

Arquitetura da planta e diversidade de galhas associadas à *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae)

FERNANDA VIEIRA DA COSTA[✉], MARCÍLIO FAGUNDES &
FREDERICO DE SIQUEIRA NEVES

Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Montes Claros,
Departamento de Biologia Geral, Laboratório de Biologia da Conservação,
Montes Claros, Minas Gerais, Brasil

RESUMO. O comportamento de induzir galhas provavelmente surgiu como um mecanismo de defesa contra adversidades climáticas e/ou refúgios contra inimigos naturais. Várias hipóteses foram propostas para explicar o padrão de distribuição e abundância desses herbívoros em suas plantas hospedeiras. Por exemplo, a hipótese da arquitetura da planta prediz que plantas arquiteturalmente mais complexas apresentam maior diversidade de herbívoros. Este estudo teve como objetivos avaliar o efeito da arquitetura da planta hospedeira na diversidade de galhas e determinar o esforço amostral mínimo para coleta representativa da fauna de galhadores em *Copaifera langsdorffii*. Cinquenta indivíduos arbóreos de *C. langsdorffii* foram selecionados para caracterização da arquitetura (altura, CAP, número de ramificações de primeiro, segundo e terceiro nível, área e volume da copa) e da riqueza e abundância de galhas. Um total de 23 morfotipos de galhas foi encontrado em *C. langsdorffii*. A curva de rarefação de espécies de galhas por indivíduo amostrado indicou que a saturação de espécies ocorre próxima a décima árvore amostrada. A complexidade arquitetônica não afetou a riqueza e abundância de galhas. Este estudo oferece uma nova metodologia para padronizar o método de amostragem de galhas em espécies arbóreas do Cerrado.

[Palavras-chave: complexidade arquitetônica, esforço amostral, insetos indutores de galhas, pau d'óleo, super-hospedeiro]

ABSTRACT. Plant architecture and gall diversity associated with *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae): Plant architecture and gall diversity associated with *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae). Galling insects induce tumors on their host plants in response to climatic adversities and as a protection against natural enemies. Among several hypotheses that explain differences in the distribution and abundance of galling-inducing insects, the plant architecture hypothesis stresses the influence of host plant architecture (e.g., a combination of life form, plant height, and number of shoots, branches and leaves in relation to crown volume). The aims of this study was to evaluate the effects of host plant architecture on gall species diversity and to determine the sample effort to perform a representative collect of the galling insects fauna. On fifty *C. langsdorffii* trees, we determined both architectural variables (i.e. height, DBH, number of ramifications of the first, second and third level, and crown area and plant volume) and gall richness and abundance. We found a total of 23 gall morphotypes associated with host plant *C. langsdorffii*. The gall richness and abundance were not affected by host plant architecture. Rarefaction curves indicated that ten individuals and 14 shoots per plant are sufficient to sample all gall morphotypes associated with *C. langsdorffii*. The study suggest a new methodology to sampling galls in this tropical tree species.

[Keywords: architectural complexity, gall inducing insects, tropical tree, sampling effort, super-host]

✉ Universidade Estadual de Montes Claros,
Departamento de Biologia Geral, Laboratório de
Biologia da Conservação, Montes Claros, Minas
Gerais, Brasil. Av. Ruy Braga s/n, Caixa postal
126, CEP 39.401-089.
fecostabio@gmail.com

Recibido: 18 de febrero de 2009; Fin de arbitraje: 28 de octubre
de 2009; Revisión recibida: 10 de noviembre de 2009; Aceptado:
29 de enero de 2010

INTRODUÇÃO

As galhas são alterações morfológicas de tecidos ou órgãos das plantas resultantes da hipertrofia e hiperplasia das células vegetais e são formadas em resposta a estímulos espécie-específicos (Mani 1964; Flaherty & Quiring 2008). Diferentes grupos de organismos, incluindo insetos, ácaros, nematóides, fungos, bactérias e vírus são capazes de induzir galhas (Fernandes & Martins 1985). Entre os insetos, o comportamento de induzir galhas provavelmente foi selecionado como um mecanismo de defesa contra adversidades climáticas e/ou refúgios contra inimigos naturais (Price et al. 1986; Fernandes 1994). Contudo, a preferência e a “performance” do galhador podem ser afetadas pela qualidade da planta hospedeira (Fernandes & Price 1991; Price 1991) e a ação de inimigos naturais (Ferraz & Monteiro 2003; Fagundes et al. 2005).

