

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE ZOOLOGIA

DIVERSIDADE DE ARTRÓPODOS GALHADORES E PLANTAS

HOSPEDEIRAS NOS NEOTRÓPICOS: FLORESTAS

SUBTROPICAIS NO MORRO SANTANA, PORTO ALEGRE, RS –

BRASIL.

Ricardo Vieira Dalbem

Dissertação apresentada como
um dos requisitos para obtenção do grau de
Bacharel no Curso de Ciências Biológicas –
Ênfase Ambiental

Orientador

Milton de Souza Mendonça Júnior

Porto Alegre,

2005

BIO
BIO
341

AGRADECIMENTOS:

Aos meus pais, Renato e Marli, que sempre me apoiaram em todas as circunstâncias e me possibilitaram a escolha deste Curso maravilhoso; ao Milton pela orientação, companheirismo e aulas de evolução e ecologia durante as saídas a campo, à todo pessoal do laboratório de Bioecologia de Insetos, Fabi, Hosana, Cris, Mel, Ana, Osti, Helena, Adriano, Marta, pelo seu companheirismo e bom humor; aos professores de botânica Paulo Brack e João André Jarenkow, e a aos colegas de curso e estudantes de botânica, Martin Grings, Lucas Milanesi, Anderson Mello e Robberson Setubal pela identificação das plantas, e também a todos colegas e amigos que sempre me incentivaram e ajudaram no decorrer do Curso; às lindas flores, tanto as do mato como as muitas que convivi em sala de aula, por embelezarem minha vida durante os últimos 4 anos; ao setor de cavalaria da UFRGS, pela segurança oferecida nas saídas a campo; à FAPERGS, pela bolsa concedida. A todos vocês, e àqueles que porventura eu tenha esquecido nessa correria, um sincero “muito obrigado!”.

INTRODUÇÃO GERAL:

O estudo da biodiversidade tem se tornado um aspecto crítico no atual cenário mundial de degradação de áreas naturais, sendo um de seus principais objetivos a escolha de áreas mais propícias para a conservação. O Morro Santana, localizado na área urbana dos municípios de Porto Alegre e Viamão, possui amplas áreas de florestas e campos naturais relativamente protegidas da ação antrópica (Mohr, 1995). É uma formação granítica, com extensão de aproximadamente 900 hectares, e altitude de 314m, sendo o ponto culminante de Porto Alegre. O Morro Santana pode ser considerado um ecótono, pois sua vegetação sofre a influência de diversas formações vegetais ocorrentes no Estado (Brack P., não public.), estando em vias de se tornar uma Unidade de Conservação. Por sua proximidade com o centro urbano e suas condições de preservação, tem sido utilizado como local de estudos para diversas áreas de pesquisa, como por exemplo: Potter & Backes, 1985; Aguiar et al., 1986; Rodrigues, 1989, Forneck, 2001; Brack P., não public.), porém poucos sobre insetos em geral (Oliveira, 1983; Ferreira, 1983), e nenhum sobre artrópodos galhadores. Além disso, trabalhos locais acerca deste grupo na literatura são escassos (Mendonça & Romanowski 2002), embora existam grupos de pesquisa em outras regiões do país. Afora registros históricos de coletas de galhas realizadas no Rio Grande do Sul por Tavares (1909), quaisquer trabalhos aqui realizados representam novidade científica.

Galhas são protuberâncias que podem ser encontradas em plantas, formadas pelo crescimento anormal do tecido parenquimático vegetal provocado por um amplo espectro de organismos, como insetos, nematóides, fungos, bactérias ou vírus (Redfern & Askew, 1992). Dentre os artrópodos galhadores mais comuns estão representados insetos das ordens Hymenoptera, Diptera, Hemiptera e Coleoptera (Herrera & Pellmyr 2002), além de ácaros da família Eryophidae. Para formação da galha, os galhadores induzem alterações fisiológicas que levam ao aumento da biomassa da galha, através da hipertrofia (aumento do tamanho das células) e hiperplasia (aumento do número de células por divisão das mesmas) (Rohfritsch 1992), cujos mecanismos moleculares

continuam desconhecidos (Stone & Schönrogge 2003). Os artrópodos galhadores ocupam a galha até atingirem o estágio de pupa ou a forma adulta, se alimentando dos tecidos modificados da galhas que passam a concentrar nutrientes (Price et al. 1987). Por todas estas características, estão entre os herbívoros mais especializados, já que se alimentam de tecidos de alta qualidade nutricional, enquanto protegidos de inimigos naturais e fatores abióticos desfavoráveis (Gonçalves-Alvim & Fernandes, 2001).

Esta dissertação de bacharelado se constitui em um artigo científico encaminhado para a revista *Austral Ecology*, o qual segue as regras de publicação da revista, exceto pela manutenção da língua portuguesa, visando facilitar o entendimento de quaisquer interessados em consultar o presente trabalho.

BIBLIOGRAFIA:

- Aguiar L.W., Martau L., Soares Z.F., Bueno O.L., Mariath J.E., Klein R.M. (1986) Estudo preliminar da flora e vegetação de morros graníticos da região da Grande Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia*, sér bot., 34, 3-38
- Brack P. (não-public.) Um estudo para a preservacao da flora do Morro Santana em Porto Alegre. 49 p.
- Ferreira H.B. (1983) Flutuações numéricas em anéis miméticos de papilionídeos. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências (monografia de bacharelado).
- Forneck, E.D. (2001). Biótopos naturais florestais nas nascentes do arroio Dilúvio (Porto Alegre, RS): caracterização por vegetação e avifauna. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Curso de Pós-Graduação em Ecologia, dissertação de mestrado. 100 p.
- Gonçalves-Alvim S.J. & Fernandes, G.W. (2001) Biodiversity of galling insects: historical, community and habitat effects in four neotropical savannas. *Biodiversity and Conservation* 10, 79-98

