	Interação	1	3.2	35	146852	0.0008	0.9782

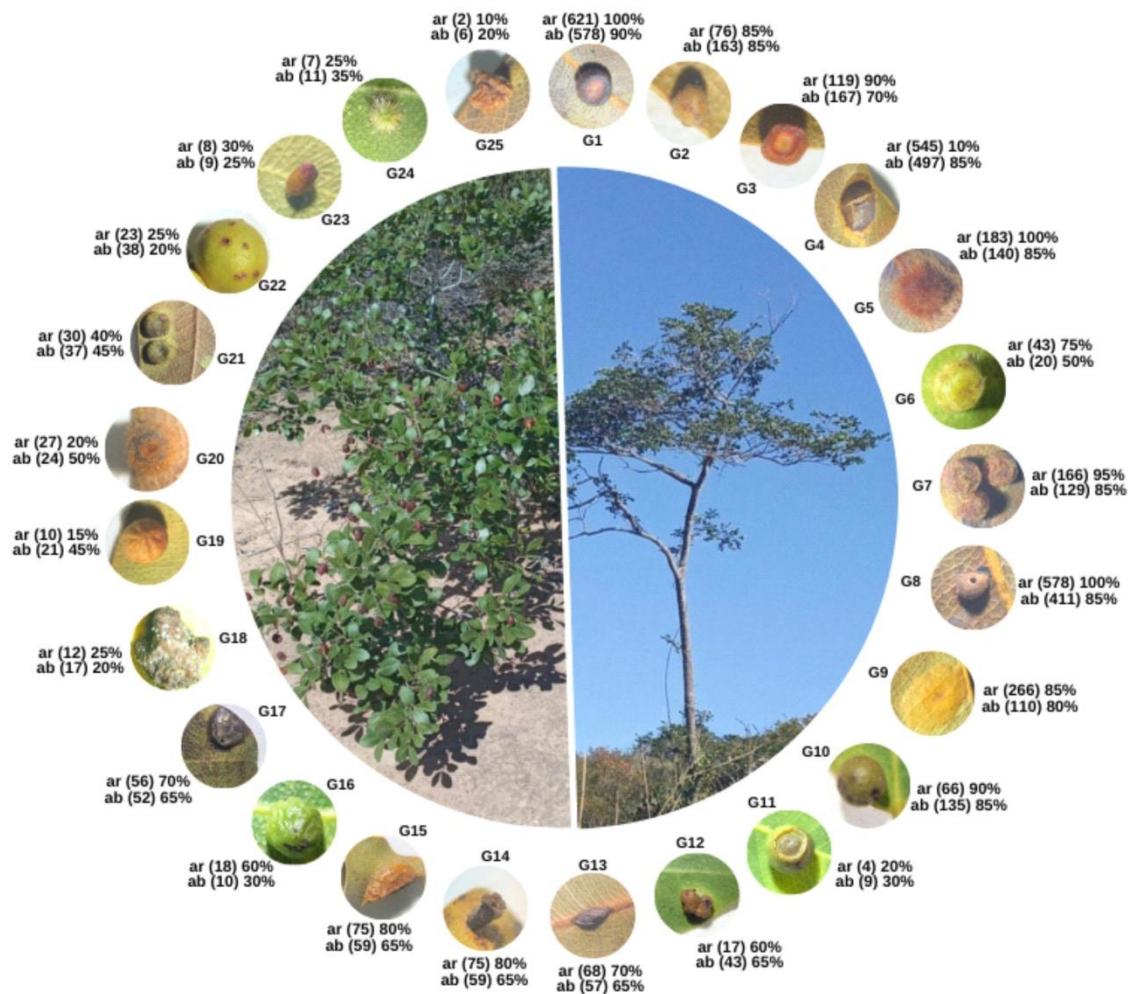


Figura 2. Espécies de galhas (1 a 25) associadas a arbustos e árvores de *Copaifera arenicola* no Parque Estadual Caminho dos Gerais. As percentagens representam as frequências de ocorrência de cada espécie de inseto galhador nas 20 plantas amostradas.