As galhas são elementos importantes para identificação de padrões e processos ecológicos porque constituem unidades delimitadas no tempo e espaço, são de fácil amostragem e produzem reações espécie-específica com a planta hospedeira. Além disto, a diversidade de galhas é afetada por forças “top-down e botton-up” e pela qualidade dos habitats e suas plantas hospedeiras (Fernandes et al. 1996; Price et al. 1998; Stone & Schönrogge 2003; Fagundes et al. 2005). Por exemplo, Fernandes & Price (1992) sugeriram que a diversidade de galhas é alta em habitats estressados higrotermicamente e em vegetação esclerófila. Além disto, alguns exemplos sugerem que esta guilda é especialmente diversificada dentro de alguns grupos de plantas (e.g., *Quercus*, Felt 1940; *Baccharis*, Fernandes et al. 1996; *Eucalyptus*, Blanche & Westoby 1996; *Eugenia*, Mendonça 2001; espécies das famílias Combretaceae e Mimosaceae, Veldtman & McGeoch 2003). Recentemente, o termo super-hospedeiro tem sido usado para designar plantas que apresentam alta riqueza de galhas (Veldtman & McGeoch 2003). A identificação de espécies vegetais que se comportam como super-hospedeiros tem grande importância ecológica, pois permitem testar hipóteses ecológicas e evolutivas, como os efeitos do ambiente no próprio hospedeiro e na diversidade de galhadores associada.

Apesar de sua importância ecológica, os galhadores normalmente são negligenciados em estudos de diversidade de artrópodes (Ribeiro & Basset 2007).

Várias hipóteses têm sido propostas para explicar o padrão de distribuição e abundância dos insetos galhadores em suas plantas hospedeiras (veja revisão Fleck & Fonseca 2007). Especificamente, a hipótese da arquitetura da planta (Lawton 1983), em nível interespecífico, prediz que espécies de plantas estruturalmente mais complexas sustentam maior riqueza de herbívoros (veja Espírito-Santo et al. 2007). Em nível intra-específico, essa hipótese sugere que existe uma relação positiva entre hospedeiros que apresentam arquitetura mais complexa e a riqueza de herbívoros. Finalmente, em nível de comunidade, essa hipótese prevê que comunidades vegetais compostas por espécies com maior complexidade arquitetônica apresentam maior riqueza de insetos herbívoros associados (Fleck & Fonseca 2007).

A arquitetura da planta tem cinco componentes principais: tamanho, forma de crescimento (ervas, arbustos e árvores), desenvolvimento sazonal, variedade e persistência das partes aéreas (Lawton 1983). Contudo, o padrão de ramificação (Marquis et al. 2002; Espírito-Santo et al. 2007), o número de meristemas ativos (Larson & Whitham 1997), a altura da planta (Gonçalves-Alvin et al. 1999) e o volume da copa (Alonso & Herrera 1996; Fagundes & Gonçalves 2005) também já foram utilizados como medidas de arquitetura. Além dessa diversidade de parâmetros arquitetônicos, variações nos métodos de coleta e esforço de amostragem das galhas também dificultam a interpretação e comparação dos dados (e.g., Price et al. 1998; Veldtman & McGeoch 2003; Cuevas-Reyes et al. 2004a,b; Carneiro et al. 2005; Espírito-Santo et al. 2007; Lara et al. 2008).

A maioria dos estudos envolvendo insetos galhadores refere-se a fauna associada a espécies arbustivas, principalmente devido a dificuldade de amostragem na copa das árvores de grande porte. Como consequência, existe uma carência de informações relativas a fauna desses herbívoros em espécies de porte

arbóreo (Ribeiro & Basset 2007). Os objetivos deste estudo foram caracterizar a fauna de insetos galhadores associada a espécie arbórea tropical *Copaifera langsdorffii* Desf., determinando o esforço amostral mínimo para se obter uma coleta significativa de galhas em uma população da planta hospedeira. Além disto, testamos a hipótese da arquitetura que prediz que plantas estruturalmente mais complexas sustentam uma maior diversidade de herbívoros. Assim, esperamos que indivíduos de *C. langsdorffii* com arquitetura mais complexa apresentem maior riqueza e abundância de galhas.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em um fragmento de Cerrado sentido restrito (16°40'26" S e 43°48'44" W), localizado na região norte da cidade de Montes Claros, norte do Estado de Minas Gerais. Fisionomicamente, a região está incluída na transição entre os domínios do Cerrado e da Caatinga (Rizzini 1997), apresentando clima do tipo semi-árido, com estações secas e chuvosas bem definidas. A temperatura média anual é de 23 °C, e a precipitação é de 1000 mm/ano, com chuvas concentradas principalmente nos meses de novembro a janeiro (Santos et al. 2007).

O sistema estudado

Copaifera langsdorffii Desf. (Fabaceae: Caesalpinioideae), conhecida popularmente como pau d'óleo ou copaíba, é uma espécie arbórea que atinge até 35 m de altura (Silva-Júnior 2005). Essa espécie ocorre no Cerrado, Matas de Galeria e Matas Secas (floresta estacional decídua) desde o Estado do Tocantins até o Paraná (Almeida et al. 1998). Sua deciduidade é marcante nos períodos de grande déficit hídrico, que na área de estudo, corresponde aos meses de julho e agosto. O brotamento foliar ocorre nos meses de setembro a outubro e pode ser facilmente observado pelo aspecto avermelhado das copas (Pedroni et al. 2002; Silva-Júnior 2005).