- Herrera H. & Pellmyr O. (2002) *Plant Animal Interactions*. Blackwell Publishing, Malden, USA
- Mendonça, M. de S., Jr. & Romanowski, H.P. (2002) Life history of the gall-maker *Eugeniomya dispar* Maia, Mendonça-JR & Romanowski, 1996 (Diptera, Cecidomyiidae). *Brazilian Journal of Biology* 62, 277-283
- Mohr, F.V. & Porto, M.L. (1995) Zoneamento da vegetação da reserva ecológica do Morro Santana, Porto Alegre, RS : aplicabilidade de geoprocessamento e bases fitossociológicas. In: Primeiras Jornadas Científicas sobre Medio Ambiente (nov. 1995 : Montevideo). Libro de resúmenes, Montevideo, [1]f.
- Oliveira, D.L. (1983) Tamanho efetivo das populações de *Heliconius erato phyllis* e possibilidade de seleção e deriva. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências (monografia de bacharelado).
- Potter K. & Backes, A. (1985) Orquídeas nativas dos morros graníticos da Grande Porto Alegre. *comun. Mus. Ci. PUCRS, sér. bot.*, 38, 129-138
- Price P.W., Fernandes G.W., Waring G.L. (1987) Adaptive nature of insect galls. *Environ. Entomol.*, 16, 15-24
- Redfern M. & Askew R.R. (1992) Plant galls. The Richmond Publishing Slough, UK
- Rodrigues, C.L.M. (1989) Myxomycetes do Morro Santana. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Curso de Pós-Graduação em Botânica (dissertação de mestrado).
- Rohfritsch O. (1992) Patterns in gall development. In: J.D. Shorthouse & O. Rohfritsch (eds.), *Biology of insect-induced galls*. Oxford University Press, Oxford, UK, 60-86
- Stone G.N. & Schönrogge K. (2003) The adaptive significance of insect gall morphology. *Trends in Ecology and Evolution* 18, 512-522
- Tavares J.S. (1909) Contributio prima ad congitionem cecidologiae Braziliae. *Brotéria, série Zoológica*, 8, 5-37

REGRAS DE PUBLICAÇÃO:

Austral Ecology

A journal of Ecology in the Southern Hemisphere

Style

The journal uses UK spelling and authors should therefore follow the latest edition of the Concise Oxford Dictionary. All measurements must be given in SI units as outlined in the latest edition of Units, Symbols and Abbreviations: A Guide for Medical and Scientific Editors and Authors (Royal Society of Medicine Press, London).

Abbreviations should be used sparingly and only where they ease the reader's task by reducing repetition of long, technical terms. Initially use the word in full, followed by the abbreviation in parentheses. Thereafter use the abbreviation. At the first mention of a chemical substance, give the generic name only. Trade names should not be used.

Parts of the manuscript

Manuscripts should be presented in the following order: (i) title page, (ii) abstract and keywords, (iii) text, (iv) acknowledgements, (v) references, (vi) tables (each table complete with title and footnotes) and (vii) figures with figure legends.

Footnotes to the text are not allowed and any such material should be incorporated into the text as parenthetical matter.

Title page

The title page should contain: (i) the title of the paper; (ii) the full names of the authors; (iii) the addresses of the institutions at which the work was carried out, as well as the present address of any author if different from that where the work was carried out; and (iv) the full postal and email address, plus facsimile and telephone numbers, of the author to whom correspondence about the manuscript, proofs and requests for offprints should be sent.

The title should be short, informative and contain the major key words. A short running title (less than 40 characters, including spaces) should also be provided.

Abstract and keywords

Articles must have an abstract that states in 300 words or less the purpose, basic procedures, main findings and principal conclusions of the study. The abstract should not contain abbreviations or references. The names of organisms used should be given. Five key words should be supplied below the abstract for the purposes of indexing.

Text

Authors should use the following subheadings to divide the sections of their manuscript: Introduction, Methods, Results, Discussion, Acknowledgements, References.

Introduction: This section should include sufficient background information to set the work in context. The aims of the manuscript should be clearly stated. The introduction should not contain either findings or conclusions.

Methods: This should be concise but provide sufficient detail to allow the work to be repeated by others.

Results: Results should be presented in a logical sequence in the text, tables and figures; repetitive presentation of the same data in different forms should be avoided. The results should not contain material appropriate to the Discussion.

Discussion: This should consider the results in relation to any hypotheses advanced in the Introduction and place the study in the context of other work. Only in exceptional cases should the Results and Discussion sections be combined.

Species nomenclature

When the generic or specific name of the major study organism(s) is first used, the taxonomic family or affiliation should also be mentioned, both in the abstract and in the body of the text.

Acknowledgements

The source of financial grants and other funding should be acknowledged, including a frank declaration of the authors' industrial links and affiliations. The contribution of colleagues or institutions should also be acknowledged.

Upon its first use in the title, abstract and text, the common name of a species should be followed by the scientific name (genus and species) in parentheses. However, for well known species, the scientific name may be omitted from the article title. If no common name exists in English, the scientific name should be used only.

References

The Harvard (author, date) system of referencing is used. Consult a recent issue of the journal for the referencing format.

Personal communications, unpublished data and publications from informal meetings are not to be listed in the reference list but should be listed in full in the text (e.g. A. Smith, unpublished data, 2000).

Tables

Tables should be self-contained and complement, but not duplicate, information contained in the text. Tables should be numbered consecutively in Arabic numerals. Each table should be presented on a separate sheet of A4 paper with a comprehensive but concise legend above the table. Tables should be double-spaced and vertical lines should not be used to separate columns. Column headings should be brief, with units of measurement in parentheses; all abbreviations should be defined in footnotes. Footnote symbols: †, ‡, §, , should be used (in that order) and *, **, *** should be reserved for P values. The table and its legend/footnotes should be understandable without reference to the text.

Figures

All illustrations (line drawings and photographs) are classified as figures. Figures should be cited in consecutive order in the text. Each figure should be labeled on the back in very soft marker or chinagraph pencil, indicating name of author(s), figure number and orientation. Do not use an adhesive label. Figures should be sized to fit within the column (78 mm), intermediate (118 mm) or the full text width (165 mm).

Line figures should be supplied as sharp, black and white graphs or diagrams, drawn professionally or with a computer graphics package; lettering should be included.

Photographs should be supplied as sharp, glossy black and white photographic prints and must be unmounted. Individual photographs forming a composite figure should be of equal contrast, to facilitate printing, and should be accurately squared. Photographs need to be cropped sufficiently to prevent the subject being recognized, or an eye bar used; otherwise, written permission to publish must be obtained. Magnifications should be indicated using a scale bar on the illustration.

If supplied electronically, graphics should be supplied as high resolution (at least 300 d.p.i. at the final size) files, saved in .eps or .tif format. A high-resolution print-out must also be provided. Digital images supplied only as lower solution print-outs cannot be used.

