



KIRA MALVES

**EFEITO DAS GALHAS NA ALOCAÇÃO
REPRODUTIVA E ARQUITETURA DE *Solanum*
lycocarpum St. Hil. (SOLANACEAE)**

LAVRAS - MG

2013

KIRA MALVES

**EFEITO DAS GALHAS NA ALOCAÇÃO REPRODUTIVA E
ARQUITETURA DE *Solanum lycocarpum* St. Hil. (SOLANACEAE)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais em Ecossistemas Fragmentados e Agrossistemas, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora

Dra. Flávia de Freitas Coelho

LAVRAS – MG

2013

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Malves, Kira.

Efeito das galhas na alocação reprodutiva e arquitetura de
Solanum lycocarpum St. Hill. (Solanaceae) / Kira Malves. – Lavras :
UFLA, 2013.
64 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.
Orientador: Flávia de Freitas Coelho.
Bibliografia.

1. Fruta-do-lobo. 2. Flores. 3. Insetos galhadores. 4. Herbivoria.
5. Cerrado. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 574.52643

KIRA MALVES

**EFEITO DAS GALHAS NA ALOCAÇÃO REPRODUTIVA E
ARQUITETURA DE *Solanum lycocarpum* St. Hil. (SOLANACEAE)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais em Ecossistemas Fragmentados e Agrossistemas, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 25 de fevereiro de 2013.

Dra. Letícia Maria Vieira UFSJ

Dra. Vanesca Korasaki UFLA

Dra. Flávia de Freitas Coelho
Orientadora

LAVRAS – MG

2013

*Dedico as próximas páginas à minha
filha Isis, razão da minha vida e motivo
da minha luta. Te amo!*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Início agradecendo a Deus, por me dar força para lutar pelos meus objetivos;

Agradeço à minha orientadora Flávia, pelo apoio, confiança e muita paciência durante esses anos. Foi imenso o aprendizado e uma lição de vida com sua amizade. Obrigada pela oportunidade!

À minha mãe, pelo exemplo de vida e perseverança;

Às minhas tias; Márcia e Nem, pela disposição em ajudar sempre que precisava;

Às amigas; Eugênia, Jessica e Babi, muito obrigada. Foram idas aos campos inesquecíveis, muitas risadas e experiências únicas. Adorei passar esse tempo com vocês!

Aos colegas de laboratório também, Mário, Gui, e Leandro, por toda a ajuda que vocês me deram;

Agradeço ao meu sempre professor, Fernando, pelas conversas, dicas, e por estar presente sempre que precisei de ajuda. Você é meu exemplo de professor e amigo!

Agradeço à Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Biologia, pela oportunidade de realizar o curso;

Agradeço também a todos os professores do Setor de Ecologia, pelos ensinamentos;

Agradeço à CAPES, pelo apoio financeiro;

À Dani, minha amiga, mesmo de longe, obrigada pelas horas ao telefone escutando..., escutando..., e concordando com minhas loucuras;

Gostaria de agradecer a você, Marcelo, pelo apoio principalmente nos momentos difíceis, pelo incentivo em não desistir;

À minha filha, linda, por me dar um “tempinho” para estudar;

Enfim, agradeço a todos que acreditaram em mim e que torceram pelo meu sucesso!

RESUMO

A herbivoria pode causar vários impactos negativos nas plantas, como dificultar seu desenvolvimento e alterar a alocação de recursos. Insetos galhadores são exemplos de herbívoros, que utilizam as plantas hospedeiras para garantir seu desenvolvimento. Assim como outros tipos de herbivoria, as galhas podem enfraquecer as plantas hospedeiras, modificando a arquitetura e alterando a alocação reprodutiva. O objetivo com este trabalho foi avaliar a influência das galhas na produção de flores e na arquitetura de indivíduos de *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE), bem como comparar essa influência com três etapas de desenvolvimento das galhas: (Etapa 1) início de formação, (Etapa 2) quando a galha cessa seu crescimento e (Etapa 3) quando o inseto indutor se transforma em pupa dentro dela. O estudo foi realizado em 2012, em uma área característica de pastagem, dentro do bioma Cerrado, em Minas Gerais. Foram selecionadas e marcadas 60 plantas com galhas e 60 sem galhas nessa área, totalizando 120 indivíduos, que mediam entre 0.80 e 1.20 metros. Dividiu-se as coletas em três etapas e, em cada uma delas, analisou-se 20 plantas com e 20 sem galhas. Coletou-se todas as flores dos indivíduos marcados, para comparar as seguintes características: número total de flores por indivíduo, tamanho e biomassa das flores em plantas com galhas e sem galhas. Foram medidos os 120 indivíduos com e sem galhas para comparar as seguintes características: altura da planta, número de ramificações primárias e secundárias, tamanho das ramificações primárias e secundárias em plantas com e sem galhas. Contou-se o número total de folhas e coletamos 10 folhas de cada um deles, totalizando 400 folhas por etapa, para analisar as seguintes características: comprimento, largura, biomassa e número de espinhos na nervura central das folhas em plantas com e sem galhas. Embora as flores nessa planta sejam produzidas o ano inteiro, indivíduos com galhas produziram menor número de flores. Além disso, elas foram menores e apresentaram menor biomassa em todas as etapas avaliadas. Os resultados para as variáveis número, tamanho de ramificações primárias e secundárias e número de espinhos na nervura central das folhas não foram significativos em nenhuma fase de desenvolvimento dessas galhas, indicando que não houve diferença entre essas características em plantas com e sem galhas. Já os resultados para as características altura da planta, número de folhas produzidas por indivíduo e comprimento, largura e biomassa dessas folhas foram significativos nessas três etapas. Os resultados são consistentes com a hipótese de que os custos energéticos da produção de galhas exercem grande despesa para essas plantas, resultando em alteração na alocação para formação de estruturas reprodutivas, assim como uma alteração na alocação de nutrientes e diminuição em algumas partes vegetativas da planta hospedeira.

Palavras-chave: Insetos galhadores. Cerrado. Herbivoria. Fruta-do-lobo. Flores.

ABSTRACT

Herbivory may cause several negative impacts on plants, such as hampering its growth and altering its resource allocation. Gall makers are an example of herbivores that use host plants to guarantee their own development. Just as other kinds of herbivory, galls may weaken their host plants by changing their architecture and altering their reproductive allocation. This work aimed at evaluating the influence of galls upon flower production and on the architecture of individuals of *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE), as well as comparing such influence to three stages of gall development: (Stage 1) formation, (Stage 2) when the gall stops growing and (Stage 3) when the gall maker becomes pupa within the galls. The research was made in an area of pasture, inside Cerrado, in Minas Gerais, in 2012. We selected and marked 120 individuals (which measured between 0.80m and 1.20m) out of which 60 had galls and 60 did not have any. The collection process was divided into three steps and in each step, 20 plants with galls and 20 individuals without galls were analyzed. The marked individuals had their flowers collected, in order to evaluate the following characteristics: total of flowers per individual, size and biomass of flowers in plants with and without galls. All the 120 individuals were measured, in order to compare the following characteristics: plant's size, number of primary and secondary ramifications, size of primary and secondary ramifications in plants with and without galls. We counted the total of leaves and collected 10 leaves from each plant, totalizing 400 leaves per stage, in order to analyze the following characteristics: length, width, biomass, number of thorns on the central vein in leaves of plants with and without galls. Although flowers on this plant are produced during the whole year, galled individuals produce less. Furthermore, they were smaller-sized and showed less biomass in all stages. As for number, size of primary and secondary ramifications and number of thorns, the results were not significant in any stage of gall development, which means that there was no difference between these characteristics in plants with or without galls. However, the results for plant's height, number of leaves produced by each plant, as well as the leaf's width and biomass, were significant in all three stages. The results are consistent with the hypothesis that galls take a lot of energy from the plant, thus resulting in the alteration of allocation to form reproductive structures, as well as altering the allocation of nutrients and reducing some of the host plant's vegetative structures.

Keywords: Gallling insects. Cerrado. Herbivory. Fruta-do-lobo. Flowers.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

- Figura 1 Área de pastagem dentro do bioma Cerrado com indivíduos de *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE)..... 23
- Figura 2 Flores de *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE) (A); *Collabismus clitellae* (Curculionidae) inseto indutor de galhas em *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE) (B), Galha caulinar em *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE) induzida pelo inseto *Collabismus clitellae* (Curculionidae) (C)..... 26
- Figura 3 Número de flores por indivíduo de *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE) com galhas (CG) induzidas por *Collabismus clitellae* (Coleoptera: Curculionidae) e sem galhas (SG) durante as três etapas de desenvolvimento das galhas: (A) etapa 1; (B) etapa 2, e (C) etapa 3 31
- Figura 4 Número total de flores produzidas em indivíduos com galhas (CG) e sem galhas (SG) de *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE) nas três etapas de desenvolvimento das galhas 32
- Figura 5 Comprimento das flores em indivíduos de *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE) com galhas (CG) induzidas por *Collabismus clitellae* (Coleoptera: Curculionidae) e sem galhas (SG) durante as três etapas de desenvolvimento das galhas: (A) etapa 1; (B) etapa 2, e (C) etapa 3 33
- Figura 6 Biomassa das flores de *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE) com galhas (CG) induzidas por *Collabismus clitellae* (Coleoptera: Curculionidae) e sem galhas (SG) durante as três etapas de desenvolvimento das galhas: (A) etapa 1; (B) etapa 2, e (C) etapa 3 35

Figura 7	Biomassa das flores (g) em função do número de flores por indivíduo em plantas com galhas (em vermelho) e plantas sem galhas (em azul) de <i>Solanum lycocarpum</i> (SOLANACEAE).....	37
Figura 8	Comprimento das flores (cm) em função do número de flores por indivíduo em plantas com galhas (em vermelho) e plantas sem galhas (em azul) de <i>Solanum lycocarpum</i> (SOLANACEAE).....	38
Figura 9	Comprimento das flores (cm) em função da biomassa (g) das flores em plantas com galhas (em vermelho) e plantas sem galhas (em azul) de <i>Solanum lycocarpum</i> (SOLANACEAE).....	39
Figura 10	Altura dos indivíduos de <i>Solanum lycocarpum</i> (SOLANACEAE) com galhas (CG) induzidas por <i>Collabismus clitellae</i> (Coleoptera: Curculionidae) e sem galhas (SG) durante as três etapas de desenvolvimento das galhas: (A) etapa 1; (B) etapa 2, e (C) etapa 3	41
Figura 11	Número de ramificações primárias por indivíduo de <i>Solanum lycocarpum</i> (SOLANACEAE) com galhas (CG) induzidas por <i>Collabismus clitellae</i> (Coleoptera: Curculionidae) e sem galhas (SG) durante a etapa 3 de desenvolvimento das galhas	42
Figura 12	Tamanho das ramificações primárias em indivíduos de <i>Solanum lycocarpum</i> (SOLANACEAE) com galhas (CG) induzidas por <i>Collabismus clitellae</i> (Coleoptera: Curculionidae) e sem galhas (SG) durante a etapa 3 de desenvolvimento das galhas	43
Figura 13	Tamanho das ramificações secundárias em indivíduos de <i>Solanum lycocarpum</i> (SOLANACEAE) com galhas (CG) induzidas por <i>Collabismus clitellae</i> (Coleoptera: Curculionidae) e sem galhas (SG) durante a etapa 2 de desenvolvimento das galhas.....	44