C. langsdorffii apresenta alta riqueza de insetos galhadores. Contudo, ainda não existem estudos que descrevem estes morfotipos de galhas.

Desenho experimental

Em maio de 2007, período que antecede a queda das folhas da planta hospedeira, 50 indivíduos adultos de *C. langsdorffii* com CAP (circunferência à altura do peito) ≥ 15 cm e altura > 2 m foram amostrados na área de estudo. Em cada planta foram aferidos os seguintes parâmetros arquitetônicos: CAP; altura; número de ramificações de primeiro, segundo e terceiro nível (Espírito-Santo et al. 2007); área da copa e volume da planta. O volume da planta foi obtido através da fórmula do volume do cone, $V=[(\pi.r^2.h)/3]$ e a área da copa através da área da elipse, $A=(\pi.a.b)$, sendo "a" e "b" a maior e menor largura da copa, respectivamente. A riqueza e abundância médias de galhas por planta foram determinadas através da contagem das galhas presentes em 20 ramos terminais da copa das árvores. Estes ramos foram coletados arbitrariamente com o auxílio de um podão e levados para o Laboratório de Biologia da Conservação para triagem e morfotipagem das galhas. A morfotipagem das galhas foi realizada com base nas suas características morfológicas externas (diferentes espécies de galhadores produzem galhas com morfologia distinta). Assim, a morfologia das galhas pode ser usada como critério na morfotipagem dos insetos galhadores (Stone & Schönrogge 2003).

Análise dos dados

O esforço mínimo de coleta para amostragem representativa da fauna de galhadores associada a *C. langsdorffii* foi determinado através da construção da curva de rarefação de morfotipos de galhas em função dos indivíduos amostrados. Após a determinação da quantidade de indivíduos necessários para a amostragem satisfatória das galhas, esses foram utilizados para a construção de curvas de rarefação dos morfotipos de galhas em função dos ramos coletados. A média

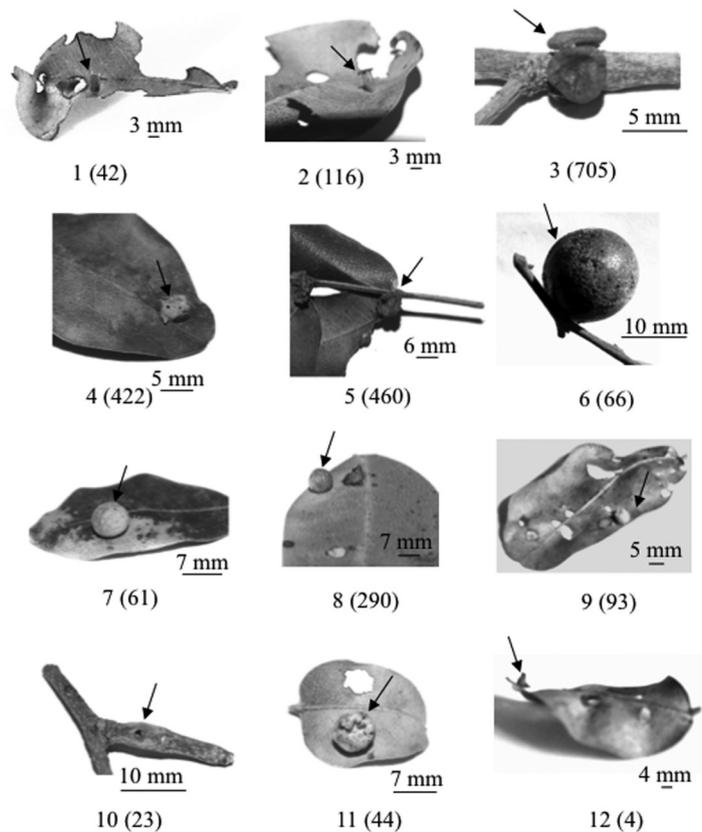


Figura 1. Morfotipos de galhas (1 a 23) associadas a *C. langsdorffii* em um fragmento de Cerrado (Montes Claros, Minas Gerais, Brasil). As setas indicam as localizações das galhas na planta hospedeira e os valores entre parênteses correspondem à abundância total de galhas amostradas no estudo.

Figure 1. Gall morphotypes (1 to 23) associated with *C. langsdorffii* in a Cerrado fragment (Montes Claros city, Minas Gerais, Brazil). The arrows indicate the gall localization on host plant and values in parentheses are total galls abundance sampled in the study.

dos valores correspondentes à saturação de espécies de cada curva representou o número aproximado de ramos que devem ser coletados por planta para uma amostragem satisfatória.