Figure legends

Legends should be self-explanatory and should incorporate definitions of any symbols used. All abbreviations and units of measurement should be explained so that the figure and its legend is understandable without reference to the text. (Provide a letter stating copyright authorization if figures have been reproduced from another source.)

**DIVERSIDADE DE ARTRÓPODOS GALHADORES E PLANTAS
HOSPEDEIRAS NOS NEOTRÓPICOS: FLORESTAS
SUBTROPICAIS NO MORRO SANTANA, PORTO ALEGRE, RS –
BRASIL.**

Ricardo Vieira Dalbem

Milton de Souza Mendonça, Jr.

Título abreviado: Artrópodos galhadores no Morro Santana

Laboratório de Bioecologia de Insetos, Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências,
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Endereço para correspondência: Campus do Vale UFRGS - Avenida Bento Gonçalves 9500, Bloco
IV, Prédio 43435, Laboratório de Bio-ecologia de Insetos - Porto Alegre, RS, Brasil - CEP 91501-970

E-mail: ricardo.dalbem@gmail.com

Fone: +55 (51) 33167702

Fax: +55 (51) 33167696

RESUMO

Muitas hipóteses têm sido propostas para explicar os padrões de diversidade de insetos galhadores, porém existem evidências contraditórias quanto aos principais processos ecológicos e evolutivos responsáveis por estes padrões. Além disso, questões como a sazonalidade dos artrópodos, a suficiência amostral e o aprendizado dos amostradores têm sido praticamente ignorados. Este estudo registra artrópodos galhadores enquanto dedica maior atenção a estas questões. Amostragens sazonais de artrópodos galhadores (insetos e ácaros) e de suas plantas hospedeiras foram realizadas em áreas de mata pluvial subtropical no sul do Brasil. Adicionalmente testou-se a hipótese de que a riqueza de plantas determina a riqueza de galhadores. Quatro transectos foram amostrados duas vezes por estação, com uma equipe de duas pessoas verificando ativamente a vegetação em busca de galhas durante 1h30min. Após 96 horas.pessoa de amostragem, 130 morfotipos de galhas foram encontrados com a proporção de galhadores de diferentes grupos taxonômicos reforçando o padrão conhecido na região Neotropical, sendo a maioria Cecidomyiidae. Uma análise a respeito do número de galhas e de morfotipos encontrados por transecto demonstrou que a experiência dos amostradores influencia os resultados sobre riqueza de galhadores e a interpretação dos dados relativos a sazonalidade. A riqueza de artrópodos galhadores demonstrou estar ligada à riqueza de plantas. Nossos resultados sugerem que se deve dar mais atenção à experiência dos amostradores e aos padrões de sazonalidade de diferentes espécies, pelo menos em áreas tropicais/subtropicais. Apesar da suficiência amostral não ter sido atingida, a heterogeneidade de fauna em escalas espaciais pequenas se mostrou considerável: apesar da proximidade entre os locais amostrados (as trilhas não distam mais do que 500m entre elas), estes mostraram possuir faunas específicas. Este trabalho adiciona a literatura registros sugerindo que tanto a riqueza florística quanto a composição específica da vegetação têm forte influência sobre a riqueza de galhadores, pelo menos em escalas locais.

Palavras-chave: Cecidomyiidae, hipótese da riqueza de plantas, morfotipos, heterogeneidade de ambientes, sazonalidade

INTRODUÇÃO

Estudos sobre diversidade de fauna em qualquer nível espacial são essenciais para estratégias conservacionistas assim como na detecção de padrões ecológicos. Análises rigorosas destes padrões contribuem substancialmente no sentido de identificar os mecanismos ecológicos subjacentes à biodiversidade (Ricklefs 1987; Cornell & Lawton 1992; Huston 1999). Grande parte da biodiversidade mundial é composta de insetos, sendo que os galhadores são em geral pouco estudados e conhecidos (Cuevas-Reyes et al. 2004). Apesar disso, eles possuem várias vantagens no seu estudo: esta guilda é composta de organismos de diferentes grupos taxonômicos, a galha é uma estrutura perene e conspícua, e as espécies galhadoras podem ser facilmente individualizadas a partir de diferenças nas plantas hospedeiras, nos órgãos galhados e na morfologia geral das galhas (Veldtman & McGeoch, 2003).

Muitos esforços têm sido feitos na tentativa de identificar os padrões envolvidos na diversidade de galhadores, entretanto todas as hipóteses propostas têm evidências tanto a favor como contrárias. Alguns estudos mostram que a diversidade de galhadores está ligada à diversidade da vegetação, pois a presença de um maior número de plantas em um dado ambiente representaria uma maior disponibilidade de nichos potenciais para serem explorados (Wright & Samways 1998; Blanche 2000; Cuevas-Reyes et al. 2004), enquanto outros não mostram ligação entre essas variáveis (Fernandes & Price 1988; Blanche 2000; Cuevas-Reyes et al. 2003). Estes últimos argumentam que esta correlação é mais complexa: a presença de certos grupos de plantas ocasiona diferentes efeitos sobre a riqueza de galhadores em comparação com outros. Várias outras hipóteses têm sido consideradas, como a do estresse higrotérmico (Fernandes & Price 1988; Fernandes & Price 1992; Lara & Fernandes 1996), a da complexidade estrutural das plantas hospedeiras (Fernandes & Price 1988), variação latitudinal/altitudinal (Fernandes & Price 1988, Fernandes & Lara 1993; Fernandes & Price 1998),

fertilidade do solo (Blanche & Westoby 1995; Cuevas-Reyes et al. 2003), entre outras. Mendonça (2001) propõe uma hipótese alternativa, sugerindo que a riqueza de galhadores é maior em locais onde o brotamento das plantas é sincronizada, facilitando a troca entre hospedeiros, e conseqüentemente, a especiação.