Figura 14	Número de folhas produzidas por indivíduos de <i>Solanum lycocarpum</i> (SOLANACEAE) com galhas (CG) induzidas por <i>Collabismus clitellae</i> (Coleoptera: Curculionidae) e sem galhas (SG) durante as três etapas de desenvolvimento das galhas: (A) etapa 1; (B) etapa 2, e (C) etapa 3	46
Figura 15	Comprimento das folhas de <i>Solanum lycocarpum</i> (SOLANACEAE) com galhas (CG) induzidas por <i>Collabismus clitellae</i> (Coleoptera: Curculionidae) e sem galhas (SG) durante as três etapas de desenvolvimento das galhas: (A) etapa 1; (B) etapa 2, e (C) etapa 3	48
Figura 16	Largura das folhas de <i>Solanum lycocarpum</i> (SOLANACEAE) com galhas (CG) induzidas por <i>Collabismus clitellae</i> (Coleoptera: Curculionidae) e sem galhas (SG) durante as três etapas de desenvolvimento das galhas: (A) etapa 1; (B) etapa 2, e (C) etapa 3	50
Figura 17	Biomassa das folhas de <i>Solanum lycocarpum</i> (SOLANACEAE) com galhas (CG) <i>Collabismus clitellae</i> (Coleoptera: Curculionidae) e sem galhas (SG) induzidas por durante as três etapas de desenvolvimento das galhas: (A) etapa 1; (B) etapa 2, e (C) etapa 3	52

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

- Tabela 1 ANCOVA entre as variáveis biomassa das flores em função do número de flores/indivíduo e a presença e ausência de galhas em indivíduos de *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE) 37
- Tabela 2 ANCOVA entre as variáveis comprimento das flores em função do número de flores/indivíduo e a presença e ausência de galhas em indivíduos de *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE) 38
- Tabela 3 ANCOVA entre as variáveis comprimento das flores em função da biomassa das flores e a presença e ausência de galhas em indivíduos de *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE) 39

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1 Introdução Geral.....	13
1	INTRODUÇÃO.....	13
	REFERÊNCIAS.....	16
	CAPÍTULO 2 Efeito das galhas na alocação reprodutiva e arquitetura de <i>Solanum lycocarpum</i> St. HIL. (SOLANACEAE).....	18
1	INTRODUÇÃO.....	19
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	22
2.1	Área de estudo.....	22
2.2	Sistema estudado.....	24
2.3	Amostragem.....	27
2.4	Medidas das plantas.....	27
2.5	Análise dos dados.....	28
3	RESULTADOS.....	30
3.1	Número, comprimento e biomassa das flores.....	30
3.2	Altura das plantas.....	40
3.3	Número de ramificações primárias e secundárias.....	42
3.4	Tamanho das ramificações primárias e secundárias.....	43
3.5	Número, comprimento e biomassa das folhas.....	45
3.6	Número de espinhos na nervura central das folhas.....	53
4	DISCUSSÃO.....	54
4.1	Aspectos reprodutivos.....	54
4.2	Aspectos de arquitetura.....	56
	REFERÊNCIAS.....	59

CAPÍTULO 1 Introdução Geral

1 INTRODUÇÃO

A herbivoria, o consumo de tecidos das plantas por animais, pode causar impactos negativos nas plantas (KURZFELD-ZEXER; WOOL; INBAR, 2010). Cada organismo tem uma quantidade finita de recursos disponíveis, no qual são alocados para os processos básicos de manutenção das plantas, como crescimento e reprodução (HARTNETT; ABRAHAMSON, 1979). Plantas atacadas podem ter seu crescimento diminuído, sua arquitetura alterada, além da diminuição do investimento reprodutivo (KETTENRING; WEEKLEY; MENGES, 2009).

Galhas são tecidos tumorais, causados nas plantas, pela ação de diversos organismos como vírus, bactérias, fungos, nematoides, insetos e ácaros. Esses organismos penetram nos vegetais, sobrepujam suas defesas e liberam compostos que estimulam os meristemas a proliferar e se diferenciar (BORGES, 2006). As galhas são adaptações das plantas ao ataque por seus indutores, que ocorrem quando as condições climáticas estão favoráveis, fornecendo aos seus indutores um estado ótimo de desenvolvimento para rápida reprodução e abundância de alimento durante as estações (ANANTHA KRISHNAN, 1986).

Insetos indutores de galhas são herbívoros, especializados e diversificados que redirecionam recursos vegetais para induzir o tecido nutritivo em que vão se desenvolver e se alimentar (MARINI-FILHO; FERNANDES, 2012; PRICE; FERNANDES; WARING, 1987).

O Cerrado brasileiro é considerado um *hotspot* global de biodiversidade, isso por ser uma das 25 regiões do mundo que contém maior diversidade de plantas, sendo várias delas endêmicas, se tornando prioritárias para conservação (MYERS et al., 2000). No Cerrado existe uma alta incidência de galhas em

várias espécies de plantas porque neste ambiente há um estresse nutricional maior que em outros tipos de ambientes (FERREIRA et al., 2007; MAIA; FERNANDES, 2004; URSO-GUIMARÃES; SCARELLI-SANTOS, 2006). Os insetos galhadores sofrem maior pressão seletiva exercida por inimigos naturais em ambientes secos, o que pode também levar a um aumento significativo do número dessas galhas (FERNANDES; PRICE, 1992).

Na busca de um melhor entendimento das consequências desse processo, foi elaborado um projeto que avaliasse a resposta da arquitetura e alocação reprodutiva das plantas ao efeito que as galhas causam na alocação de seus nutrientes.

A espécie *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE) é uma planta arbustiva encontrada em áreas de pastagens, e são muito comuns em regiões de Cerrado. Conhecida vulgarmente por lobeira ou fruta-do-lobo, é abundante nos cerrados de Minas Gerais (OLIVEIRA-FILHO; OLIVEIRA, 1988). Essa planta cresce e desenvolve em condições ambientais desfavoráveis, como terras ácidas e pobres em nutrientes. É uma planta resistente, capaz de suportar clima árido, seca prolongada e queimadas (CAMPOS, 1994). Essa espécie apresenta floração e produção de frutos durante todo o ano (OLIVEIRA-FILHO; OLIVEIRA, 1988; OLIVEIRA-JÚNIOR et al., 2003), numerosas sementes com alta taxa de germinação e rápida emergência (VASCONCELOS; PAULA; VASCONCELOS, 2009). Nessa espécie é comum serem encontradas galhas caulinares.

O inseto indutor de galhas em *S. lycocarpum*, *Collabismus clitellae* Boheman 1837 é um Coleoptero que pertence à família Curculionidae. Os adultos de *C. clitellae* são mais abundantes nos meses de outubro, novembro e dezembro, período em que se alimentam dos novos caules, brotos e flores da planta hospedeira. Neste período, as fêmeas ovipositam sobre os novos brotos, perfurando a epiderme da parte aérea e depositando um único ovo em cada

buraco, resultando em galhas multiloculares, com apenas um indivíduo por lóculo. O crescimento das galhas cessa em abril, mas as larvas do *C. clitellae* continuam a crescer e se alimentar do seu tecido até empuparem. As pupas são encontradas no período de maio a julho, e os adultos são observados dentro das galhas de julho a setembro. A maioria emerge em setembro e outubro (SOUZA et al., 1998, 2001).

A presente dissertação sintetiza o conhecimento gerado sobre o efeito da presença de galhas na espécie *S. lycocarpum*, e está estruturada em um artigo. Ele trata do efeito das galhas na alocação reprodutiva e na arquitetura de *S. lycocarpum*.

Os resultados e discussões aqui obtidos servirão de base para discutir os dados do efeito que as galhas de *C. clitellae* causam no desenvolvimento da sua planta hospedeira.

REFERÊNCIAS

ANANTHA KRISHNAN, T. N. **Biology of gall insects**. Oxford: IBH, 1986. 382 p.

BORGES, J. C. **Câncer em plantas?** Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje, 2006. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/53070>>. Acesso em: 30 jun. 2011.

CAMPOS, J. M. **O eterno plantio: um reencontro com a natureza**. São Paulo: Pensamento, 1994. 250 p.

FERNANDES, G. W.; PRICE, P. W. The adaptative significance of insect gall distribution: survivorship of species in xeric and mesic habitats. **Oecologia**, New York, v. 90, n. 1, p. 14-20, Apr. 1992.

FERREIRA, M. F. M. et al. Comparação da incidência de galhadores em duas formações florestais do bioma cerrado: cerrado *Stricto Sensu* e mata seca. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 36-38, jul. 2007. Suplemento.

HARTNETT, C.; ABRAHAMSON, W. G. The effects of stem gall insects on the life history patterns of *Solidago cunkir*. **Ecology**, Washington, v. 60, p. 910-917, 1979.

KETTENRING, K. M.; WEEKLEY, C. W.; MENGES, E. S. Herbivory delays flowering and reduces fecundity of *Liatris ohlingerae* (Asteraceae), an endangered, endemic plant of the Florida scrub. **Journal of the Torrey Botanical Society**, Washington, v. 136, n. 3, p. 350-362, 2009.

KURZFELD-ZEXER, L.; WOOL, D.; INBAR, M. Modification of tree architecture by a gall-forming aphid. **Trees**, Berlin, v. 24, n. 1, p. 13-18, Feb. 2010.

MAIA, V. C.; FERNANDES, G. W. Insect galls from Serra de São José, Tiradentes, MG, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 64, n. 3, p. 423-445, 2004.

MARINI-FILHO, O. J.; FERNANDES, G. W. Stem galls drain nutrients and decrease shoot performance in *Diplusodon orbicularis* (LYTHRACEAE). **Arthropod-Plant Interactions**, New York, v. 6, n. 1, p. 121-128, Mar. 2012.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, London, v. 403, n. 24, p. 853-858, Feb. 2000.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; OLIVEIRA, L. C. A. Biologia floral de uma população de *Solanum lycocarpum* St. Hil. (SOLANACEAE) em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 11, p. 23-32, 1988.

OLIVEIRA-JÚNIOR, E. N. O. et al. Análise nutricional da fruta-de-lobo (*Solanum lycocarpum* St. Hil.) durante o amadurecimento. **Ciências e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 4, p. 846-851, jul./ago. 2003.

PRICE, P. W.; FERNANDES, G. W.; WARING, G. L. Adaptative nature of insect galls. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 16, n. 1, p. 15-24, 1987.

SOUZA, A. L. T. et al. Host plant response and phenotypic plasticity of a galling weevil (*Collabismus clitellae*: Curculionidae). **Austral Ecology**, Carlton, v. 26, n. 2, p. 173-178, 2001.

_____. Natural history of a gall-inducing weevil *Collabismus clitellae* (Coleoptera: Curculionidae) and some effects on its host plant *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE) in Southeastern Brazil. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 91, n. 4, p. 404-409, 1998.

URSO-GUIMARÃES, M. V.; SCARELLI-SANTOS, C. Galls and gall makers in plants from the pé-de-gigante cerrado reserve, Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 66, n. 1B, p. 357-369, 2006.

VASCONCELOS, P. B.; PAULA, C. L.; VASCONCELOS, H. L. Resposta morfológica de *Solanum lycocarpum* aos efeitos da herbivoria e estresse hídrico. **Horizonte Científico**, Uberlândia, v. 3, n. 1, p. 1-17, 2009.