O efeito da arquitetura da planta na riqueza e abundância das galhas foi avaliado através da análise de componentes principais (PCA) seguida pelo teste de regressão múltipla. Assim, a PCA reduziu os sete parâmetros arquitetônicos estudados (CAP; altura; número de ramificações de primeiro, segundo e terceiro nível; área da copa e volume da planta) a dois componentes principais. Em seguida, foram realizados testes de regressão múltipla através da construção de modelos lineares generalizados (GLM), utilizando uma distribuição de erros adequada para

cada variável resposta, de acordo com a crítica ao modelo (Crawley 2002). A riqueza de morfotipos e a abundância de galhas foram usadas como variáveis resposta e os escores dos dois componentes principais obtidos através da PCA corresponderam às variáveis explicativas.

RESULTADOS

Os indivíduos de *C. langsdorffii* amostrados apresentaram 3576 galhas pertencentes a 23 morfotipos. Os morfotipos mais abundantes foram: 13, 3, 5, 4 e 8. Os morfotipos 18 e 23 apresentaram somente uma galha (Figura 1). A maioria das galhas amostradas ocorre no limbo foliar da planta hospedeira (17 morfotipos). Além disso, observou-se que

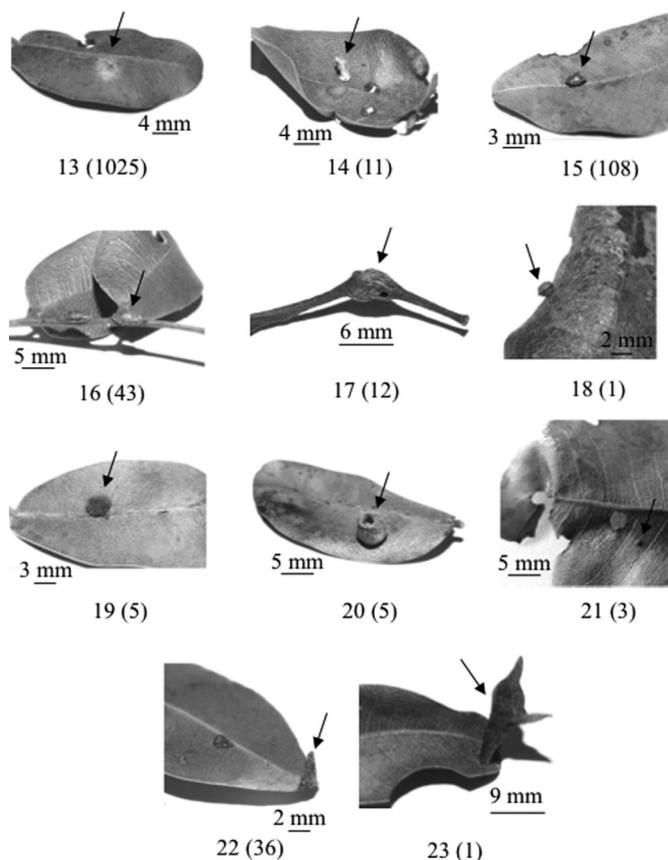


Figura 1. (Cont.).

Figure 1. (Cont.).

três morfotipos (3, 5 e 6) ocorreram tanto no caule quanto na nervura foliar. Dois morfotipos (10 e 17) são típicos de caule e um morfotipo (16) foi observado exclusivamente na nervura foliar. Quanto à distribuição, 55.6% das galhas ocorrem de forma isolada e 44.4% ocorrem tanto na forma isolada quanto em grupo (Figura 1).

A curva de acumulação de espécies de galhas por indivíduo amostrado indicou que a saturação de espécies ocorre próxima a décima árvore amostrada (Figura 2). A média das curvas de saturação de espécies desses dez indivíduos indicou que 14 ramos por planta são suficientes para a amostragem da comunidade de galhas associadas a *C. langsdorffii* (Figura 3). Portanto, para um levantamento adequado da fauna de galhas associadas a *C. langsdorffii* é necessário amostrar um mínimo de 14 ramos em dez árvores.

O primeiro componente da PCA explicou 32% da variação dos parâmetros arquitetônicos medidos, enquanto o segundo componente explicou 22% dessa variação. No componente 1, os parâmetros da arquitetura da planta de maior importância foram: circunferência a altura do peito, altura, área da copa e volume da copa (Figura 4), indicando uma relação direta com o tamanho da planta. Considerando-se o componente 2, os parâmetros de maior importância foram o número de ramos primários, secundários e terciários (Figura 4), caracterizando assim, o padrão de ramificação e a complexidade.