Além de todas as controvérsias quanto aos mecanismos envolvidos na diversidade de galhadores encontrados em diferentes estudos, estes às vezes tornam-se de difícil comparação, pois empregam metodologias diferentes. O método mais utilizado por grupos de pesquisa ao redor do mundo é aquele que visa minimizar o efeito da densidade de plantas entre tipos vegetacionais distintos na riqueza de galhadores, fazendo amostragens que consistem em verificar um número fixo de plantas (Price & Fernandes 1988; Price & Fernandes 1998; Wright & Samways 1998; Veldtman & McGeoch 2003). Outros consistem em fazer amostragens em áreas fixas e então compará-las (Blanche 2000; Cuevas-Reyes et al 2003; Cuevas-Reyes et al 2004). As amostragens em transecções padronizadas por tempo repetidas sazonalmente (Mendonça no prelo a; Mendonça no prelo b) são novidade nos trabalhos de pesquisa desta guilda, visando ampliar o tamanho das áreas locais amostradas e assim reduzir a interferência de fatores como heterogeneidade na riqueza florística, além de possibilitar análises mais finas de suficiência amostral e sazonalidade das faunas.

Price et al. (1998), ao conduzirem uma análise em caráter global sobre a riqueza de galhadores, utilizaram a amostragem padronizada por número de indivíduos de plantas verificados, além de investigarem alguns outros fatores que podem estar envolvidos nesta, incluindo a experiência dos amostradores. Mesmo esta mostrando ter algum efeito, os autores resolveram desconsiderá-la em suas análises globais.

O presente estudo visou inventariar a fauna de artrópodos (insetos e ácaros) galhadores no Morro Santana, uma área relativamente bem conservada dentro do perímetro urbano de Porto Alegre. Dentre os objetivos estavam arrecadar dados a respeito da diversidade de galhadores, assim como da sua flora hospedeira, empregando uma metodologia de repetidas transecções fixas padronizadas por

tempo. A hipótese da riqueza de plantas determinar a riqueza de galhadores foi testada. Também foi realizada uma análise sobre a possibilidade do aprendizado dos amostradores influir na amostragem de galhadores.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo:

As saídas foram realizadas na encosta sul do Morro Santana ($30^{\circ}04'S$ $51^{\circ}07'W$), em 4 trilhas em áreas de mata próximas ao Campus do Vale da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre. O Morro Santana representa um dos mais preservados ambientes remanescentes de Porto Alegre, sofrendo influências de diversos tipos vegetacionais, entre os quais se destacam a Floresta Estacional e a Mata Atlântica, estando em vias de se tornar uma Unidade de Conservação. Foram realizadas ao todo 32 saídas, sendo 8 por trilha, divididas sazonalmente (2 saídas/trilha/estação) de setembro de 2003 a agosto de 2004. As trilhas foram denominadas baixa, média, alta1 e alta2, em função da sua altitude (apesar da altitude não variar mais que 50 metros entre elas). A vegetação da trilha baixa é constituída por uma mata em avançado estado de regeneração, com muitos indivíduos de grande porte e um sub-bosque. A trilha média se localiza próxima à baixa, e é um trecho em estado intermediário, com uma grande presença de arbustos e árvores de pequeno a médio porte, além de alguns indivíduos de *Eucalyptus spp.* exóticos. As trilhas alta1 e alta2 são matas altas, semelhantes à mata da trilha baixa; podem ser classificadas como selva higrófila (Rambo 1956), ou como florestas pluviais subtropicais, com grande influência tropical (BRACK, P., resultados não-publicados).

Amostragem e triagem do material:

As amostragens começaram na primavera e terminaram no inverno. As trilhas foram percorridas durante 1h30min por dois amostradores, que verificaram ativamente a vegetação em busca de galhas.

As galhas e ramos de suas plantas hospedeiras foram coletados quando necessário para identificação, individualizados em sacos plásticos, sendo em seguida trazidos para o laboratório.

As espécies de galhadores são identificadas utilizando morfotipos (ou morfoespécies) segundo características morfológicas das galhas (interna e externamente) e galhadores, de acordo com o padrão de especificidade dos galhadores utilizados em outros trabalhos: cada espécie de galhador é considerada específica para uma planta hospedeira, logo, duas galhas muito semelhantes em plantas diferentes são consideradas de diferentes espécies. Sempre que encontradas em campo, o número de indivíduos de plantas galhadas por determinado morfotipo foi anotado, constituindo o valor de abundância. As galhas coletadas tiveram suas características morfológicas externas observadas, e então foram abertas com lâminas de barbear para observação de sua estrutura interna no estereomicroscópio. Os galhadores e seus parasitóides, quando presentes, também foram observados e suas características morfológicas também foram utilizadas na caracterização dos morfotipos. Foram feitas fotografias digitais das galhas (interna e externamente), galhadores e parasitóides para composição de um banco de imagens de referência. As galhas, larvas, pupas e adultos dos galhadores foram então armazenados separadamente em potes de vidro com etanol 70° GL em uma coleção própria no Laboratório de Bio-Ecologia de Insetos, UFRGS.

Adicionalmente, foram feitas saídas com o auxílio de botânicos, que percorreram cada trilha observando as espécies de plantas vasculares existentes, visando quantificar a riqueza de espécies das mesmas. Aquelas que não puderam ser identificadas *in situ* foram trazidas ao laboratório para serem identificadas pelo menos até o nível de família. Espécimes testemunho destas e das plantas galhadas foram depositadas em coleção própria no laboratório acima citado.

Análise dos dados:

A composição faunística dos galhadores presentes no Morro Santana foi comparada com aquela já amostrada em outras regiões do estado, visando identificar a proporção de espécies exclusivas. A

relação entre riqueza e abundância de galhadores foi analisada através de regressão. Também foram calculadas as frequências relativas de ocorrência dos táxons de galhadores e a frequência de morfotipos nas famílias de plantas hospedeiras.

Uma curva do coletor foi construída utilizando os dados reais obtidos em campo, e então comparada com o esperado utilizando o índice Mao Tau, calculado através do programa EstimateS 7.5 (Colwell 2005). Também foram construídas curvas utilizando o referido índice e estimadores analíticos da riqueza de espécies.

Foi feita uma MANOVA a dois critérios com repetições visando identificar diferenças na riqueza e abundância entre as trilhas e estações, utilizando o programa SPSS 10.0 (Norusis 2000). As diferenças detectadas foram então submetidas a um teste Tukey para verificar quais trilhas ou estações diferem entre si. Para verificar o efeito do aprendizado dos amostradores na amostragem, foram feitas duas correlações: uma para a riqueza e outra para a abundância de galhadores, em relação à ordem de amostragens em cada trilha e ocasião.