As curvas de rarefação mostraram que o número de espécies de insetos galhadores tende para uma estabilização a partir da quinta planta amostrada, tanto para árvores quanto arbustos (Fig. 3). Os resultados dos nMDS (Fig. 4, Stress = 0.159) e ANOSIM (P = 0,184, R = 0.032) indicaram que a composição de espécies de insetos galhadores não variou entre arbustos e árvores. A riqueza e a abundância de insetos galhadores também não variaram entre os estágios ontogenéticos da planta hospedeira (Fig. 6A). Apesar do crescimento dos ramos não terem afetado a riqueza de galhas, nós observamos uma relação negativa entre o crescimento dos ramos e a abundância total de insetos galhadores nas planas de *C. arenicola* (Fig. 6B).

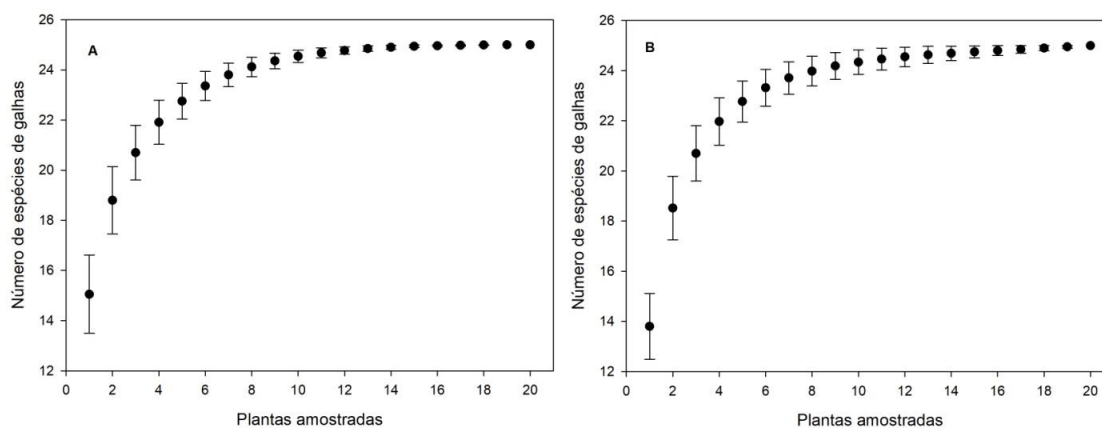


Figura 3. Curvas de rarefação mostrando a estimativa do número de espécies de insetos galhadores em função do número de indivíduos de árvores (A) e arbustos (B) de *Copaifera arenicola* amostrados.