**CAPÍTULO 2 Efeito das galhas na alocação reprodutiva e arquitetura de
Solanum lycocarpum St. HIL. (SOLANACEAE)**

RESUMO

O objetivo com este estudo foi verificar se a presença de galhas em *Solanum lycocarpum* St. Hil (SOLANACEAE) afeta sua arquitetura e se existe influência negativa na produção de suas flores devido ao ataque de herbívoros indutores de galhas, em três etapas de desenvolvimento dessas galhas: início de formação, fim do seu crescimento e período em que seu inseto indutor se transforma em pupa. -Foram selecionados e marcados 120 indivíduos de *S. lycocarpum* e comparadas a relação entre presença e ausência de galhas com as características reprodutivas: número de flores, tamanho e biomassa; e com as características de arquitetura: altura da planta (cm), número de ramificações primárias e secundárias, tamanho (cm) das ramificações primárias e secundárias e número total de folhas produzidas por indivíduo. Além disso, analisou-se 1200 folhas dos 120 indivíduos marcados e comparamos a relação entre presença e ausência de galhas com as seguintes características: comprimento (cm), largura (cm), biomassa (g) e número de espinhos na nervura central dessas folhas. Embora as flores nessa planta sejam produzidas o ano inteiro, indivíduos com galhas produziram menor número de flores por indivíduo. Além disso, elas foram menores e tiveram menor biomassa em todas as etapas avaliadas. Os resultados são consistentes com a hipótese de que os custos energéticos da produção de galhas exercem grande despesa para essas plantas, resultando em alteração na alocação para formação de estruturas reprodutivas. Os resultados para as variáveis número e tamanho de ramificações primárias e secundárias e número de espinhos na nervura central das folhas não foram significativos em quase todas as fases de desenvolvimento dessas galhas, exceto pelo número e tamanho de ramificações primárias na etapa três, tamanho das ramificações secundárias na etapa dois, indicando que galhas não afetam tais atributos da planta. Já os resultados para as características, altura da planta, número de folhas produzidas por indivíduo e comprimento, largura e biomassa dessas folhas foram significativos em todas as etapas de desenvolvimento, e são consistentes com a hipótese de que os custos energéticos da produção de galhas exercem grande despesa para essas plantas, resultando em alteração na alocação de nutrientes e diminuição em algumas partes vegetativas da planta hospedeira.

Palavras-chave: Insetos galhadores. Cerrado. Alocação de biomassa. Sucesso reprodutivo. Arquitetura. Herbivoria.

1 INTRODUÇÃO

A herbivoria pode causar impactos negativos nas plantas (KURZFELD-ZEXER; WOOL; INBAR, 2010). Cada organismo tem uma quantidade finita de recursos disponíveis, os quais são alocados para os processos básicos de manutenção das plantas, como crescimento e reprodução (HARTNETT; ABRAHAMSON, 1979). Plantas atacadas podem ter seu crescimento diminuído, sua arquitetura alterada, além da diminuição do investimento reprodutivo (KETTENRING; WEEKLEY; MENGES, 2009).

As plantas, em resposta à herbivoria, sofrem alterações no seu metabolismo primário, sendo capazes de ajustar a alocação de seus recursos temporariamente, encaminhando-os a outros órgãos de armazenamento (DOUST; DOUST, 1988; GÓMEZ et al., 2010), como realocações de sua biomassa abaixo do solo, acarretando na redução no número e tamanho de folhas (QUEZADA; GIANOLI, 2010). Quando os recursos são limitados e ocorre competição dessa alocação para uma função ou órgão, eles deixam de estar à disposição de outras funções ou órgãos, implicando então em uma diminuição do desenvolvimento da planta (WEINER, 2004; WEINER et al., 2009).

As plantas podem também, compensar ataques de herbívoros aumentando o crescimento ou a reprodução (HAWKES; SULLIVAN, 2001). Em outros casos, a incapacidade de compensar a herbivoria pode resultar na redução da reprodução e aumento na taxa de mortalidade das plantas, se comparadas com plantas sadias (GONÇALVES-ALVIN et al., 1999).

Insetos indutores de galhas são herbívoros, especializados e diversificados que redirecionam recursos vegetais para induzir o crescimento do tecido nutritivo em que vão se desenvolver e se alimentar (MARINI-FILHO; FERNANDES, 2012; PRICE; FERNANDES; WARING, 1987). Os galhadores produzem sinais químicos responsáveis em drenar os nutrientes de diversas

partes das plantas, para que sejam utilizados para sua alimentação dentro das galhas (BORGES, 2006).

Assim como outros tipos de herbivoria, as galhas podem causar impactos negativos na planta hospedeira, como seu enfraquecimento, além de dificultar seu desenvolvimento ou, também, reduzindo sua biomassa e diminuindo sua fecundidade (KETTENRING; WEEKLEY; MENGES, 2009). Galhadores podem diminuir a produção de flores e frutos, reduzir o peso e porcentagem de sementes, além de contribuir para um declínio na taxa de crescimento da planta após o ataque (SILVA et al., 1996).

No Cerrado existe uma alta incidência de galhas em várias espécies de plantas porque neste ambiente há um estresse nutricional maior que em outros tipos de ambientes (FERREIRA et al., 2007; MAIA; FERNANDES, 2004; URSO-GUIMARÃES; SCARELLI-SANTOS, 2006). Os insetos galhadores sofrem maior pressão seletiva exercida por inimigos naturais em ambientes secos, o que pode também levar a um aumento significativo do número dessas galhas (FERNANDES; PRICE, 1992).

Diferenças intraespecíficas, no que diz respeito às flores, podem facilmente se transformar em um obstáculo para reprodução sexuada das plantas (HERRERA, 2001, 2004). A teoria prediz que flores apresentam tamanho morfológicamente constante dentro de cada espécie devido à seleção estabilizadora (FEINSINGER, 1983). Entretanto, –deseja-se verificar se a pressão da herbivoria pode afetar o tamanho dessas flores, alterando o investimento reprodutivo da planta.

A arquitetura da planta é controlada pela genética e por fatores ambientais, que podem influenciar o crescimento da planta. Ela pode ser definida por diversas características, dentre elas o arranjo espacial das folhas, caules, ramos, dentre outras partes (CLOYDE; SADOFF, 2000). Essa arquitetura

é usualmente um fator relevante que influencia a distribuição e abundância da herbivoria (ESPÍRITO-SANTO et al., 2007).

A presença de galhas na planta hospedeira pode levar à redução na altura da planta (FERNANDES; SOUZA; SACCHI, 1993; VASCONCELOS; PAULA; VASCONCELOS, 2009), induzir um aumento no número de seus ramos laterais (ESPÍRITO-SANTO et al., 2007) ou reduzir o número de novos caules na planta hospedeira (HARTNETT; ABRAHAMSON, 1979), indicando que cada planta responde de uma maneira ao ataque por esses herbívoros galhadores.

O ciclo de vida dos insetos galhadores pode ter um importante fator no desenvolvimento da planta: enquanto os insetos apresentam atividade larval, pode haver um grande efeito na alocação da biomassa e redução da produção de caule ou de folhas, mais do que quando os indutores se tornam larvas após a maioria do crescimento da planta ser completado (STINER; ABRAHAMSON, 1979).

Os objetivos com esse estudo foram verificar se a presença de galhas em *Solanum lycocarpum* St. Hil (SOLANACEAE) afeta negativamente a produção de suas flores e se altera sua arquitetura, além de comparar essa produção de flores e desenvolvimento vegetativo com três etapas de desenvolvimento das galhas: início de formação, quando a galha cessa seu crescimento e quando o inseto indutor se transforma em pupa dentro da galha. Especificamente, testamos as seguintes hipóteses: plantas que apresentam galhas (1) produzem menos flores, de menor comprimento e biomassa; (2) são menores; (3) produzem mais ramificações primárias e secundárias; (4) possuem ramificações menores; (5) produzem menos folhas, de menor comprimento, largura e biomassa; (6) possuem menos espinhos na nervura central de suas folhas, do que plantas que não apresentam galhas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Conduziu-se este estudo em uma área característica de pastagem, dentro do bioma Cerrado, em Minas Gerais, definida pela coordenada geográfica 21°19'03" S e 44°87'22" O. Na região, a altitude média é de 1.100 m e a precipitação média anual é de 1.411 mm (TANQUE; FRIEIRO-COSTA, 2011). A vegetação é, em geral, composta por relativa abundância de plantas herbáceas e lenhosas, que definem os tipos fisionômicos que variam de campo, “cerradão”, à matas (RIBEIRO; WALTER, 1998). Apresenta o solo geralmente ácido, com toxidez de alumínio e pobre em nutrientes essenciais (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2005). A área escolhida apresenta indivíduos de *Solanum lycocarpum* (Figura 1). Realizou-se o estudo em 2012, durante o período em que Verificou-se galhas em início de formação nos indivíduos de *S. lycocarpum*.



Figura 1 Área de pastagem dentro do bioma Cerrado com indivíduos de *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE)

2.2 Sistema estudado

A espécie *S. lycocarpum* é uma planta arbustiva encontrada em áreas de pastagens, e são muito comuns em regiões de Cerrado. É conhecida vulgarmente por lobeira ou fruta-do-lobo, podendo atingir até cinco metros de altura, sua copa é arredondada e rala, com ramos frágeis e é abundante nos cerrados de Minas Gerais (OLIVEIRA-FILHO; OLIVEIRA, 1988). Essa planta cresce e desenvolve em condições ambientais desfavoráveis, como terras ácidas e pobres em nutrientes. É uma planta resistente, capaz de suportar clima árido, seca prolongada e queimadas (CAMPOS, 1994). Essa espécie apresenta floração durante todo o ano, embora em períodos chuvosos, o número de flores abertas e inflorescências aumente consideravelmente. Suas flores (Figura 2A) são andromonóicas, ou seja, no mesmo indivíduo existem flores hermafroditas e flores funcionalmente masculinas (OLIVEIRA-FILHO; OLIVEIRA, 1988). A produção de frutos dessa planta ocorre durante todo o ano, sendo maior no mês de fevereiro para a região estudada (OLIVEIRA-JUNIOR et al., 2003). Eles apresentam numerosas sementes com alta taxa de germinação e rápida emergência (VASCONCELOS; PAULA; VASCONCELOS, 2009).

O indutor de galhas nessa espécie é o inseto *Collabismus clitellae* Boheman, 1837 (Coleoptera: Curculionidae) (Figura 2B). Os adultos de *C. clitellae* são mais abundantes nos meses de outubro, novembro e dezembro, período em que se alimentam dos novos caules, brotos e flores da planta hospedeira. Neste período, as fêmeas perfuram a epiderme da parte aérea dos novos brotos e depositam ovos, resultando em galhas multiloculares (Figura 2C). O crescimento das galhas cessa em abril, mas as larvas do *C. clitellae* continuam a crescer e se alimentar até empuparem no período de maio a julho, e os adultos são observados dentro das galhas de julho a setembro. A maioria emerge em

setembro e outubro, completando seu ciclo de vida em um ano (SOUZA et al., 1998, 2001).



Figura 2 Flores de *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE) (A); *Collabismus clitellae* (Curculionidae) inseto indutor de galhas em *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE) (B), Galha caulinar em *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE) induzida pelo inseto *Collabismus clitellae* (Curculionidae) (C)

2.3 Amostragem

Selecionaram-se e marcaram-se 60 plantas com galhas e 60 sem galhas nessa área, totalizando 120 indivíduos.-foram escolhidas as plantas com galhas no mês de janeiro de 2012, quando apresentaram galhas em início de formação. Todos os indivíduos escolhidos mediam entre 0.80 e 1.20 metros.