Foram construídas curvas de distribuição de abundância para os morfotipos encontrados. Adicionalmente, foram construídas curvas de distribuição de abundância para cada trilha e cada estação.

O índice de similaridade de Jaccard entre as trilhas e entre as estações foi obtido e a partir dessas matrizes dendrogramas de similaridade foram construídos. Para verificar a significância destas relações de similaridade, os dados foram submetidos a dois testes ANOSIM, utilizando o programa PAST 1.32 (Hammer et al. 2001), com valores de significância com correção de Bonferroni para testes múltiplos.

A proporção de espécies de galhadores por espécie de planta hospedeira foi obtida. A riqueza total de artrópodos galhadores em cada trilha, a riqueza média por saída e o número de plantas hospedeiras foram analisados por regressão em relação ao número de espécies de plantas. A frequência de espécies de plantas atacadas por galhadores em cada trilha em relação ao número total de espécies

de plantas foi calculada e um teste G foi utilizado para verificar a existência de diferenças significativas entre estes valores.

RESULTADOS

Diversidade e caracterização dos grupos de galhadores e de plantas hospedeiras.

Em um total de 1334 registros de plantas com galhas, foram encontrados 130 morfotipos de artrópodos galhadores nas 4 trilhas amostradas no Morro Santana após um esforço amostral de 96 horas.pessoas. Setenta e dois (55%) desses morfotipos não foram encontrados em nenhuma outra área do Estado pelo nosso grupo de trabalho durante cerca de 4 anos, até o presente momento. Este galhadores utilizaram 84 espécies de plantas hospedeiras.

A fauna de galhadores é dominada por dípteros da família Cecidomyiidae (41.5%), seguido de dípteros que não puderam ser identificados até o nível de família (10%), podendo alguns destes ser Cecidomyiidae. Uma grande parcela desta fauna continua desconhecida (40%), já que várias das galhas observadas encontravam-se vazias. Também foram encontradas pequenas proporções de larvas holometábolos não identificadas (2.3%), Lepidoptera (2.3%), coleópteros da família Curculionidae (1,5%) e ácaros da família Eryophidae (2.3%). As galhas foram encontradas em 34 famílias de plantas hospedeiras, sendo que a família com maior número de morfotipos foi Myrtaceae, seguida por Sapindaceae e Fabaceae (Figura 1). A planta hospedeira com maior número de morfotipos foi *Guapira opposita* (Nyctaginaceae), com 7 diferentes morfotipos.

A relação entre riqueza de espécies de galhadores e a abundância dos galhadores em cada amostragem foi positiva e altamente significativa, embora de intensidade moderadamente fraca ($F_{1, 30} = 16,93$; $p < 0.0003$; $r^2 = 0,3607$; $y = 0,1357x + 12,655$).

Curva do coletor e suficiência amostral

A curva do coletor obtida em campo se aproximou bastante daquela esperada pelo índice Mao Tau (Figura 2), não saindo dos limites do intervalo de confiança de 95%. Os estimadores de riqueza utilizados variaram entre 152 espécies (Bootstrap) até 220 (Chao 1) (Figura 2). O estimador mais confiável parece ser a curva de Michaelis Menten (MMMeans), por ter apresentado a maior estabilização na sua curva; este indica a presença de 155 espécies de galhadores na área, o que sugere que 84% das espécies presentes nas áreas foram efetivamente amostradas. As curvas do coletor observadas para cada trilha também não se afastaram do intervalo de confiança (dados não apresentados).

Padrões espaço temporais e efeito do aprendizado:

A MANOVA detectou que tanto entre as trilhas (Pillai's trace, $F_{6,32} = 7.919$, $p < 0.001$) como entre as estações ($F_{6,32} = 3.1$, $p < 0.02$) existem diferenças significativas para riqueza e abundância. A interação entre trilhas e estações não foi significativa ($F_{18,32} = 1.835$, $p = 0.065$). O teste Tukey comparando a riqueza das trilhas indica que a trilha alta1 não difere de nenhuma das demais, e que a trilha média é mais rica que as duas restantes (Figura 3a). Em relação à abundância, a trilha alta2 apresentou o menor valor, comparável apenas à trilha baixa, enquanto que a trilha alta1 apresentou o maior, seguida pela trilha média. Ao longo do período de amostragem houve um aumento tanto no número de morfotipos quanto na abundância destes (figura 3b). Há correlação entre a ordem de amostragens em cada trilha para riqueza ($r^2 = 0.319$; $p < 0.001$) e abundância ($r^2 = 0.330$; $p < 0.001$) de galhadores encontradas. A tendência observada é positiva: quanto mais saídas foram realizadas (e maior a experiência dos amostradores), maior o número de espécies e de indivíduos de plantas galhadas amostrados por saída.

Os 14 morfotipos mais abundantes (com mais de 30 registros de abundância – plantas galhadas) encontrados no Morro Santana apresentam diversos padrões sazonais de abundância, com picos ocorrendo em diferentes estações para cada morfotipo (dados não apresentados). O outono e o inverno

foram as estações onde se encontraram a maior abundância de boa parte destes morfotipos (em conformidade com o padrão crescente de abundância e riqueza mencionado acima), mas alguns deles apresentaram picos na primavera e verão. Adicionalmente, morfotipos já conhecidos para outras áreas (Mendonça, no prelo a) tiveram picos na primavera e verão.

Curva de distribuição de abundância:

Um morfotipo foi extremamente abundante, 7 morfotipos muito abundantes (entre 90 e 51 registros), 18 moderadamente abundantes (entre 50 e 11 registros) e 105 pouco abundantes (menos de 10 registros) (Figura 4). Mais da metade dos 130 morfotipos não foi encontrada em mais do que dois indivíduos de planta (duplicatas - 11,5%; uncatadas - 40%). As curvas individuais para cada trilha foram similares à curva geral, exceto a da trilha alta1, que apresentou uma relação mais extrema de poucos morfotipos abundantes e muitos de ocorrência rara (dados não apresentados). Entre as curvas para cada estação, a primavera apresentou um formato mais linear distinto das demais (dados não apresentados).