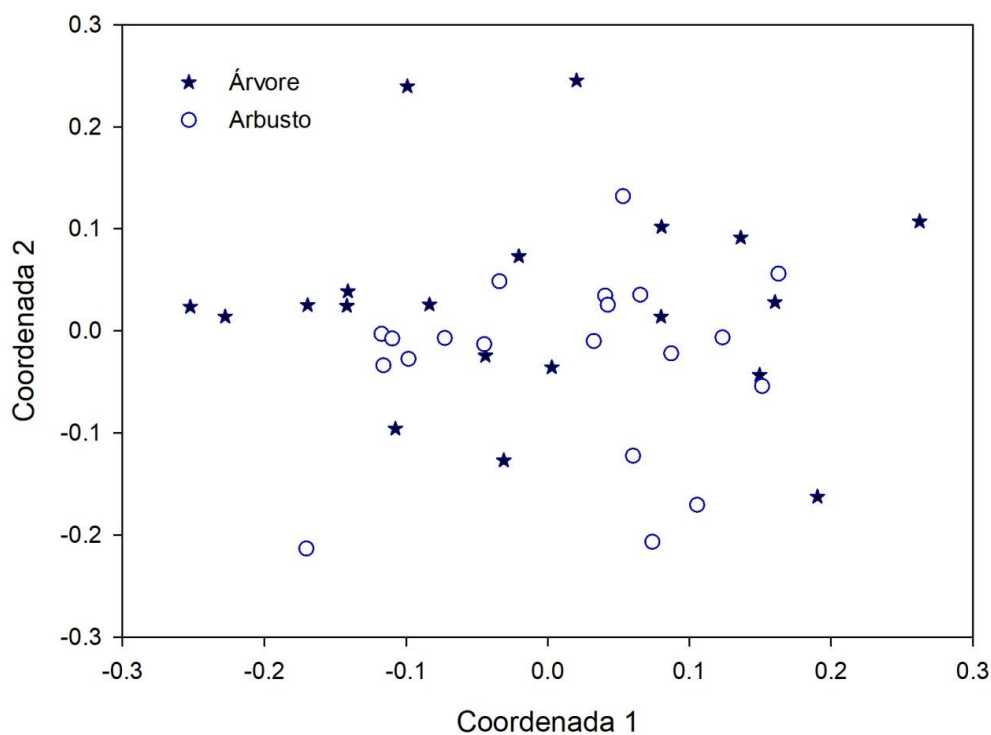


Figura 4. Escalonamento multidimensional não métrico (nMDS) mostrando a ordenação dos arbustos e árvores de *Copaifera arenicola* nos dois eixos principais em função da abundância de insetos galhadores presentes nestas plantas.

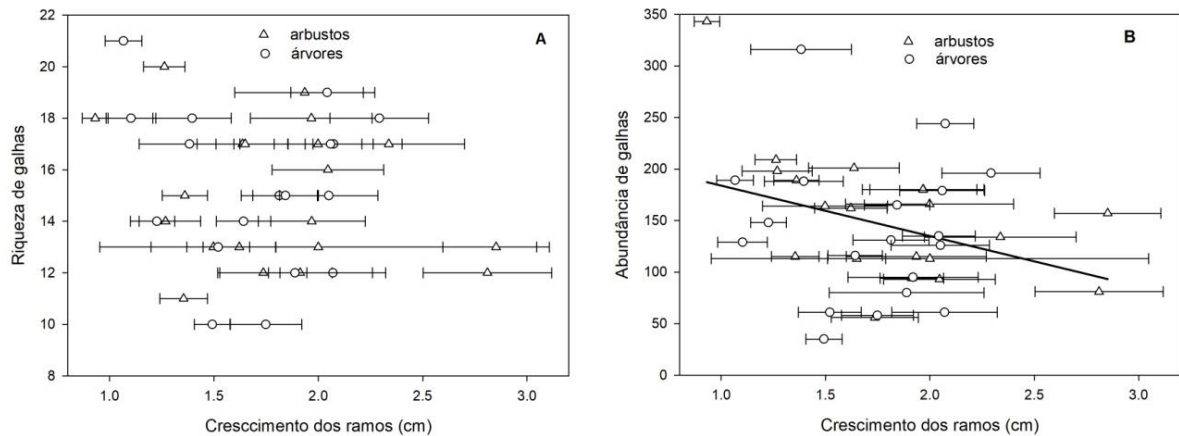


Figura 5. Efeitos do crescimento dos ramos (média \pm erro padrão) na riqueza (A) e abundância (B) de insetos galhadores associados com *Copaifera arenicola*.