Dividiu-se as coletas em três etapas: (Etapa 1) a primeira no mês de janeiro indicando o início de formação das galhas, (Etapa 2) a segunda no mês de abril marcando a etapa final de crescimento dessas galhas e, por fim, (Etapa 3) a terceira coleta no mês de julho, período em que o inseto indutor dessas galhas estava em forma de pupa. Em cada etapa analisou-se separadamente 20 plantas com galhas e 20 sem galhas, de forma em que nas etapas seguintes, estas plantas já analisadas, não fossem utilizadas novamente.

2.4 Medidas das plantas

Em relação às medidas dos aspectos reprodutivos, coletamos todas as flores dos indivíduos marcados, para a comparação das seguintes características: o número total de flores por indivíduo, o tamanho (cm) e a biomassa (g) das flores em plantas com galhas e sem galhas. Após a coleta, medimos o comprimento (cm) das flores, as secamos em estufa a 60 °C durante 72 horas e pesamos sua massa seca.

Em relação às medidas dos aspectos de arquitetura, foram medidos os 120 indivíduos marcados com e sem galhas, em cada uma das três etapas, para a comparação das seguintes características: altura da planta (cm), número de ramificações primárias, número de ramificações secundárias, tamanho das ramificações primárias (cm) e tamanho das ramificações secundárias (cm) em

plantas com e sem galhas. Contou-se também o número total de folhas de cada um dos 60 indivíduos com galhas e dos 60 sem galhas.

Foram coletadas 10 folhas de cada um desses 60 indivíduos com e 60 indivíduos sem galhas, nas três etapas, totalizando 400 folhas por etapa, para a comparação das seguintes características: comprimento (cm), largura (cm), biomassa (g) e número de espinhos na nervura central das folhas em plantas com galhas e sem galhas. Após a coleta, medimos o comprimento e a largura das folhas, –contou-se o número de espinhos, e estas foram separadas e secas em estufa a 60 °C durante 72 horas. A massa seca destas folhas foram aferidas.

2.5 Análise dos dados

Em relação às medidas dos aspectos reprodutivos, para testarmos as hipóteses de que plantas que apresentam galhas (1) produzem menos flores; (2) têm flores menores e, (3) produzem flores com menor biomassa, do que plantas sem galhas, realizou-se o teste de Mann-Whitney entre as variáveis dependentes (contínuas) número, tamanho e biomassa de flores e a variável independente (categórica) presença e ausência de galhas. Cada uma das três etapas de desenvolvimento das galhas foi testada separadamente, e, posteriormente, o número total de flores produzidas foi testado também com o teste de Mann-Whitney entre a variável dependente (contínua) número de flores e a variável independente (categórica) presença e ausência de galhas.

Para verificar se há interação entre as variáveis, Foram feitas análise de covariância (ANCOVA) entre número e biomassa, número e comprimento e biomassa e comprimento dessas flores e a co-variável presença e ausência de galhas. Para tal, logaritimizou-se os dados.

Em relação às medidas dos aspectos de arquitetura, para testar as hipóteses de que plantas que apresentam galhas (1) são menores; (2) possuem

mais ramificações; (3) têm ramificações menores; (4) produzem menos folhas, de menor comprimento, largura e biomassa; (5) possuem menos espinhos na nervura central de suas folhas, do que plantas que não apresentam galhas, realizou-se o teste de Mann-Whitney entre as variáveis dependentes (contínuas) altura da planta, número de ramificações primárias e secundárias, e a variável independente (categórica) presença e ausência de galhas. Foram feitas também análises de variância (ANOVA) entre as variáveis dependentes (contínuas) tamanho das ramificações primárias e secundárias, número de folhas, comprimento, largura e biomassa das folhas e número de espinhos na nervura central das folhas; e a variável independente (categórica) presença e ausência de galhas. Cada uma das três etapas de desenvolvimento das galhas foi testada separadamente.

3 RESULTADOS

A presença e ausência de galhas, quanto aos aspectos reprodutivos, afetaram tanto o número de flores que são produzidas por essas plantas, quanto o tamanho e a biomassa das mesmas, durante as três etapas de desenvolvimento das galhas. Em relação à sua arquitetura, a presença e ausência de galhas afetaram a altura da planta e o número, comprimento, largura e biomassa das folhas produzidas por essas plantas, durante as três etapas de desenvolvimento das galhas; o número e tamanho das ramificações secundárias na etapa 3 e o tamanho das ramificações secundárias na etapa 2. O mesmo não ocorreu para as características número de ramificações primárias nas etapas 1 e 2; número de ramificações secundárias em todas as etapas; tamanho das ramificações primárias nas etapas 1 e 2 e tamanho das ramificações secundárias das plantas nas etapas 1 e 3, assim como para o número de espinhos na nervura central das folhas em todas as etapas.

3.1 Número, comprimento e biomassa das flores

Verificou-se maior número de flores em plantas que não apresentaram galhas nas três etapas de desenvolvimento das mesmas (Etapa 1: $U = 105,500$; $p = 0,003$; $n = 40$; Figura 3A; Etapa 2: $U = 129,500$; $p = 0,030$; $n = 40$; Figura 3B; Etapa 3: $U = 80,5000$; $p = 0,001$; $n = 40$; Figura 3C), sendo que plantas sem galhas apresentaram quatro vezes mais flores que plantas com galhas ($U = 25,528$; $p = 0,000$; $n = 120$; Figura 4).

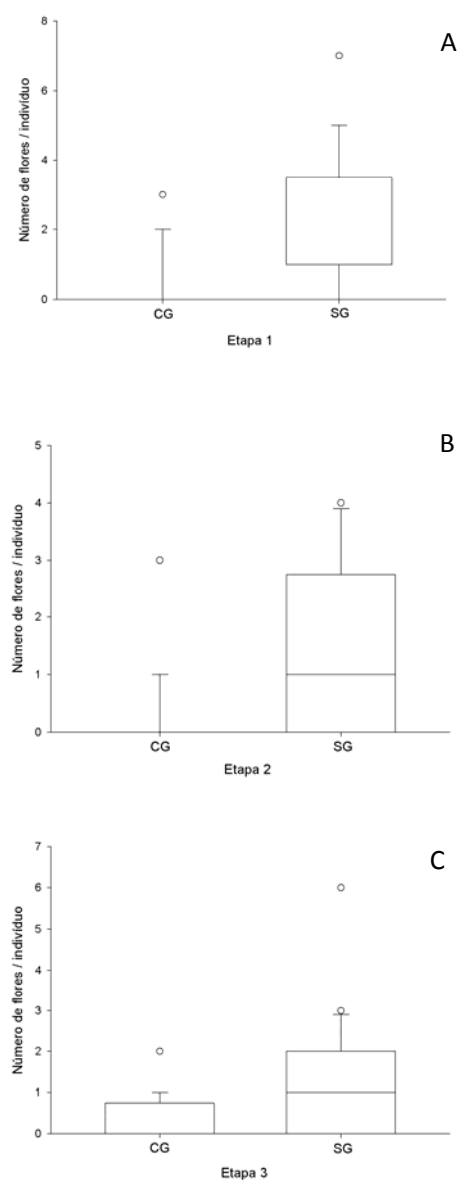


Figura 3 Número de flores por indivíduo de *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE) com galhas (CG) induzidas por *Collabismus clitellae* (Coleoptera: Curculionidae) e sem galhas (SG) durante as três etapas de desenvolvimento das galhas: (A) etapa 1; (B) etapa 2, e (C) etapa 3

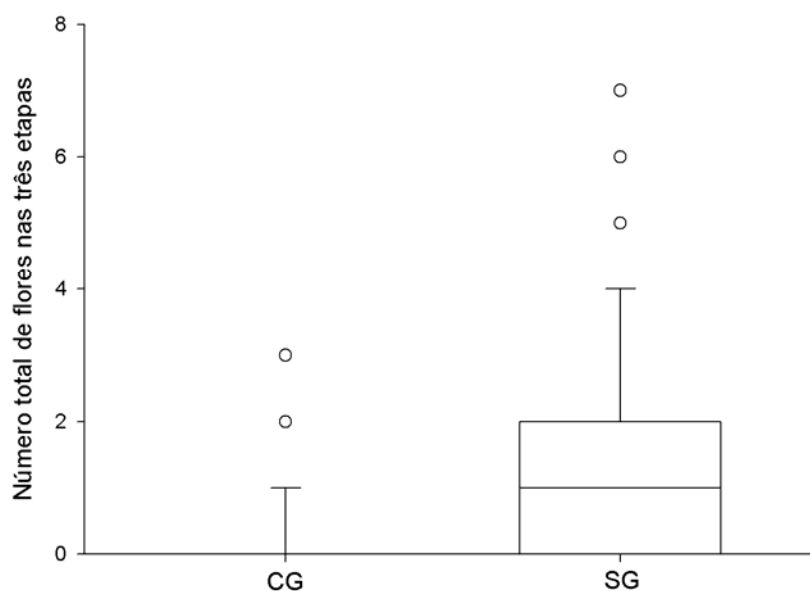


Figura 4 Número total de flores produzidas em indivíduos com galhas (CG) e sem galhas (SG) de *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE) nas três etapas de desenvolvimento das galhas

Flores de plantas sem galhas também foram maiores que as flores das plantas com galhas em todas as etapas de desenvolvimento das galhas (Etapa 1: $U = 188,000$; $p < 0,001$; $n = 40$; Figura 5A; Etapa 2: $U = 219,000$; $p = 0.002$; $n = 40$; Figura 5B; Etapa 3: $U = 131,500$; $p < 0,001$; $n = 40$; Figura 5C).

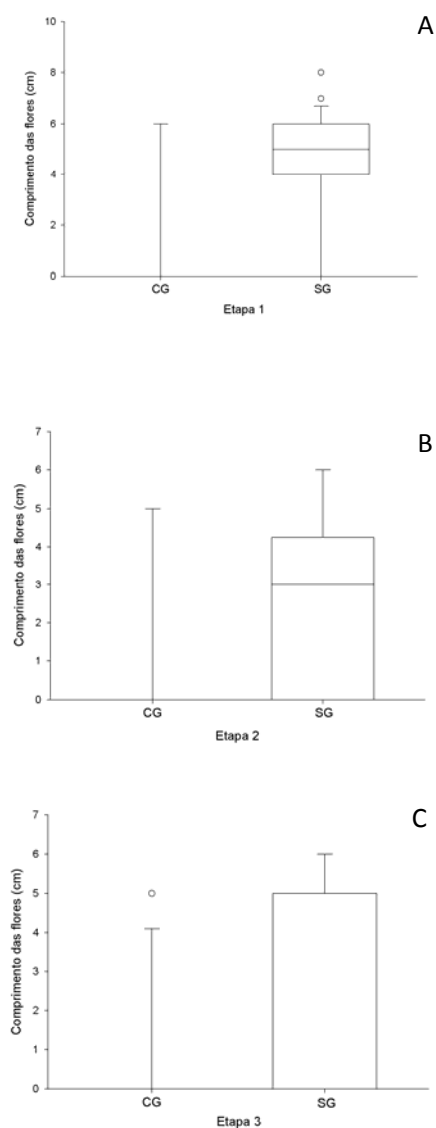


Figura 5 Comprimento das flores em indivíduos de *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE) com galhas (CG) induzidas por *Collabismus clitellae* (Coleoptera: Curculionidae) e sem galhas (SG) durante as três etapas de desenvolvimento das galhas: (A) etapa 1; (B) etapa 2, e (C) etapa 3

A biomassa das flores de indivíduos sem galhas foi maior que a biomassa das flores de indivíduos com galhas nas três etapas de desenvolvimento das galhas (Etapa 1: $U = 256,000$; $p = 0,001$; $n = 40$; Figura 6A; Etapa 2: $U = 245,500$; $p = 0.007$; $n = 40$; Figura 6B; Etapa 3: $U = 150,500$; $p = 0,001$; $n = 40$; Figura 6C).