Similaridade entre trilhas e estações

A fauna de galhadores teve uma maior similaridade entre as trilhas alta1 e alta2, ao passo que a trilha média apresentou a menor similaridade com as demais (figura 5). Os valores absolutos de similaridade (índice de Jaccard) entre as trilhas se mantiveram baixos, não excedendo 0,4 (40% de espécies compartilhadas). O teste ANOSIM baseado no índice de similaridade de Jaccard mostrou que a composição faunística das trilhas é significativamente diferenciada (mean rank within: 16,13; mean rank between: 71.59; $R = 0.9245$; $p < 0.001$). O mesmo teste demonstrou que entre as estações não existem diferenças (mean rank within: 71.08; mean rank between: 57.85; $R = -0.2205$; $p = 0.989$).

Comparações entre diversidade da flora e de galhadores:

Em média, 42% das espécies de plantas encontradas em cada trilha possuíam galhas. Foi obtida uma média de 1.51 morfotipos de galhas por espécie de planta hospedeira. Dentre estas, 65% delas hospedaram apenas um morfotipo de galha, enquanto 24% delas hospedavam dois morfotipos e uma foi hospedeira de sete morfotipos. A regressão entre a riqueza da flora e a riqueza de insetos galhadores foi positiva e significativa ($F_{1,3} = 35.77$; $p = 0.027$; $r^2 = 0.947$; $y = 0.1477x + 37.62$, Figura 6), apesar do pequeno número de pontos de coleta e intervalo de dados. A regressão entre a riqueza média de galhadores por saída e riqueza da flora também foi positiva, porém o grau de correlação destes dois fatores é menor e não significativa ($F_{1,3} = 3.165$; $p = 0.217$; $r^2 = 0.6128$; $y = 0.0785x + 11.602$). A riqueza de plantas hospedeiras não apresentou relação com a riqueza de plantas total. A proporção riqueza de plantas hospedeiras / riqueza total de plantas se mostrou significativamente distinta entre as trilhas pelo teste G ($G = 11.08$; g.l. = 3; $p < 0.02$).

DISCUSSÃO

A fauna de galhadores presente no Morro Santana é diversificada e específica: apesar do elevado número de espécies encontradas, 55% delas foram localizados apenas nesta área do Estado até o presente momento. Nosso grupo de trabalho já amostrou 7 diferentes sítios, nos quais são encontrados os seguintes tipos vegetacionais: savanas, matas de restinga, floresta paludosa, campos e matas úmidas de encostas (e.g. Mendonça, no prelo a, no prelo b, e dados não publicados). Comparações com trabalhos similares são difíceis, pois empregam metodologias diferentes. Gonçalves-Alvim & Fernandes (2001), por exemplo encontraram 125 espécies de galhadores em áreas do cerrado brasileiro, porém seus transectos foram delimitados pelo número de indivíduos de plantas amostrados, cada trilha foi amostrada uma vez e as amostras se realizaram durante 6 meses apenas.

A predominância de dípteros da família Cecidomyiidae segue a tendência encontrada na região neotropical, enquanto que galhas causadas por Lepidoptera, Coleoptera e Acari são mais raras e himenópteros da família Cynipidae estão ausentes ou não são importantes (Yukawa et al. 2001). Já em

relação às famílias de plantas hospedeiras Neotropicais, nosso resultado também encontrou respaldo na literatura, pois segundo Gagné (1994), as famílias com maior número de galhas de Cecidomyiidae (69% dos galhadores encontrados no presente estudo) descritas são, em ordem decrescente: Fabaceae, Asteraceae, Euphorbiaceae, Nyctaginaceae, Myrtaceae, Rubiaceae e Solanaceae; todas estas, exceto a última, estão entre as 8 principais famílias de plantas hospedeiras encontradas no presente estudo (Solanaceae apresentou apenas um morfotipo). No Hemisfério Norte insetos galhadores são comuns especialmente em Fagaceae, Asteraceae, Rosaceae (Mani 1964) e Salicaceae (Shorthouse & Rohfritsch 1988), enquanto que Veldtman & McGeoch (2003) encontraram uma predominância em Combretaceae e Fabaceae (Mimosoidae mais especificamente) em seu estudo realizado na África do Sul. A presença de 7 diferentes morfotipos de galhas em *Guapira opposita* (Nyctaginaceae) confirma a tendência encontrada em outros trabalhos acerca da existência de algumas plantas hospedeiras de um grande número de espécies de galhadores (*superhosts*, Veldtman & McGeoch 2003; ver também Hawkins & Goeden 1984; Fernandes & Price 1988; Waring & Price 1989; Blanche 2000). A presença ou ausência de plantas com um componente de galhadores elevado têm uma influência decisiva determinando a diversidade da fauna de galhadores em nível local, dificultando o discernimento dos outros fatores envolvidos nesta questão.

A curva do coletor obtida com os dados de campo apresentou bastante consistência com aquela que seria esperada, mostrando a robustez do método de campo empregado; entretanto, as curvas ainda estão em ascendência. Logo, para se realizar um inventariamento completo da fauna de galhadores é necessário um elevado esforço amostral, mesmo após 96h de amostragens em apenas quatro trilhas conhecemos somente apenas 84% da fauna de galhadores estimada para a área. Métodos que exploram cada local apenas uma vez podem representar visões parciais da riqueza local de espécies de galhadores. Além disso, a combinação de amostragens repetidas com a morfotipagem de galhas é que leva às estimativas que nos permitem examinar a suficiência da amostragem.

Os padrões espaço temporais encontrados mostraram que tanto as estações como as trilhas diferem em respeito à riqueza e abundância de galhadores. Uma certa perturbação ambiental parece ter um efeito positivo sobre a diversidade tanto de galhadores como de plantas, pois a trilha média, em estágio intermediário de regeneração, apresentou a maior riqueza tanto palha galhadores como para plantas. Casos similares de aumento na diversidade após perturbações leves, através da diversificação de nichos, já foram documentadas para outros grupos animais (Blau 1980; Janzen 1987; Raguso & Llorente-Bousquets 1990). Em relação à variação temporal, o inverno apresentou uma maior riqueza e abundância de galhadores do que as demais estações; contudo, esta diferença se confunde com outro fator, ainda pouco estudado: a experiência dos amostradores. Price e colegas (1998) estudaram o efeito de diferentes amostradores em áreas similares, constatando que apesar de significativa, a correlação das amostras não foi tão forte quanto esperada. No presente estudo foi demonstrado que durante o andamento do mesmo houve um aumento gradual no número de espécies e na abundância de galhadores encontrados por unidade amostral; conforme a fauna se tornava mais familiar, também se tornava mais fácil a sua visualização em campo. Logo, mesmo comparações empregando métodos iguais, porém realizadas por pessoas diferentes, como a realizada por Price et al. (1998) devem ser tomadas com cautela. O elevado valor de abundância encontrado na trilha alta1 deve-se, basicamente, à elevada população de um galhador não identificado em *Eugenia schottiana* (Myrtaceae).