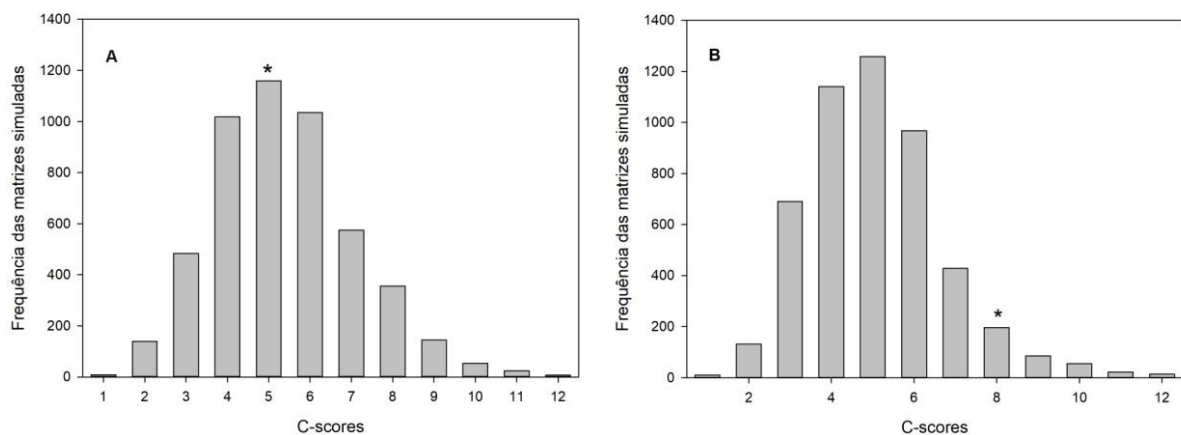


Figura 6. Frequência das matrizes simuladas, usando um modelo fixo, baseado na coocorrência de insetos galhadores associados a árvores (A) e arbustos (B) de *Copaifera arenicola*. Os asteriscos indicam onde o valor do C-Score observado coincide com a classe de frequência dos C-Scores de 5000 matrizes simuladas.

Finalmente, nossos resultados mostraram que a o padrão observado de coocorrência de insetos galhadores não diferiu do esperado tanto nos arbustos (C Score observado = 7,3, C-Score simulado = 7,31, $P_{obs > esp} = 0,52$, Fig. 6A) como nas árvores (C Score observado = 7,68, C-Score simulado = 7,752, $P_{obs > esp} = 0,07$, Fig. 6B). Estes resultados indicam que as espécies de insetos galhadores encontram-se distribuídas ao acaso nos arbustos e árvores e que as

nterações interespecíficas não tem papel prevalente na organização das comunidades destes insetos em *C. arenicola*.

DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo mostraram que: (i) a diversidade (riqueza, abundância e composição) de insetos galhadores não variou entre os estágios ontogenéticos de *C. arenicola*, (ii) a taxa de crescimento dos ramos da planta hospedeira não afetou a riqueza de insetos galhadores, mas ao contrário do esperado, nós observamos uma relação negativa entre a abundância de galhas e a taxa de crescimento dos ramos e (iii) as espécies de insetos galhadores estão distribuídas ao acaso tanto nos arbustos quanto nas árvores de *C. arenicola*.

Durante o desenvolvimento ontogenético as plantas experimentam mudanças em sua arquitetura, constituição química e física dos tecidos que afetam a fauna de herbívoros associada^{7:18:42}. Além disto, arbustos e árvores ocupam diferentes estratos verticais do habitat e são diferentemente afetadas por fatores abióticos como intensidade luminosa e ventos, que potencialmente afetam a fauna de herbívoros^{7:43:44}. Nossos resultados mostraram que a diversidade de insetos galhadores (i.e. riqueza, abundância e composição) não variou entre árvores e arbustos de *C. arenicola* e, portanto, nossos dados não forneceram suporte para a hipótese do desenvolvimento ontogenético¹⁸.

A altura das plantas amostradas variou de 0,4 a 5,5m (arbustos: média = 1,44m, erro padrão = 0,147; árvores: média = 4,35, erro padrão = 0,242). Apesar destas diferenças na altura entre arbustos e árvores serem estatisticamente significativas ($F = 105,4$, $P < 0.001$) esta variação de tamanho não limitou a distribuição das espécies de insetos galhadores entre estas plantas. Além disto, as plantas amostradas ocorriam em área de cerrado em regeneração onde a presença de árvores de grande porte de outras espécies eram muito raras. Portanto, todas as plantas amostradas estavam sujeitas a condições de ventos e radiação luminosa muito similares, que devem ter afetado igualmente a qualidade das plantas para os herbívoros^{43:44}, justificando a similaridade da diversidade de insetos galhadores entre árvores e arbustos observada neste estudo.

Os insetos indutores de galhas têm uma relação íntima com suas plantas hospedeiras e as larvas possuem pouca mobilidade, geralmente ficando restritas ao sítio de oviposição da fêmea⁹. Assim, as fêmeas devem escolher sítios mais adequados (i.e., maior qualidade nutricional e fora do ataque de inimigos naturais) para garantir o melhor desenvolvimento da sua prole^{12;13}. Ramos mais vigorosos geralmente devem ser mais atacados por insetos galhadores porque possuem maior qualidade nutricional para o desenvolvimento larval^{45;46;47}.