Os componentes 1 e 2 da PCA não explicaram a variação da riqueza de morfotipos ou abundância das galhas amostradas (Tabela 1). Assim, a diversidade de galhas não respondeu ao aumento da circunferência a altura do peito, altura, área da copa e volume da copa, ou seja,

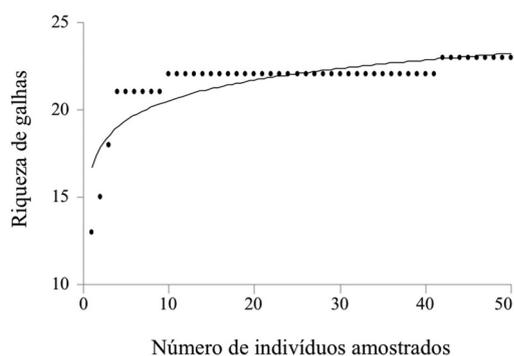


Figura 2. Curva de rarefação de espécies de galhadores por indivíduo de *C. langsdorffii* amostrado ($y=1.6693\ln(x)+16.703$; $R^2=0.6955$).

Figure 2. Rarefaction curve of galling species per individual of *C. langsdorffii* sampled ($y=1.6693\ln(x)+16.703$; $R^2=0.6955$).

ao tamanho da planta. Da mesma forma, a complexidade caracterizada pela presença de ramos primários, secundários e terciários não influenciou a diversidade desses herbívoros.

DISCUSSÃO

Copaifera langsdorffii é a espécie arbórea tropical com a mais rica fauna de insetos galhadores já descrita (23 morfotipos), fato que a caracteriza como super-hospedeiro. Outros exemplos de super-hospedeiros incluem *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae), que apresenta 17 morfotipos de galhas (Fernandes et al. 1996), *Quercus turbinella* (Fagaceae) com 20 morfotipos (Fernandes & Price 1988), *Larrea tridentata* (Zygophyllaceae) com 16

morfotipos (Waring & Price 1989) e *Atriplex* sp (Chenopodiaceae) com 12 morfotipos (Hawkins & Goeden 1984). Em uma escala histórica ou evolutiva, a riqueza de insetos herbívoros associada a um hospedeiro particular encontra-se diretamente relacionada ao limite de distribuição geográfica da espécie, a riqueza de espécies da família ou gênero e a origem do táxon (Southwood 1961; Fleck & Fonseca 2007). *Copaifera* é um gênero rico em espécies (72 espécies), amplamente distribuído por toda a América Latina e África Ocidental (Dwyer 1951) e pertence ao grupo das Fabaceas, uma das mais diversas famílias botânicas (Souza & Lorenzi 2005). Assim, é provável que estas características sejam importantes para justificar a elevada riqueza de galhas observada em *C. langsdorffii*.

Comparativamente a plantas herbáceas ou arbustivas, espécies arbóreas apresentam ciclo de vida mais longo, que as tornam mais previsíveis no tempo e no espaço. Os insetos herbívoros têm maior probabilidade de colonizar e manter sua população nessas plantas, sofrendo menores riscos de extinção devido a persistência do recurso. É possível que a previsibilidade do recurso associada à especificidade dos insetos galhadores permitem que um único indivíduo arbóreo suporte a maioria das espécies de galhadores associados a uma determinada espécie vegetal. Dessa forma, as curvas de rarefação de espécies devem atingir pontos de saturação com um número relativamente baixo de indivíduos, conforme observado nesse estudo.

Tabela 1. Análises de regressão múltipla entre a riqueza e a abundância de galhas (variáveis resposta) e os escores dos dois componentes principais obtidos através da análise de componentes principais (variáveis explicativas). (g.l.=graus de liberdade).

Table 1. Multiple regression analysis among gall richness and abundance (responses variable) and scores from two principal components obtained by principal component analysis (explanatory variables). (d.f.=degrees of freedom).

Variável resposta	Termos	g.l.	Deviance	g.l. resíduo	Deviance do resíduo	P
Riqueza de galhas	Modelo nulo			49	43.33	
	Escore 1	1	0.008	48	43.33	0.93
	Escore 2	1	0.592	47	42.73	0.44
Abundância de galhas	Modelo nulo			49	1825.82	
	Escore 1	1	20.75	48	1805.06	0.49
	Escore 2	1	38.55	47	1766.51	0.34