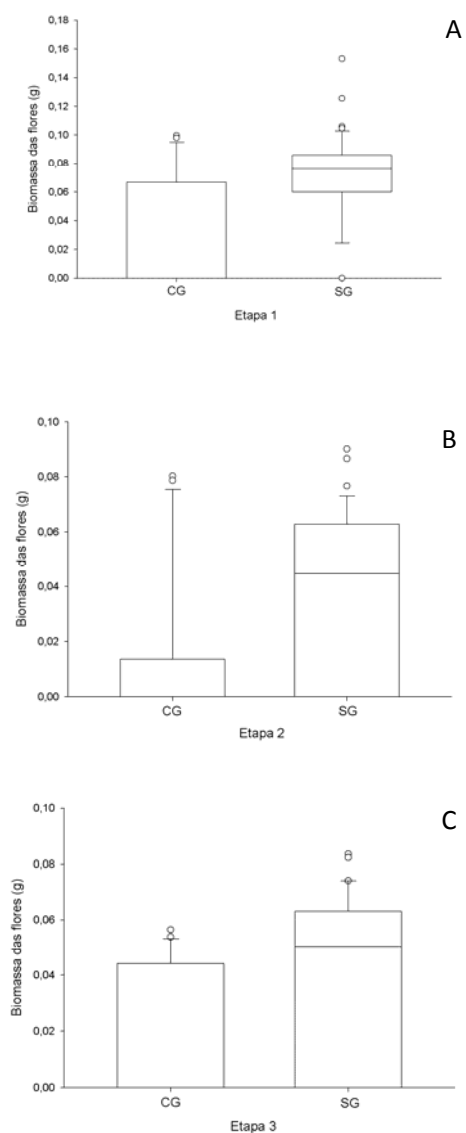


Figura 6 Biomassa das flores de *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE) com galhas (CG) induzidas por *Collabismus clitellae* (Coleoptera: Curculionidae) e sem galhas (SG) durante as três etapas de desenvolvimento das galhas: (A) etapa 1; (B) etapa 2, e (C) etapa 3

Verificou-se que as características reprodutivas de indivíduos com e sem galhas se relacionam entre si. Para a relação entre a biomassa em função do número de flores, plantas com galhas ($r^2 = 0,82$; $p < 0,001$; $y = 0,014x + 0,0010$) e sem galhas ($r^2 = 0,28$; $p < 0,001$; $y = 0,004x + 0,0137$) (Tabela 1, Figura 7) mostraram que as variáveis se comportam de maneiras diferentes, em cada nível dos seus fatores. O mesmo ocorreu entre a relação do comprimento das flores em função do seu número em plantas com galhas ($r^2 = 0,68$; $p < 0,001$; $y = 0,3419x + 0,047$) e sem galhas ($r^2 = 0,31$; $p < 0,001$; $y = 0,1160x + 0,4039$) (Tabela 2, Figura 8). A relação entre o comprimento das flores em função da sua biomassa mostrou que não houve interação entre as variáveis, elas se comportam de maneira semelhante nos mesmos níveis, tanto em plantas com galhas ($r^2 = 0,8$; $p < 0,001$; $y = 23,85x + 0,023$) como sem galhas ($r^2 = 0,84$; $p < 0,001$; $y = 22,92x + 0,1119$) (Tabela 3, Figura 9).

Tabela 1 ANCOVA entre as variáveis biomassa das flores em função do número de flores/indivíduo e a presença e ausência de galhas em indivíduos de *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE)

Fonte de variação	F	P
Número flores	140,67	< 0,001
Galha	11,23	< 0,001
Número * Galha	28,09	< 0,001

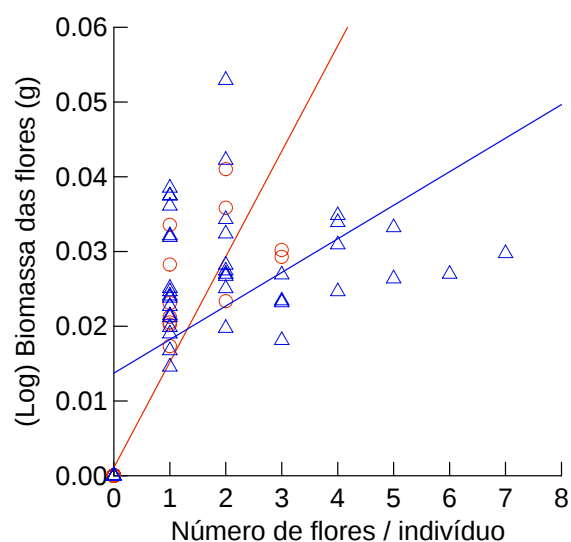


Figura 7 Biomassa das flores (g) em função do número de flores por indivíduo em plantas com galhas (em vermelho) e plantas sem galhas (em azul) de *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE)

Tabela 2 ANCOVA entre as variáveis comprimento das flores em função do número de flores/indivíduo e a presença e ausência de galhas em indivíduos de *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE)

Fonte de variação	F	P
Número flores	137,553	< 0,001
Galha	16,717	< 0,001
Número * Galha	21,991	< 0,001

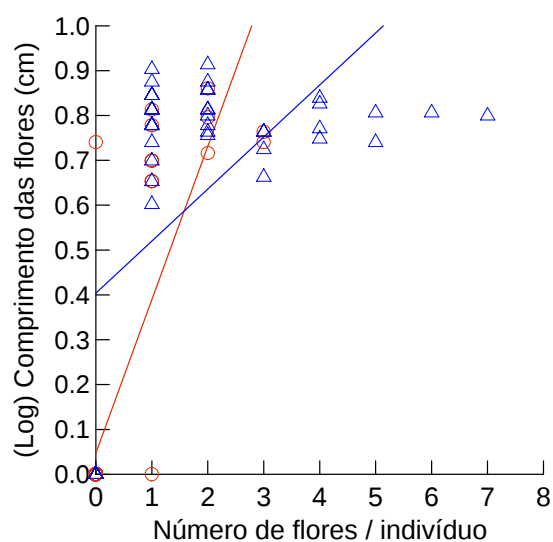


Figura 8 Comprimento das flores (cm) em função do número de flores por indivíduo em plantas com galhas (em vermelho) e plantas sem galhas (em azul) de *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE)

Tabela 3 ANCOVA entre as variáveis comprimento das flores em função da biomassa das flores e a presença e ausência de galhas em indivíduos de *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE)

Fonte de variação	F	P
Biomassa	720,328	< 0,001
Galha	5,8524	0,017

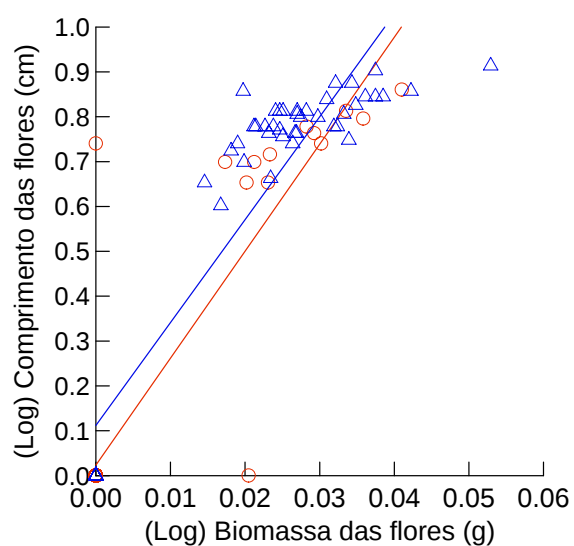


Figura 9 Comprimento das flores (cm) em função da biomassa (g) das flores em plantas com galhas (em vermelho) e plantas sem galhas (em azul) de *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE)

3.2 Altura das plantas

Verificou-se que a altura das plantas é maior, quando elas não apresentaram galhas durante suas três etapas de desenvolvimento (Etapa 1: $F = 12,415$; $p = 0,001$; $n = 40$; Figura 10A; Etapa 2: $F = 18,642$; $p < 0,001$; $n = 40$; Figura 10B; Etapa 3: $F = 12,614$; $p = 0,001$; $n = 40$; Figura 10C).

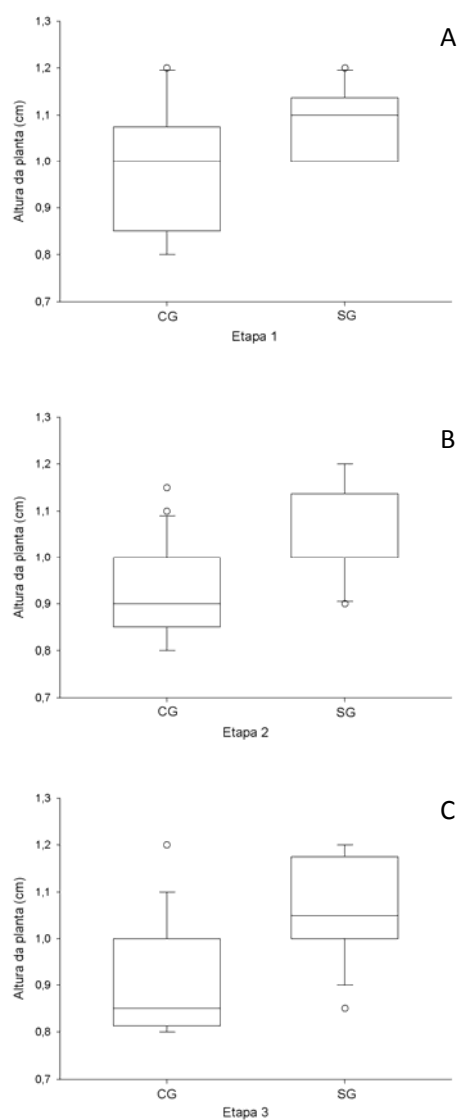


Figura 10 Altura dos indivíduos de *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE) com galhas (CG) induzidas por *Collabismus clitellae* (Coleoptera: Curculionidae) e sem galhas (SG) durante as três etapas de desenvolvimento das galhas: (A) etapa 1; (B) etapa 2, e (C) etapa 3

3.3 Número de ramificações primárias e secundárias

A presença de galhas afetou apenas o número de ramificações primárias na etapa 3 de desenvolvimento das galhas ($U = 280,000$; $p = 0,009$; $n = 40$; Figura 11). O mesmo não ocorreu para as características número de ramificações primárias (Etapa 1: $U = 210,000$; $p = 0,727$; $n = 40$; Etapa 2: $U = 247,000$; $p = 0,147$; $n = 40$) e número de ramificações secundárias (Etapa 1: $U = 178,000$; $p = 0,471$; $n = 40$; Etapa 2: $U = 228,500$; $p = 0,409$; $n = 40$; Etapa 3: $U = 176,500$; $p = 0,457$; $n = 40$);