Contudo, nossos resultados não corroboraram esta premissa uma vez que não encontramos uma relação positiva entre tamanho dos ramos e a riqueza e a abundância de insetos galhadores em *C. arenicola*. Ao contrário, nossos resultados revelaram uma relação negativa entre o tamanho dos ramos e a abundância de galhas. A formação das galhas funcionar como um dreno, redirecionando recursos da planta hospedeira para formar um tecido nutritivo para o desenvolvimento larval⁴⁸. Assim, esta alteração na relação fonte-dreno da planta reduz a disponibilidade de recursos para o desenvolvimento da planta hospedeira⁴⁹.

Esta relação fonte-dreno poderia ser usada para explicar a relação negativa observada entre a abundância de galhas e o crescimento dos ramos. Neste caso, o grande número de galhas por ramos poderia estar drenando altos níveis de nutrientes da planta que causa uma redução no crescimento dos ramos. Nossos resultados também mostraram que a distribuição das espécies de insetos galhadores não diferiu do acaso tanto nos arbustos como nas árvores de *C. arenicola*. Portanto, a competição interespecífica não pode ser usada para explicar a organização da comunidade de insetos galhadores associadas a *C. arenicola*⁴⁰.

Estudos recentes^{10;12;33} indicam que a competição interespecífica desempenha um importante papel na organização das comunidades de insetos galhadores em plantas super hospedeiras. Contudo o papel da competição pode variar em função da disponibilidade de recursos da planta hospedeira¹² e da abundância dos insetos galhadores¹⁰. A população de *C. arenicola* estudada ocorre em alta densidade gerando a possibilidade dos insetos galhadores migrarem entre plantas próximas buscando de locais mais adequados para a oviposição. Nesse caso, a competição por locais de oviposição seria minimizada dentro de cada planta, justificando a semelhança entre os índices observados e esperados encontrados nos distintos estágios ontogenéticos de *C. arenicola*.

CONCLUSÕES

Resumindo, este estudo sugere que a organização da comunidade de insetos galhadores associada a *C. arenicola* não foi afetada por características da planta hospedeira como vigor dos ramos e arquitetura das plantas. Além disto, interações intraespecíficas entre as espécies de insetos galhadores também não podem ser usadas para explicar a distribuição destes herbívoros em sua planta hospedeira. Neste caso, seria razoável pensar que eventos casuais de colonização e extinção poderiam estar moldando a estrutura da comunidade de insetos galhadores em *C. arenicola*.

REFERÊNCIAS

1. GIRON, David. "Insect-induced effects on plants and possible effectors used by galling and leaf-mining insects to manipulate their host-plant." *Journal of Insect Physiology* 84: 70-89, 2016.
2. RICHARDSON, Ryan. "Morphometric analysis of young petiole galls on the narrow-leaf cottonwood, *Populus angustifolia*, by the sugarbeet root aphid, *Pemphigus betae*." *Protoplasma* 254: 203-216, 2017.
3. MAIA, Valéria Cid. "Galls of Hemiptera, Lepidoptera and Thysanoptera from Central and South America." 22-pp, 2006.
4. STONE, Graham N.; SCHÖNROGGE, Karsten. "The adaptive significance of insect gall morphology." *Trends in Ecology & Evolution* 18.10: 512-522, 2003.
5. FLAHERTY, Leah.; QUIRING, Dan. "Plant module size and dose of gall induction stimulus influence gall induction and galler performance." *Oikos* 117.11: 1601-1608, 2008.
6. LAZARO-GONZALEZ, Alba.; HODAR, Jose A.; ZAMORA, Regino. "Do the arthropod communities on a parasitic plant and its hosts differ?." *European Journal of Entomology* 114, 2017.
7. FAGUNDES, Marcílio. "Diversity of gall-inducing insects associated with a widely distributed tropical tree species: testing the environmental stress hypothesis." *Environmental Entomology* 49.4: 838-847, 2020.
8. COUTINHO, Ritiely Durães. "Community structure of gall-inducing insects associated with a tropical shrub: regional, local and individual patterns." *Tropical Ecology* 60: 74-82, 2019.
9. CARNEIRO, Marco Antonio A. "Gall inducing insects from southern portion of the Espinhaço Range, Minas Gerais, Brazil." *Revista Brasileira de Entomologia* 53: 570-592, 2009.
10. CORNELISSEN, Tatiana. "Interspecific competition influences the organization of a diverse sessile insect community." *Acta Oecologica* 52: 15-18, 2013.