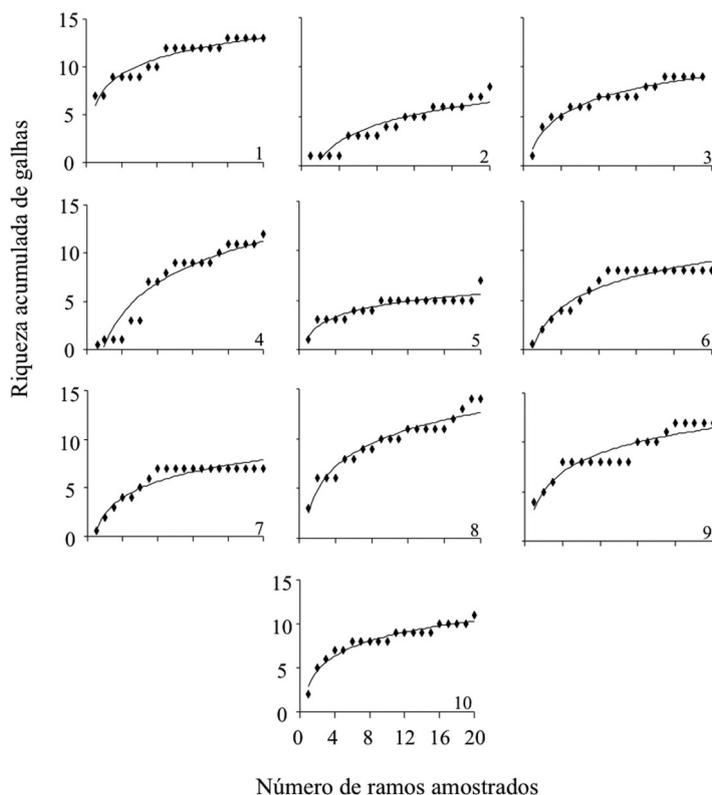


Figura 3. Curvas de rarefação de espécies de galhas por ramo coletado nos dez primeiros indivíduos de *C. langsdorffii* amostrados.

Figure 3. Rarefaction curves of galling species collected by shoots in ten first individuals of *C. langsdorffii* sampled.

Muitos estudos mostram que existe relação positiva entre o aumento da complexidade da planta hospedeira e a diversidade de insetos herbívoros (Alonso & Herrera 1996; Marquis et al. 2002; Espírito-Santo et al. 2007; Woodcock et al. 2007; Lara et al. 2008). Nesse trabalho, a análise de componentes principais separou as variáveis arquitetônicas em dois componentes que representaram o tamanho da planta (componente 1) e a complexidade do padrão de ramificação da planta (componente 2). Contudo, não foi observada relação significativa entre a diversidade de galhas associada a *C. langsdorffii* e o tamanho ou o padrão de ramificação da planta hospedeira. Novamente pode-se invocar a previsibilidade do recurso e a especificidade dos galhadores para justificar estes resultados. De fato, se uma única árvore suporta a maioria da fauna de galhadores devido a previsibilidade do recurso e o hábito especialista do galhador, seria esperado que a arquitetura da planta explicasse muito pouco da variação total.

Uma hipótese alternativa formulada para explicar a distribuição dos insetos na escala da planta hospedeira é a hipótese da sucessão ontogenética. Medianero et al. (2003) sugerem que espécies de insetos galhadores têm sua ocorrência restrita a indivíduos de diferentes estágios ontogenéticos. Dessa forma, a riqueza de galhadores associada a espécies vegetais estaria distribuída ao longo da ontogenia das plantas, não sendo encontrada toda a fauna de galhadores ao mesmo tempo em um único estágio de desenvolvimento do hospedeiro (Fleck & Fonseca 2007). Nesse estudo, todas as árvores amostradas encontravam-se em estágio adulto e, portanto, deveriam possuir uma fauna de galhadores similar, justificando a falta de relação entre arquitetura e riqueza de espécies.

Nossos resultados indicam que *C. langsdorffii* comporta-se como um super-hospedeiro de insetos galhadores que associada a sua

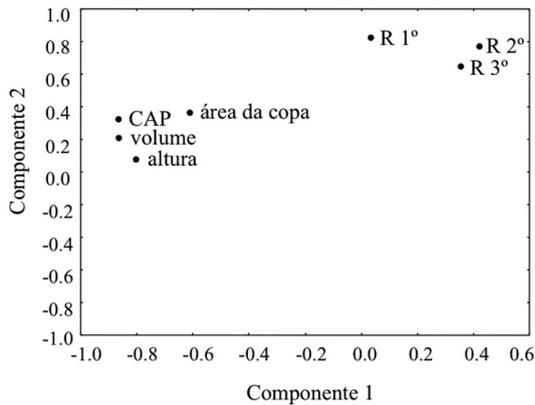


Figura 4. Análise de componentes principais das variáveis arquitetônicas aferidas em *C. langsdorffii* (R 1º=ramificação de primeiro nível; R 2º=ramificação de segundo nível; R 3º=ramificação de terceiro nível; CAP=circunferência à altura do peito).

Figure 4. Analysis of principal components of architectural variables measured in *C. langsdorffii* (R 1º=branch to the first level; R 2º=second-level branch; R 3º=branch of the third level, DBH=diameter at breast height).

ampla distribuição e ocorrência em diferentes habitats tornam o sistema interessante para estudos ecológicos. Além disso, esse trabalho oferece uma metodologia alternativa para a amostragem de galhas em espécies arbóreas tropicais e sugere que a previsibilidade do recurso e o hábito especialista dos galhadores são importantes para determinar a composição de espécies associadas à *C. langsdorffii*.