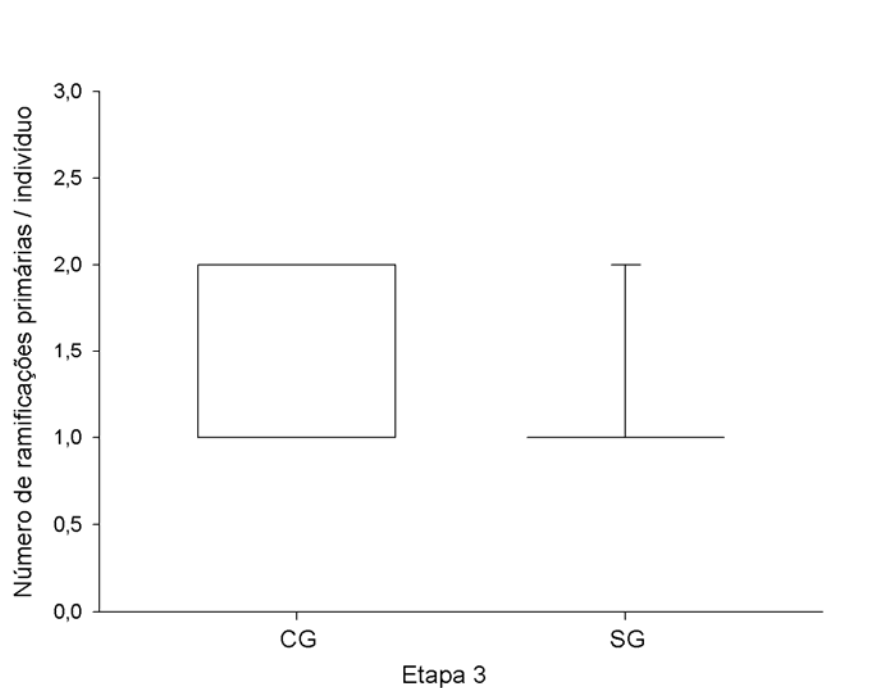


Figura 11 Número de ramificações primárias por indivíduo de *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE) com galhas (CG) induzidas por *Collabismus clitellae* (Coleoptera: Curculionidae) e sem galhas (SG) durante a etapa 3 de desenvolvimento das galhas

3.4 Tamanho das ramificações primárias e secundárias

A presença de galhas afetou o tamanho das ramificações primárias também na etapa 3 ($F = 5,669$; $p = 0,021$; $n = 54$; Figura 12) e o tamanho das ramificações secundárias na etapa 2 de desenvolvimento das galhas ($F = 19,168$; $p = 0,000$; $n = 107$; Figura 13). O mesmo não ocorreu nas outras etapas para o tamanho das ramificações primárias (Etapa 1: $F = 1,408$; $p = 0,241$; $n = 51$; Etapa 2: $F = 0,388$; $p = 0,536$; $n = 60$) e tamanho das ramificações secundárias das plantas (Etapa 1: $F = 0,023$; $p = 0,879$; $n = 98$; Etapa 3: $F = 0,202$; $p = 0,654$; $n = 93$).

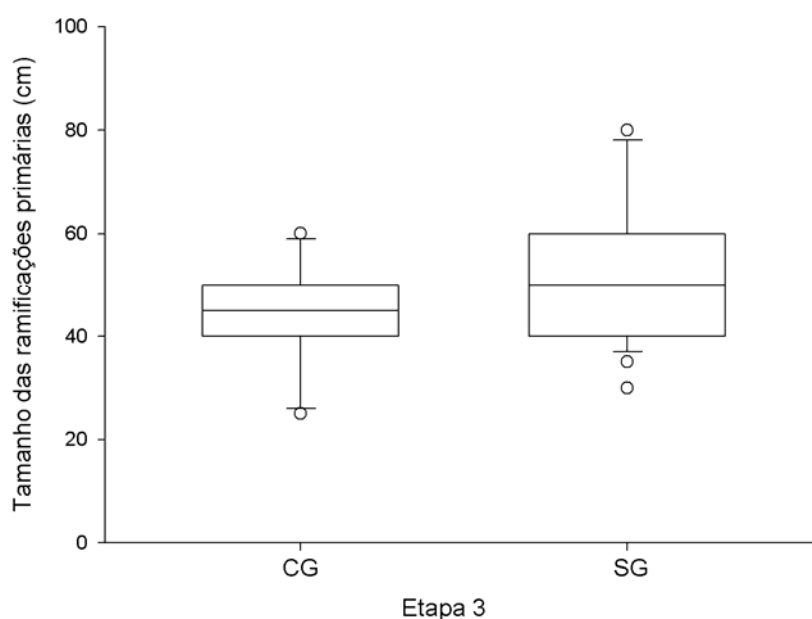


Figura 12 Tamanho das ramificações primárias em indivíduos de *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE) com galhas (CG) induzidas por *Collabismus clitellae* (Coleoptera: Curculionidae) e sem galhas (SG) durante a etapa 3 de desenvolvimento das galhas

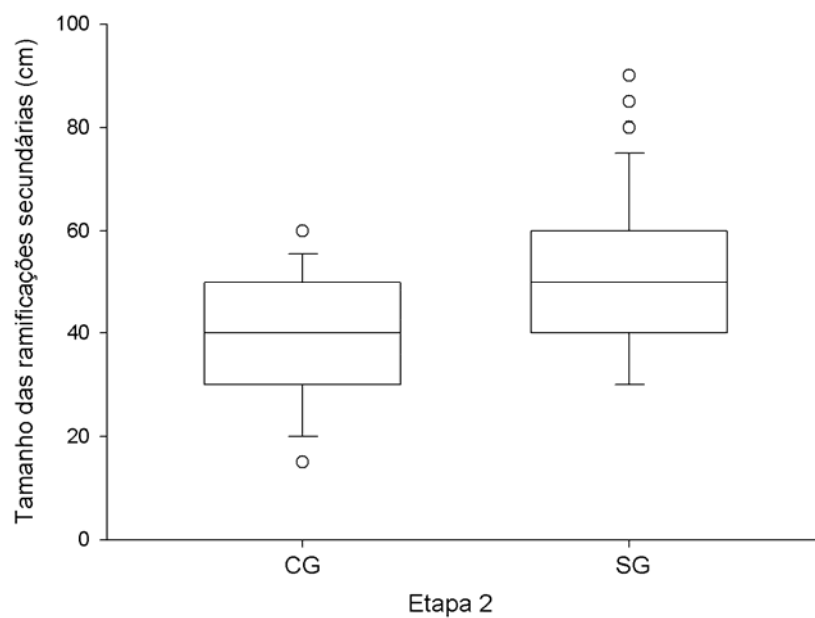


Figura 13 Tamanho das ramificações secundárias em indivíduos de *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE) com galhas (CG) induzidas por *Collabismus clitellae* (Coleoptera: Curculionidae) e sem galhas (SG) durante a etapa 2 de desenvolvimento das galhas

3.5 Número, comprimento e biomassa das folhas

O número de folhas produzidas por indivíduos em plantas sem galhas também foi maior que o número de folhas produzidas nas plantas com galhas em todas as etapas de desenvolvimento das galhas (Etapa 1: $F = 22,131$; $p < 0,001$; $n = 40$; Figura 14A; Etapa 2: $F = 7,379$; $p = 0,01$; $n = 40$; Figura 14B; Etapa 3: $F = 22,135$; $p < 0,001$; $n = 40$; Figura 14C).

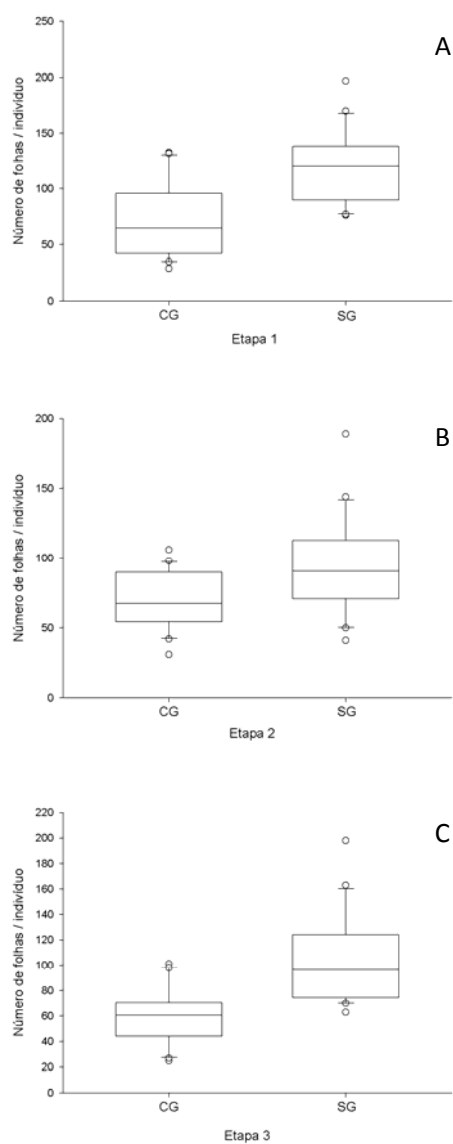


Figura 14 Número de folhas produzidas por indivíduos de *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE) com galhas (CG) induzidas por *Collabismus clitellae* (Coleoptera: Curculionidae) e sem galhas (SG) durante as três etapas de desenvolvimento das galhas: (A) etapa 1; (B) etapa 2, e (C) etapa 3

O comprimento das folhas de indivíduos sem galhas foi maior que o comprimento das folhas de indivíduos com galhas nas três etapas de desenvolvimento das galhas (Etapa 1: $F = 183,690$; $p < 0,001$; $n = 400$; Figura 15A; Etapa 2: $F = 74,958$; $p < 0,001$; $n = 400$; Figura 15B; Etapa 3: $F = 251,279$; $p < 0,001$; $n = 4$; Figura 15C).

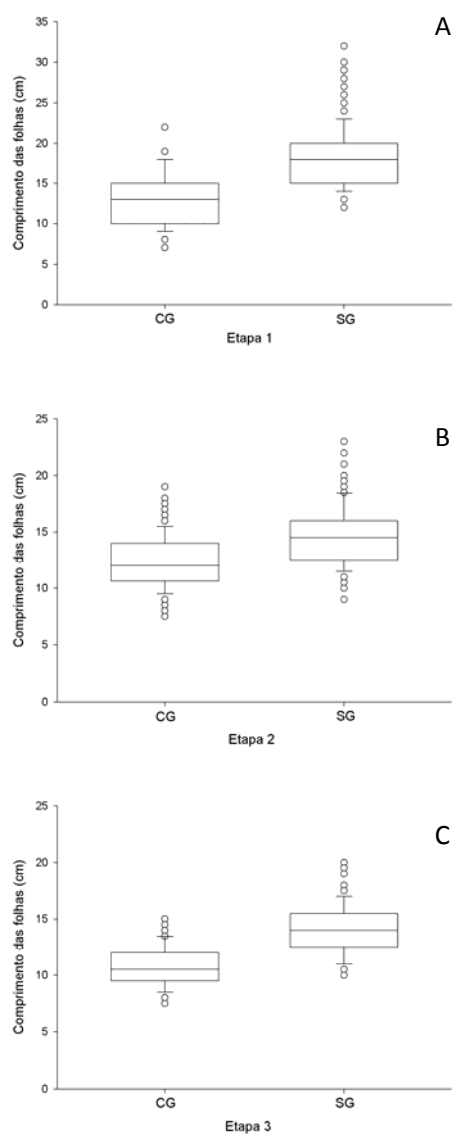


Figura 15 Comprimento das folhas de *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE) com galhas (CG) induzidas por *Collabismus clitellae* (Coleoptera: Curculionidae) e sem galhas (SG) durante as três etapas de desenvolvimento das galhas: (A) etapa 1; (B) etapa 2, e (C) etapa 3

A largura das folhas produzidas por indivíduos sem galhas também foi maior quando comparada a de folhas produzidas por plantas com galhas nas três etapas analisadas (Etapa 1: $F = 93,033$; $p < 0,001$; $n = 400$; Figura 16A; Etapa 2: $F = 64,043$; $p < 0,001$; $n = 400$; Figura 16B; Etapa 3: $F = 248,713$; $p < 0,001$; $n = 400$; Figura 16C).