11. JOY, Jeffrey B.; CRESPI, Bernard J. "Adaptive radiation of gall-inducing insects within a single host-plant species." *Evolution* 61.4: 784-795, 2007.
12. FAGUNDES, Marcílio, NEVES, Frederico de Siqueira, FERNANDES, Geraldo Wilson. "Direct and indirect interactions involving ants, insect herbivores, parasitoids, and the host plant *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae)." *Ecological Entomology* 30.1: 28-35, 2005.
13. HÖGLUND, Solveig. "Timing of growth determines fitness and performance of a galling insect on willow." *Ecological Entomology* 39.2: 159-167, 2014.
14. PRICE, Peter W. "Darwinian methodology and the theory of insect herbivore population dynamics." *Annals of the Entomological Society of America* 84.5: 465-473, 1991.
15. COSTA, Fernanda Vieira da, Fagundes, Marcílio, NEVES, Frederico de Siqueira. "Arquitetura da planta e diversidade de galhas associadas à *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae)." *Ecología austral* 20.1: 9-17, 2010.
16. MEDIANERO, Enrique.; BARRIOS, Hector. "Riqueza de insectos cecidógenos en el dosel y sotobosque de dos zonas ecológicas en Panamá." *Scientia* 16.1: 17-42, 2001.
17. MEDIANERO, Enrique.; VALDERRAMA, Anayansi.; BARRIOS, Héctor. Diversidad de insectos minadores de hojas y formadores de agallas en el dosel y sotobosque del bosque tropical." *Acta zoológica mexicana* 89: 153-168, 2003.
18. QUEIROZ, Antônio César Medeiros de. "Does leaf ontogeny lead to changes in defensive strategies against insect herbivores?." *Arthropod-Plant Interactions* 7: 99-107, 2013.
19. OLIVEIRA, Denis. C. "Water stress and phenological synchronism between *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae) and multiple galling insects: formation of seasonal patterns." *Journal of Plant Interactions* 8.3: 225-233, 2013.
20. FAGUNDES, Marcilio. "Plant phenological asynchrony and community structure of gall-inducing insects associated with a tropical tree species." *Ecology and Evolution* 8.22: 10687-10697, 2018.
21. VELDTMAN, Ruan.; MCGEOCH, Melodie. A. "Gall-forming insect species richness along a non-scleromorphic vegetation rainfall gradient in South Africa: The importance of plant community composition." *Austral Ecology* 28.1: 1-13, 2003.
22. LEITE, Germano Leão Demolin. "Architectural diversity and galling insects on *Caryocar brasiliense* trees." *Scientific reports* 7.1: 16677, 2007.
23. FLECK, Tomás.; FONSECA, Carlos Roberto. "Hipóteses sobre a riqueza de insetos galhadores: uma revisão considerando os níveis intra-específico, interespecífico e de comunidade." *Neotropical Biology and Conservation* 2.1: 36-45, 2007.
24. BOEGE, Karina. "Influence of plant ontogeny on compensation to leaf damage." *American Journal of Botany* 92.10: 1632-1640, 2005.
25. ESPÍRITO-SANTO, Mário Marcos. "Plant architecture and meristem dynamics as the mechanisms determining the diversity of gall-inducing insects." *Oecologia* 153: 353-364, 2007.
26. ÁGNES-JÚLIA, Albert. "Seed production of co-occurring species: Regenerative strategies, plant economic spectrum or architectural constraints?." *Basic and Applied Ecology* 58: 121-129, 2022.

27. INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Ministério de Agricultura e Pecuária. Tempo e Clima. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>.
28. FOGAÇA, Cristiane Alves. "Famílias botânicas observadas na regeneração natural de áreas antropizadas no Parque Estadual Caminho dos Gerais". In: FIGUEIREDO, Luis Henrique Arimura et. al. CRAD Mata Seca - Coletanea II. *Nova Xavantina: Pantanal Editora*, p. 100, 2023.
29. VEIGA JUNIOR, Valdir F.; PINTO, Angelo C. "O gênero *Copaifera* L." *Química nova* 25: 273-286, 2002.
30. MARUYAMA, Adriano. "On the distribution of two species of *Copaifera* L. (Leguminosae) from the Brazilian Cerrado, and the first record of *C. malmei* Harms in São Paulo state, Brazil." *Check List* 17.1: 253-260, 2021.
31. GAMA, Dráuzio Correia.; NASCIMENTO-JÚNIOR, José Monteiro do. "*Copaifera arenicola* [(Ducke) J. Costa e LP Queiroz] Fabaceae-Caesalpinioideae em Regiões do Nordeste da Bahia." *Agroforestalis News* 4.1: i-viii, 2019.
32. RAMOS, Leticia F. "Variation in community structure of gall-inducing insects associated with a tropical plant supports the hypothesis of competition in stressful habitats." *Ecology and Evolution* 9.24: 13919-13930, 2019.
33. FAGUNDES, Marcilio. "Galling insect community associated with *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae): The role of inter-and intra-annual host plant phenology." *Neotropical insect galls*: 163-177, 2014.
34. SOUZA, Matheus Lopes.; FAGUNDES, Marcílio. "Seed size as key factor in germination and seedling development of *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae)." *American Journal of Plant Sciences* 2014 (2014).
35. HAMMER, Oyvind.; HARPER, David A. T. "Past: paleontological statistics software package for education and data analysis." *Palaeontologia electronica* 4.1: 1, 2001.
36. R Development Core Team. "R: a language and environment for statistical computing." *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna. URL: <http://www.R-project.org/>. 2024.
37. FAGUNDES, Marcilio. "Galling inducing Insects associated with a tropical shrub: the role of resource concentration and species interactions." *Ecología austral* 29.1: 12-19, 2019.
38. STONE, Lewi.; ROBERTS, Alan. "The checkerboard score and species distributions." *Oecologia* 85: 74-79, 1990.
39. RIBAS, Carla R.; SCHOEREDER, José H. "Are all ant mosaics caused by competition?." *Oecologia* 131: 606-611, 2002.
40. GOTELLI, Nicholas J.; ENTSMINGER, Gary L. "Swap and fill algorithms in null model analysis: rethinking the knight's tour." *Oecologia* 129: 281-291, 2001.
41. FONSECA, Carlos Roberto, FLECK, Tomás.; FERNANDES, Geraldo Wilson. "Processes Driving Ontogenetic Succession of Galls in a Canopy Tree 1." *Biotropica* 38.4: 514-521, 2006.
42. CUEVAS-REYES, Pablo. "Species richness of gall-forming insects in a tropical rain forest: correlations with plant diversity and soil fertility." *Biodiversity & Conservation* 12: 411-422, 2003.
43. NEVES, Frederico de Siqueira. "Canopy herbivory and insect herbivore diversity in a dry forest-savanna transition in Brazil." *Biotropica* 42.1: 112-118, 2010.

44. LAWTON, John H., STRONG-JUNIOR, D. R. "Community patterns and competition in folivorous insects." *The American Naturalist* 118.3: 317-338, 1981.
45. CUEVAS-REYES, Pablo. "Diversity of gall-inducing insects in a Mexican tropical dry forest: the importance of plant species richness, life-forms, host plant age and plant density." *Journal of Ecology*: 707-716, 2004.
46. COSTA, Fernanda Vieira da. "Resource allocation in *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae): how supra-annual fruiting affects plant traits and herbivory?." *Revista de Biología Tropical* 64.2: 507-520, 2016.
47. OLIVEIRA, Denis. C. "Manipulation of host plant cells and tissues by gall-inducing insects and adaptive strategies used by different feeding guilds." *Journal of Insect Physiology* 84: 103-113, 2016.
48. MARTINI, Vitor C. "Bottom-up and top-down forces in plant-gall relationships: testing the hypotheses of resource concentration, associational resistance, and host fitness reduction." *Ecological Entomology* 46.5: 1072-1081, 2021.