AGRADECIMENTOS

L. S. Araújo, H. Fagundes, C. R. Leal, V. H. F. Oliveira, R. A. S. Andrade auxiliaram no trabalho de campo. Agradecemos também a dois revisores anônimos pelas críticas e sugestões que melhoram a qualidade do manuscrito. A Capes pela concessão de bolsa à primeira autora e a Fapemig pelo suporte financeiro ao trabalho e bolsas de incentivo a pesquisa concedidas a M. Fagundes e F. S. Neves.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, SP; CBE PROENÇA; SM SANO & JF RIBEIRO. 1998. *Cerrado: espécies vegetais úteis*. Planaltina: Embrapa. 464 pp.

ALONSO, C & CM HERRERA. 1996. Variation in herbivory within and among plants of *Daphne laureola* (Thymelaeaceae): correlation with plant size and architecture. *J. Ecol.*, **84**:495-502.

BLANCHE, KR & M WESTOBY. 1996. The effect of the taxon and geographic range size of host eucalypt species on the species richness of gall-forming insects. *Aust. J. Ecol.*, **21**:332-335.

CARNEIRO, MAA; GW FERNANDES & OFF DE SOUZA. 2005. Convergence in the Variation of Local and Regional Galling Species Richness. *Neot. Entomol.*, **34**:547-554.

CRAWLEY, M. 2002. *Statistical computing: An introduction to data analysis using S-Plus*. John Wiley & Sons Inc., Baffins Lane. 761 pp.

CUEVAS-REYES, P; M QUESADA; P HANSON; R DIRZO & K OYAMA. 2004a. 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. *J. Ecol.*, **92**:707-716.

CUEVAS-REYES, P; M QUESADA; C SIEBE & K OYAMA. 2004b. Spatial patterns of herbivory by gall-forming insects: A test of the soil fertility hypothesis in a Mexican tropical dry forest. *Oikos*, **107**:181-189.

DWYER, JD. 1951. The Central American, West Indian and South American Species of *Copaifera* (Caesalpinaceae). *Brittonia*, **7**:143-172.

ESPÍRITO-SANTO, MM; FS NEVES; FR ANDRADE-NETO & GW FERNANDES. 2007. Plant architecture and meristem dynamics as the mechanisms determining the diversity of gall-inducing insects. *Oecologia*, **153**:353-364.

FAGUNDES, M & CL GONÇALVES. 2005. Ataque de um inseto galhador (Díptera: Cecidomyiidae) em *Astronium fraxinifolium* (Anacardiaceae) em uma floresta estacional. *Unimontes Científica*, **7**: 107-114.

FAGUNDES, M; FS NEVES & GW FERNANDES. 2005. Direct and indirect interactions involving ants, insect herbivores, parasitoids, and the host plant *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae). *Ecol. Entomol.*, **30**:28-35.

FELT, EP. 1940. *Plant galls and gall makers*. Comstock, Ithaca, New York. 364 pp.

FERNANDES, GW & RP MARTINS. 1985. Tumores de plantas: as galhas. *Ciência Hoje*, **4**:58-64.

FERNANDES, GW & PW PRICE. 1988. Biographical gradients in galling species richness: Test of hypotheses. *Oecologia*, **76**:161-167.

FERNANDES, GW & PW PRICE. 1991. Comparisons of tropical and temperate galling species richness: the roles of environmental harshness and plant nutrient status. En: Price, PW; TM Lewinsohn & WW Benson (eds.). *Plant-animal interactions: evolutionary ecology in tropical and temperate regions*.