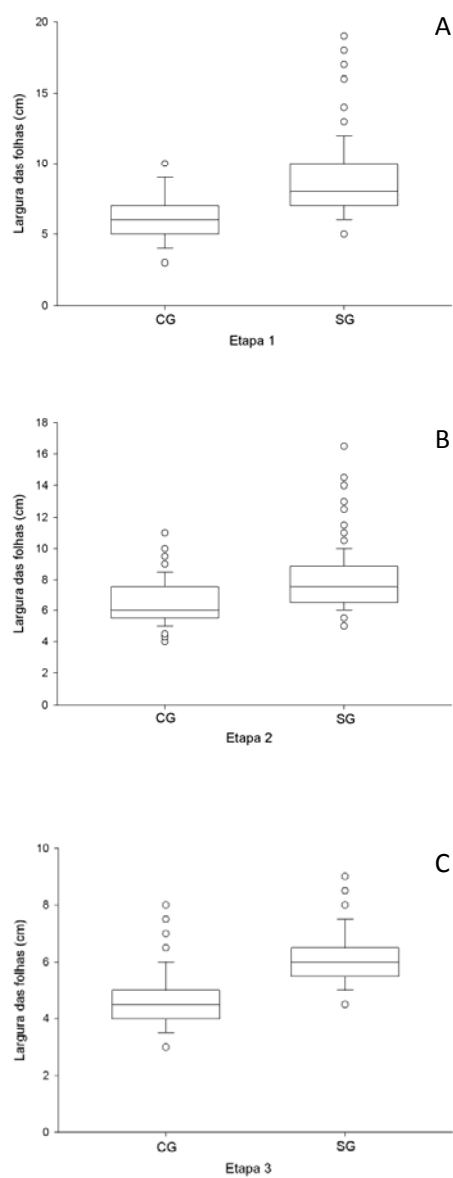


Figura 16 Largura das folhas de *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE) com galhas (CG) induzidas por *Collabismus clitellae* (Coleoptera: Curculionidae) e sem galhas (SG) durante as três etapas de desenvolvimento das galhas: (A) etapa 1; (B) etapa 2, e (C) etapa 3

A biomassa também foi maior para as folhas de plantas sem galhas que a biomassa das folhas de plantas com galhas nas três etapas de desenvolvimento das galhas (Etapa 1: $F = 143,473$; $p < 0,001$; $n = 400$; Figura 17A; Etapa 2: $F = 43,050$; $p < 0,001$; $n = 400$; Figura 17B; Etapa 3: $F = 332,305$; $p < 0,001$; $n = 400$; Figura 17C).

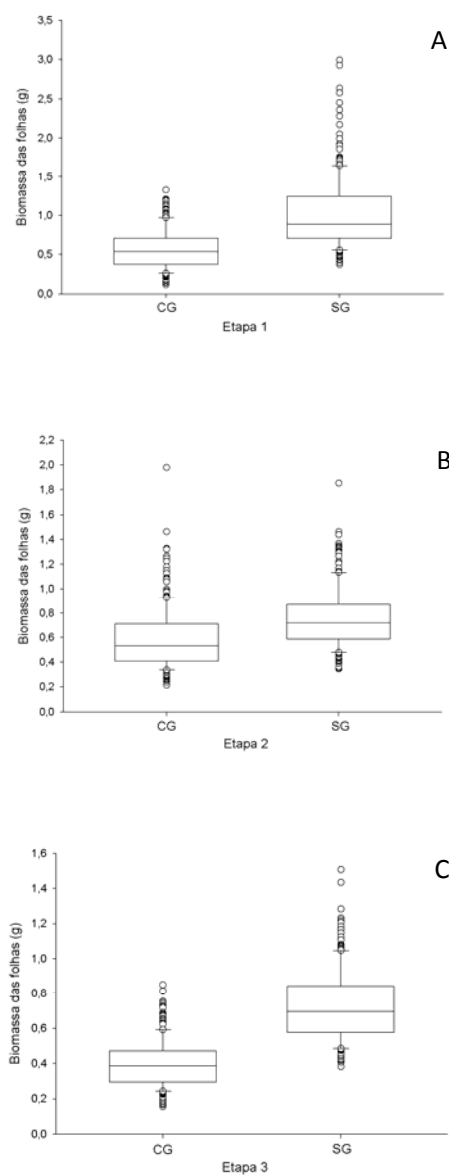


Figura 17 Biomassa das folhas de *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE) com galhas (CG) *Collabismus clitellae* (Coleoptera: Curculionidae) e sem galhas (SG) induzidas por durante as três etapas de desenvolvimento das galhas: (A) etapa 1; (B) etapa 2, e (C) etapa 3

3.6 Número de espinhos na nervura central das folhas

A presença de galhas não afetou a característica vegetativa número de espinhos na nervura central das folhas em nenhuma etapa de desenvolvimento das galhas (Etapa 1: $F = 3,188$; $p = 0,075$; $n = 400$; Etapa 2: $F = 1,039$; $p = 0,309$; $n = 400$; Etapa 3: $F = 1,343$; $p = 0,247$; $n = 400$).

4 DISCUSSÃO

4.1 Aspectos reprodutivos

A presença de galhas em indivíduos de *S. lycocarpum* afetou o número de flores produzidas, além do tamanho e biomassa das mesmas, durante as três etapas de desenvolvimento dessas galhas. Dessa forma, a presença de galhas nesses indivíduos altera a alocação de recursos na planta, o que explica o fato de que os recursos que as plantas possuem serão diminuídos para a produção de flores na presença de galhas, isso porque galhas de insetos armazenam substâncias que proporcionam a alimentação de seus indutores dentro das galhas, além desses recursos serem destinados à formação das mesmas (OLIVEIRA; ISAIAS, 2010).

A manipulação e transporte de nutrientes da planta hospedeira para as galhas, pode afetar um dos traços da história de vida da planta hospedeira, o seu desempenho reprodutivo (WEINER, 2004; WEINER et al., 2009). Os nossos resultados indicam que já no período inicial de desenvolvimento das galhas, esses indivíduos tiveram crescimento reduzido de suas flores, o que, de acordo com Marini-Filho e Fernandes (2012), pode ocorrer pelo fato de que as galhas induzidas por insetos são importantes sumidouros de nutrientes de suas plantas hospedeiras, além, da presença dessas galhas afetar o sucesso reprodutivo da planta.

Verificou-se que as galhas diminuem os recursos disponíveis para o desenvolvimento reprodutivo dos indivíduos de *S. lycocarpum*, o que ocorre com outras plantas que sofrem ataque de galhadores (HARTNETT; ABRAHAMSON, 1979; VASCONCELOS; PAULA; VASCONCELOS, 2009). A presença de galhas em outras espécies reduz a alocação de energia para a reprodução sexuada e vegetativa (HARTNETT; ABRAHAMSON, 1979). As

galhas então, capturam esses nutrientes da planta hospedeira, que seriam utilizados em crescimento e reprodução (WOLFE, 1997).

As flores de *S. lycocarpum* foram encontradas em menor número quando comparadas às plantas que não continham galhas, assim como com a espécie *Silphium integrifolium* (Asteraceae), mostrada por Fay e Hartnett (1991), em que houve reduzida reprodução da planta atacada por galhas. As flores de plantas com galhas também apresentaram menor comprimento, em acordo com Hartnett e Abrahamson (1979), onde houve aumento da biomassa dos caules nas plantas com galhas, resultando em menor proporção de biomassa disponível para outros órgãos aéreos da planta hospedeira, como as folhas, que foram encontradas também com menor comprimento. Isso indica que a presença dessas galhas afetou a alocação de recursos distribuídos para os diferentes órgãos da planta. Como consequência dessa presença de galhas, temos um resultado da energia e biomassa que é retirado de outros órgãos e tecidos da planta e investido na própria galha (WOLFE, 1997).

Em relação ao sucesso reprodutivo de uma planta, o ataque de galhas pode então diminuir o número de frutos produzidos por essas plantas atacadas (FERNANDES; SOUZA; SACCHI, 1993), assim como reduzir também a produção de sementes (HARTNETT; ABRAHAMSON, 1979). Para a planta, a presença de galhas resulta em uma perda de fitness direto (WOLFE, 1997). Os indutores de galhas causam, então, um forte efeito negativo no sucesso reprodutivo das plantas (MIAO et al., 2011) e as galhas reduzem o fitness da planta hospedeira (FERNANDES; SOUZA; SACCHI, 1993).

A presença de galhas em *S. lycocarpum* sugere que ocorre uma alteração na alocação dos recursos disponíveis, que são redirecionados para o desenvolvimento de seus insetos indutores, afetando assim a produção de suas flores. Esta capacidade permite que os indivíduos de *C. clitellae*, tenham

alimento disponível para seu desenvolvimento, e assim afetam a planta hospedeira, diminuindo sua capacidade de investir na reprodução.

Os efeitos das galhas sobre seus hospedeiros pode ser diferenciado nos vários grupos de plantas e poucos estudos investigam como ocorre essa alocação de recursos nos diferentes tecidos das plantas que foram atacadas.

4.2 Aspectos de arquitetura

Os resultados mostram que a presença de galhas em indivíduos de *S. lycocarpum* afetou a formação de algumas características vegetativas da planta, como o número de ramificações primárias e o tamanho das ramificações primárias e secundárias em uma das etapas de desenvolvimento das galhas, sua altura, o número, comprimento, largura e biomassa de suas folhas, durante as três etapas de desenvolvimento das galhas. Isso indica que a presença de galhas nesses indivíduos altera a realocação de recursos na planta, que são destinados à formação das galhas, isso porque seus insetos indutores armazenam substâncias dentro dessas galhas, que proporcionam sua alimentação durante seu período de desenvolvimento (OLIVEIRA; ISAIAS, 2010).

Apesar de a presença das galhas afetarem o desenvolvimento normal da planta hospedeira, muitas vezes causando danos e alterando a formação de suas estruturas, nossos resultados não mostraram diferenças entre presença e ausência de galhas com as características número e tamanho das ramificações primárias e secundárias produzidas nessas plantas, durante a maioria das etapas. Entretanto, em Silva et al. (1996), a presença de galhas nas plantas induziu um aumento no número de seus ramos laterais, modificando o crescimento normal da planta hospedeira, assim como ocorreu também em Espírito-Santo et al. (2007), onde a formação das galhas nas plantas hospedeiras estimulou nos anos seguintes o desenvolvimento de brotos laterais. Porém, em Hartnett e Abrahamson (1979), a

formação de galhas reduziu o número de novos caules na planta hospedeira. Isso indica que cada planta responde de uma maneira ao ataque por esses herbívoros galhadores.