Nenhum motivo nos leva a crer que esta tenha sido uma variação sazonal, pois no inverno foram encontradas mais espécies de galhas do que no outono e menos na primavera do que nas demais estações, contra nossas expectativas dado o período de desenvolvimento das plantas na região subtropical (verão e primavera). Veldtman & McGeoch (2003) argumentam que fizeram suas amostragens entre março e maio para coincidir com o fim do período de crescimento e desenvolvimento dos galhadores no verão. Price et al. (2004) também trabalharam com Cynipidae e amostraram em épocas fixas do ano, nos momentos em que se sabia que havia a presença de galhas jovens e tardias (de novembro a maio – inverno e primavera). Neste caso, a biologia dos galhadores

estudados é conhecida, mas no presente estudo constatamos que há diversos padrões de sazonalidade para as diferentes espécies. A sazonalidade dos galhadores é provavelmente mais complexa em áreas tropicais ou subtropicais sem estações secas e úmidas claramente definidas (como no RS, por exemplo o multivoltino *Eugeniomya dispar*, presente desde o fim do inverno até o começo do outono, Mendonça & Romanowski, no prelo), um fator que deve ser considerado em estudos de diversidade relativos a esta guilda.

A distribuição da abundância obtida é similar àquela encontrada em outros trabalhos com invertebrados tropicais (Novotný & Basset 2000). A grande proporção de singletons e doubletons é intrigante: os autores acima concluem que a elevada presença de espécies raras em trabalhos com invertebrados de vida livre se deve à mobilidade e uma especificidade relativa dos mesmos em relação as plantas que utilizam; já os galhadores, apesar de formarem um grupo diverso e pouco conhecido, são específicos e a galha é imóvel. Estes motivos, somados ao elevado esforço amostral, nos sugerem a possibilidade de vários galhadores realmente têm populações muito baixas, e em alguns poucos casos possam ter sido encontrados nos hospedeiros errados (troca de hospedeiro). Nossas observações, contudo, não são conclusivas, pois nossas estimativas de abundância são baseadas no número de plantas galhadas e não em indivíduos galhadores.

A baixa similaridade entre as trilhas para a composição de espécies de galhadores demonstra que quando o foco é a conservação, a otimização da riqueza de espécies pode vir da preservação do maior número de microambientes (ou áreas dentro de um mesmo ambiente), pois faunas diversas e específicas podem existir mesmo em áreas próximas (i.e. existe heterogeneidade da fauna em escala espaciais pequenas). Mesmo nossas estimativas mostrando que a amostragem ainda está incompleta, acreditamos que as similaridades ainda seriam baixas após um inventariamento completo, pois subjacente às diferenças na composição de galhadores há também diferenças na composição de espécies de plantas entre as trilhas. Price et al. (2004), ao analisarem a similaridade da fauna de himenópteros galhadores da família Cynipidae em diferentes sítios utilizando uma espécie de carvalho

(*Quercus myrtifolia*: Salicaceae) concluem que, para propósitos conservacionistas, grandes reservas assim como heterogeneidade de ambientes são importantes. Em um trabalho a respeito do efeito de borda e efeitos do tamanho de manchas de floresta sobre diversidade de galhadores, foi constatado que várias pequenas manchas possuem uma riqueza maior do que poucas grandes (Julião et al., 2004). O pequeno tamanho destes animais e quantidade de recursos que eles necessitam torna possível esta abordagem, porém outros grupos provavelmente sofreriam com a escolha de conservar áreas mais diversas e menores.

A riqueza florística em cada trilha demonstrou ser um importante fator envolvido na riqueza de artrópodos galhadores nos locais estudados. O pequeno número de pontos amostrados e o curto intervalo de dados obtido nos valores de riqueza de galhadores significa que os resultados devem ser considerados com cuidado, mas estes se mostraram bastante consistentes. O fato da riqueza de galhadores total ter sido significativamente correlacionada com a riqueza de plantas, mas não a riqueza média por saída, mostra que amostragens isoladas podem falhar em detectar padrões existentes. Amostragens repetidas podem também ser uma maneira de superar este problema. Um trabalho comparando a riqueza de insetos galhadores e da vegetação na Cape Floristic Region da África do Sul demonstrou que a riqueza de plantas lenhosas possui influência importante na riqueza de insetos galhadores (Wright & Samways, 1998), enquanto que Cuevas-Reyes e colegas (2003) encontraram uma relação negativa entre a riqueza de galhadores e de plantas hospedeiras. Porém, para chegar a tal conclusão seu enfoque foi extremamente botânico: eles compararam a proporção de espécies de plantas galhadas com a riqueza total de plantas; é uma medida indireta, que pouco nos diz a respeito da riqueza total de galhadores. Com os dados obtidos no presente estudo, não obteríamos nenhuma relação caso tratássemos os dados desta forma. Uma visão mais plausível seria considerar que tanto a composição florística (Blanche & Westoby 1995, Blanche 2000) e a riqueza da vegetação, influenciem decisivamente a riqueza de galhadores. Esse efeito é acentuado em níveis locais, pois a riqueza da vegetação pode variar em pequenas escalas espaciais (ainda mais em áreas com diferentes graus de

perturbação), ao passo que variáveis como latitude, temperatura e umidade o fazem em escala maiores. A presença de um número maior de plantas em um dado local apenas aumenta a chance de existirem mais plantas suscetíveis aos galhadores, mas a ocorrência de certas famílias, gêneros ou espécies, hospedeiras de uma fauna diversificada são de fato um fator importante, com um padrão de composição de espécies influenciando a riqueza de galhadores. Uma possibilidade interessante a ser explorada é um enfoque ecofisiológico como o realizado por Price et al. (2004), buscando padrões que relacionem diversidade e a fisiologia dos organismos envolvidos. A diferente proporção de plantas hospedeiras/riqueza plantas demonstra que tipos vegetacionais também influenciam a riqueza de galhadores; aquelas trilhas com as proporções de plantas atacadas mais próximas tiveram uma maior similaridade faunística de galhadores. Logo, a flora parece ter um papel determinante na ecologia e distribuição de galhadores, mas pode não ser o fator preponderante na determinação da sua riqueza e abundância em níveis supralocais. O discernimento da influência de cada uma das variáveis envolvidas necessita de mais estudos para ser bem compreendida.