- Wiley, New York, 639 pp.
- FERNANDES, GW & PW PRICE. 1992. The adaptative significance of insect gall distribution: survivorship of species in xeric and mesic habitat. *Oecologia*, **90**:14-20.
- FERNANDES, GW. 1994. Plant mechanical defenses against insect herbivory. *Rev. Bras. Entomol.*, **38**: 421-433.
- FERNANDES, GW; MAA CARNEIRO; ACF LARA; LR ALLAIN; GI ANDRADE; ET AL. 1996. Gallling species on neotropical species of *Baccharis* (Asteraceae). *Trop. Zool.*, **9**:315-332.
- FERRAZ, FF & RF MONTEIRO. 2003. Complex interaction involving a gall midge *Myrciambia maricaensis* Maia (Dípteron, Cecidomyiidae), phytophagous modifiers and parasitoids. *Rev. Bras. Zool.*, **3**:433-437.
- FLAHERTY, L & D QUIRING. 2008. Plant module size and dose of gall induction stimulus influence gall induction and galler performance. *Oikos*, **117**:1601-1608.
- FLECK, T & CR FONSECA. 2007. Hipóteses sobre a riqueza de insetos galhadores: uma revisão considerando os níveis intra-específico, interespecífico e de comunidade. *Net. Biol. Conservation*, **2**:36-45.
- GONÇALVES-ALVIN, SJ; EC LANDAU; M FAGUNDES; VG SILVA; YRF NUNES; ET AL. 1999. Abundance and Impact of a Lepidopteran Gall on *Macairea radula* (Melastomataceae) in The Neotropics. *Int. J. Ecol. Environ. Sci.*, **25**:115-125.
- HAWKINS, BA & RD GOEDEN. 1984. Organization of a parasitoid community associated with a complex of galls on *Atriplex* spp. in southern California. *Ecol. Entomol.*, **9**:271-92.
- LARA, DP; LA OLIVEIRA; IFP AZEVEDO; MF XAVIER; FAO SILVEIRA; ET AL. 2008. Relationships between host plant architecture and gall abundance and survival. *Rev. Bras. Entomol.*, **52**:78-81.
- LARSON, KC & TG WHITHAM. 1997. Competition between gall aphids and natural plant sinks: plant architecture affects resistance to galling. *Oecologia*, **109**:575-582.
- LAWTON, JH. 1983. Plant architecture and the diversity of phytophagous insect. *Annu. Rev. Entomol.*, **28**:23-39.
- MANI, MS. 1964. *Ecology of Plant Galls*. Junk, The Hague. 343 pp.
- MARQUIS, RJ; JT LILL & A PICCINI. 2002. Effect of plant architecture on colonization and damage by leafy caterpillars of *Quercus Alba*. *Oikos*, **99**:531-537.
- MEDIANERO, E; A VALDERRAMA & H BARRIOS. 2003. Diversidad de insectos minadores de hojas y formadores de agallas en el dosel y sotobosque del bosque tropical. *Acta Zoolog. Mexic.*, **89**:153-168.
- MENDONÇA, MS. 2001. Gallling insect diversity patterns: the resource synchronization hypothesis. *Oikos*, **95**:171-176.
- PEDRONI, F; M SANCHEZ & AM SANTOS. 2002. Fenologia da copaíba (*Copaifera Langsdorffii* Desf. - Leguminosae, Caesalpinioideae) em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. *Rev. Bras. Bot.*, **25**:183-194.
- PRICE, PW; GL WARING & GW FERNANDES. 1986. Hypotheses on the adaptative nature of galls. *Proc. Entomol. Soc. Wash.*, **88**:361-363.
- PRICE, PW. 1991. The plant vigor hypothesis and herbivore attack. *Oikos*, **62**:244-251.
- PRICE, PW; GW FERNANDES; ACF LARA; J BRAWN; H BARRIOS; ET AL. 1998. Global patterns in local number of insect galling species. *J. Biogeogr.*, **25**: 581-591.
- RIBEIRO, SP & Y BASSET. 2007. Gall-forming and free-feeding herbivory along vertical gradients in a lowland tropical rainforest: the importance of leaf sclerophylly. *Ecography*, **30**:663-672.
- RIZZINI, CT. 1997. *Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e orísticos*. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural. 747 pp.
- SANTOS, RM; FA VIEIRA; M FAGUNDES; YRF NUNES & E GUSMÃO. 2007. Riqueza e similaridade florística de oito remanescentes florestais no norte de Minas Gerais. *Rev. Árvore*, **31**:135-144.
- SILVA-JÚNIOR, MC. 2005. *100 Árvores do Cerrado: guia de campo*. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado. 278 pp.
- SOUTHWOOD, TRE. 1961. The number of insect associated with various trees. *J. Anim. Ecol.*, **30**: 1-8.
- SOUZA, VC & H LORENZI. 2005. *Botânica Sistemática*. São Paulo: Instituto Plantarum. 639 pp.
- STONE, GN & K SCHÖNROGGE. 2003. The adaptive significance of insect gall morphology. *Trends Ecol. Evol.*, **18**:512-522.
- VELDTMAN, R & MA MCGEOCH. 2003. Gall-forming insects species richness along a non scleromorphic vegetation rainfall gradient in South Africa: The importance of plant community composition. *Austral Ecol.*, **28**:1-13.
- WARING, GL & PW PRICE. 1989. Parasitoid pressure and the radiation of a gall forming group (Cecidomyiidae: *Asphondylia* spp.) on creosote bush (*Larrea tridentata*). *Oecologia*, **79**:293-9.
- WOODCOCK, BA; SG POTTS; DB WESTBURY; AJ RAMSAY; M LAMBERT; ET AL. 2007. The importance of sward architectural complexity in structuring predatory and phytophagous invertebrate assemblages. *Ecol. Entomol.*, **32**:302-311.