Verificou-se que a altura dos indivíduos de *S. lycocarpum* foi maior quando eles não apresentaram galhas. Esse resultado corrobora a hipótese de que a presença de galhas em sua planta hospedeira leva a redução na altura da planta (FERNANDES; SOUZA; SACCHI, 1993), isso porque a presença de galhas pode reduzir a alocação de energia para a reprodução vegetativa (HARTNETT; ABRAHAMSON, 1979), que é destinada ao desenvolvimento de seus insetos indutores (MARINI-FILHO; FERNANDES, 2012). Essa falta de nutrientes na planta diminui sua eficiência no desenvolvimento, resultando em plantas com alturas menores (VASCONCELOS; PAULA; VASCONCELOS, 2009).

Para a perspectiva da planta, existem duas consequências da presença de galhas: a primeira é a perda do fitness, e a segunda a perda de energia e biomassa que são investidas dentro das galhas (WOLFE, 1997). Um padrão similar foi encontrado em nossos resultados, que também estão de acordo com essa perda de energia e biomassa da planta, destinadas à formação e desenvolvimento das galhas.

O número de folhas produzidas por indivíduos em plantas sem galhas foi maior, o comprimento dessas folhas, a largura e a biomassa também foram maiores que as medidas tomadas em folhas de plantas sem galhas, em todas as etapas analisadas. Alguns estudos mostraram também essa alteração na alocação de nutrientes em plantas com galhas, afetando suas estruturas vegetativas, como em Espírito-Santo et al. (2007), em que o desenvolvimento de brotos laterais foi seguido por novas formações de folhas, que apareceram em maior número, porém, menor tamanho. Resultado semelhante ocorreu, onde a média de área foliar de plantas sem galhas foi maior em cerca de mais da metade das folhas de plantas que não apresentaram galhas (KATO; HIJI, 1997). A falta de nutrientes e

os constantes danos na planta, como o ataque por galhadores, diminuem a eficiência de seu desenvolvimento e conversão de energia em biomassa, acarretando um maior dano foliar (VASCONCELOS; PAULA; VASCONCELOS, 2009).

Nos resultados deste estudo, a presença de galhas não alterou o número de espinhos na nervura central das suas folhas, assim como aconteceu em Vasconcelos, Paula e Vasconcelos (2009), em que a densidade de espinhos não diferiu significativamente em resposta à herbivoria.

A presença de galhas em *S. lycocarpum* sugere que ocorre uma alteração na alocação dos recursos disponíveis, que são redirecionados para o desenvolvimento de seus insetos indutores, afetando assim, o desenvolvimento de parte de suas estruturas vegetativas. Esta capacidade permite que os indivíduos de *C. clitellae*, tenham alimento disponível para seu desenvolvimento, diminuindo assim, os recursos disponíveis para planta hospedeira investir em crescimento. Os efeitos das galhas sobre seus hospedeiros pode ser diferenciado nos vários grupos de plantas e poucos estudos investigam como ocorre essa alocação de recursos nos diferentes tecidos das plantas que foram atacadas.

REFERÊNCIAS

- BORGES, J. C. **Câncer em plantas?** Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje, 2006. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/53070>>. Acesso em: 30 jun. 2011.
- CAMPOS, J. M. **O eterno plantio:** um reencontro com a natureza. São Paulo: Pensamento, 1994. 250 p.
- CLOYDE, R. A.; SADOFF, C. S. Effects of plant architecture on the attack rate of *Leptomastix dactylopii* (Hymenoptera: Encyrtidae), a parasitoid of the citrus mealybug (Homoptera: Pseudococcidae). **Environmental Entomology**, Lanham, v. 29, n. 3, p. 535-541, 2000.
- DOUST, J. L.; DOUST, L. L. **Plant reproductive ecology**. New York: Oxford University, 1988. 345 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Apresenta informações sobre pesquisa agropecuária:** 2005-2007. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 12 jul. 2012.
- ESPÍRITO-SANTO, M. M. et al. Plant architecture and meristem dynamics as the mechanisms determining the diversity of gall-inducing insects. **Oecologia**, New York, v. 153, n. 2, p. 353-364, Aug. 2007.
- FAY, P. A.; HARTNETT, D. C. Constraints on growth and allocation patterns of *Silphium integrifolium* (Asteraceae) caused by a cynipid gall wasp. **Oecologia**, New York, v. 88, n. 2, p. 243-250, 1991.
- FEINSINGER, P. Coevolution and pollination. In: FUTUYAMA, D. J.; SLATKIN, M. (Ed.). **Coevolution**. Sunderland: Sinauer, 1983. p. 207-231.
- FERNANDES, G. W.; PRICE, P. W. The adaptative significance of insect gall distribution: survivorship of species in xeric and mesic habitats. **Oecologia**, New York, v. 90, n. 1, p. 14-20, Apr. 1992.

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

FERREIRA, M. F. M. et al. Comparação da incidência de galhadores em duas formações florestais do bioma cerrado: cerrado *Stricto Sensu* e mata seca. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 36-38, jul. 2007. Suplemento.

GÓMEZ, S. et al. Methyl jasmonate elicits rapid changes in carbon and nitrogen dynamics in tomato. **New Phytologist**, Cambridge, v. 188, n. 3, p. 835-844, Nov. 2010.

GONÇALVES-ALVIN, S. J. et al. Abundance and impact of a lepidopteran gall on *Macairea* sp. (Melastomataceae) in the Neotropics. **International Journal of Ecology and Environmental Sciences**, Jaipur, v. 25, p. 115-125, 1999.

HARTNETT, C.; ABRAHAMSON, W. G. The effects of stem gall insects on the life history patterns of *Solidago cunkir*. **Ecology**, Washington, v. 60, p. 910-917, 1979.

HAWKES, C. V.; SULLIVAN, J. J. The impact of herbivory on plants in different resource conditions: a meta-analysis. **Ecology**, Washington, v. 82, p. 2045-2058, July 2001.

HERRERA, J. Lifetime fecundity and floral variation in *Tuberaria guttata* (Cistaceae), a Mediterranean annual. Plant Ecology, Dordrecht, v. 172, n. 2, p. 219-225, June 2004.

_____. The variability of organs differentially involved in pollination, and correlations of traits in Genisteae (Leguminosae: Papilionoideae). **Annals of Botany**, London, v. 88, n. 6, p. 1027-1037, 2001.

KATO, K.; HIJII, N. Effects of gall formation by *Dryocosmus kuriphihs* Yasumatsu (Hym., Cynipidae) on the growth of chestnut trees. **Journal of Applied Entomology**, Somerset, v. 121, n. 1/5, p. 9-15, 1997.

KETTENRING, K. M.; WEEKLEY, C. W.; MENGES, E. S. Herbivory delays flowering and reduces fecundity of *Liatris ohlingerae* (Asteraceae), an endangered, endemic plant of the Florida scrub. **Journal of the Torrey Botanical Society**, Washington, v. 136, n. 3, p. 350-362, 2009.

KURZFELD-ZEXER, L.; WOOL, D.; INBAR, M. Modification of tree architecture by a gall-forming aphid. **Trees**, Berlin, v. 24, n. 1, p. 13-18, Feb. 2010.

MAIA, V. C.; FERNANDES, G. W. Insect galls from Serra de São José, Tiradentes, MG, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 64, n. 3, p. 423-445, 2004.

MARINI-FILHO, O. J.; FERNANDES, G. W. Stem galls drain nutrients and decrease shoot performance in *Diplusodon orbicularis* (Lythraceae). **Arthropod-Plant Interactions**, New York, v. 6, n. 1, p. 121-128, Mar. 2012.

MIAO, B. G. et al. The impact of a gall midge on the reproductive success of *Ficus benjamina*, a potentially invasive fig tree. **Biological Control**, Orlando, v. 59, n. 2, p. 228-233, Nov. 2011.

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 Science**, Shannon, v. 178, n. 4, p. 350-358, Apr. 2010.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; OLIVEIRA, L. C. A. Biologia floral de uma população de *Solanum lycocarpum* St. Hil. (SOLANACEAE) em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 11, p. 23-32, 1988.

OLIVEIRA-JÚNIOR, E. N. O. et al. Análise nutricional da fruta-de-lobo (*Solanum lycocarpum* St. Hil.) durante o amadurecimento. **Ciências e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 4, p. 846-851, jul./ago. 2003.

PRICE, P. W.; FERNANDES, G. W.; WARING, G. L. Adaptive nature of insect galls. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 16, n. 1, p. 15-24, 1987.

QUEZADA, I. M.; GIANOLI, E. Counteractive biomass allocation responses to drought and damage in the perennial herb *Convolvulus demissus*. **Austral Ecology**, Carlton, v. 35, n. 5, p. 544-548, Aug. 2010.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Brasília: EMBRAPA, 1998. p. 89-168.

SILVA, I. M. et al. Parasitic relationships between a gall-forming insect *Tomoplagia rudolphi* (Diptera: Tephritidae) and its host plant (*Vernonia polyanthes*, Asteraceae). **Annals of Botany**, London, v. 78, n. 1, p. 45-48, July 1996.

SOUZA, A. L. T. et al. Host plant response and phenotypic plasticity of a galling weevil (*Collabismus clitellae*: Curculionidae). **Austral Ecology**, Carlton, v. 26, n. 2, p. 173-178, 2001.

_____. Natural history of a gall-inducing weevil *Collabismus clitellae* (Coleoptera: Curculionidae) and some effects on its host plant *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE) in Southeastern Brazil. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 91, n. 4, p. 404-409, 1998.

STINNER, B. R.; ABRAHAMSON, W. G. Energetics of the *Solidago canadensis*: stem gall insect-parasitoid guild interaction. **Ecology**, Washington, v. 60, p. 918-926, 1979.

TANQUE, R. L.; FRIEIRO-COSTA, F. A. Pimplinae (Hymenoptera, Ichneumonidae) em um fragmento de Cerrado na reserva biológica Unilavras/Boqueirão, Ingaí, Minas Gerais, Brasil. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 11, n. 4, p. 169-171, out./dez. 2011.

URSO-GUIMARÃES, M. V.; SCARELLI-SANTOS, C. Galls and gall makers in plants from the pé-de-gigante cerrado reserve, Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 66, n. 1B, p. 357-369, 2006.

VASCONCELOS, P. B.; PAULA, C. L.; VASCONCELOS, H. L. Resposta morfológica de *Solanum lycocarpum* aos efeitos da herbivoria e estresse hídrico. **Horizonte Científico**, Uberlândia, v. 3, n. 1, p. 1-17, 2009.

WEINER, J. Allocation, plasticity and allometry in plants. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, Jena, v. 6, n. 4, p. 207-215, 2004.

WEINER, J. et al. The allometry of reproduction within plant populations. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 97, n. 6, p. 1220-1233, Nov. 2009.

WOLFE, L. M. Differential flower herbivory and gall formation on males and females of *Neea psychotrioides*, a dioecious tree. **Biotropica**, Somerset, v. 29, n. 2, p. 169-174, 1997.