O presente estudo objetivou identificar a diversidade de galhadores e suas plantas hospedeiras dando ênfase a uma busca mais completa desta fauna em um dado local: se poderia considerar as áreas aqui amostradas como mais completamente estudadas do que o usual para artrópodes galhadores. Sugerimos que pesquisas com enfoque em amostragens repetidas podem fornecer visões faunísticas mais completas em escala local. A análise qualitativa da fauna de galhadores e sua flora associada mostrou concordância com o padrão encontrado na região Neotropical. Também corroborou as hipóteses que afirmam que a preservação de habitats diferenciados é uma boa opção para a conservação de espécies nesta guilda. Além disso, concluímos que a composição da vegetação, tanto no nível de espécie quanto de táxons mais elevados, tem um papel importante na determinação da diversidade dos galhadores em um dado local. Finalmente, foi o primeiro estudo a analisar o efeito da aprendizagem do amostrador sobre as amostragens, demonstrando que é necessária mais atenção a estes fatores ao se comparar dados oriundos de fontes diferentes.

AGRADECIMENTOS

Esta é a contribuição de nº 467 para o Departamento de Zoologia, UFRGS. À todo o pessoal do laboratório de Bio – Ecologia de Insetos, pelo seu companheirismo e bom humor; ao setor de cavalaria da UFRGS, pela segurança oferecida nas saídas a campo; aos professores Paulo Brack, João André Jarenkow e aos estudantes de Botânica Martin Grings, Robberson Setúbal, Lucas Milanesi e Anderson Mello pela identificação das plantas; à FAPERGS, pela bolsa concedida para o primeiro autor e à CAPES pela bolsa concedida ao segundo autor.

REFERÊNCIAS

- Blanche K.R. & Westoby M. (1995) Gall-forming insect diversity is linked to soil fertility via host plant taxon. *Ecology* 76(7), 2334-2337
- Blanche K. R. (2000) Diversity of insect-induced galls along a temperature-rainfall gradient in the tropical savannah region of the Northern Territory, Australia. *Austral Ecology* 25, 311-318
- Colwell R.K. (2005) EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.5. Persistent URL (purl.oclc.org/estimates)
- Cornell H.V. & Lawton J.H. (1992) Species interactions, local and regional processes, and limits to the richness of ecological communities: a theoretical perspective. *Journal of Animal Ecology* 61, 1-12
- Cuevas-Reyes P., Siebe C., Martínez-Ramos M., Oyama K. (2003) Species richness of gall-forming insects in a tropical rain forest: correlations with plant diversity and soil fertility. *Biodiversity and Conservation* 12, 411-422
- Cuevas-Reyes P., Quesada M., Hanson P., Dirzo R., Oyama K. (2004) Diversity of gall-inducing insects in a Mexican tropical dry forest: the importance of plant species richness, life-forms, host plant age and plant density. *Journal of Ecology* 92, 707-716
- Fernandes G.W. & Price P.W. (1988) Biogeographical gradients in galling species richness. Tests of hypotheses. *Oecologia* 76, 161-167
- Fernandes G.W. & Price P.W. (1992) The adaptive significance of insect gall distribution: survivorship of species in xeric and mesic habitats. *Oecologia* 90, 14-20

- Fernandes G.W. & Lara A.C.F. (1993) Diversity of Indonesian gall-forming herbivores along altitudinal gradients. *Biodiversity Lett.* 1, 186-192
- Gagné R.J. (1994) *The gall midges of the Neotropical Region*. Cornell University Press, Ithaca, New York
- Gonçalves-Alvim S.J. & Fernandes G.W. (2001) Biodiversity of galling insects: Historical, community and habitat effects in four neotropical savannas. *Biodivers. Conserv.* 10, 79-98
- Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. (2001) PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaentologia electronica* 4(1): 9pp
- Hawkins B.A. & Goeden R.D. (1984) Organization of a parasitoid community associated with a complex of galls on *Atriplex spp.* in southern California. *Ecol. Entomol.* 9, 271-292
- Huston M.A. (1999) Local processes and regional patterns: appropriate scales for understanding variation in the diversity of plants and animals. *Oikos* 86, 393-401
- Julião G.R., Amaral M.E.C., Fernandes G.W., Oliveira E.G. (2004) Edge effect and species-area relationships in the gall-forming insect fauna of natural forest patches in the Brazilian Pantanal. *Biodiversity and Conservation* 13, 2055-2066
- Lara A.C.L. & Fernandes G.W. (1996) The highest diversity of galling insects: Serra do Cipó, Brazil. *Biodiversity Lett.* 3, 111-114
- Mani M.S. (1964) *Ecology of plant galls*. Dr. W. Junk Publishers, The Hague, Netherlands.
- Mendonça, M. de S., Jr. & Romanowski, H.P. A multivoltine Neotropical gall midge: voltinism and abundance of *Eugeniomyia dispar* (Cecidomyiidae). *Biotropica*, no prelo.
- Mendonça, M. de S., Jr. Diversity of galling arthropods in the subtropical Neotropics: restinga forest and rainforests of Itapuã State Park, southern Brazil. *Journal of Tropical Biology*, no prelo a.
- Mendonça, M. de S., Jr. Diversity of galling arthropods in the subtropical Neotropics: grasslands and cillinary forests of the Southern Hills region, southern Brazil. *Diversity & Distribut.*, no prelo b.

- Mendonça, M. de S., Jr (2001) Gallling insect diversity patterns: the resource synchronization hypothesis. *Oikos* 95, 171-176.
- Norusis, M.J. (2000) *SPSS 10.0 Guide to data analysis*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Novotný & Basset (2000) Rare species in communities of tropical insect herbivores: pondering the mystery of singletons. *Oikos* 89, 564-572
- Price P.W., Fernandes G.W., Lara A.C.F., Brawn J., Barrios H., Wright M.G., Ribeiro S.P., Rothcliff N. (1998) Global patterns in local number of insect galling species. *Journal of Biogeography* 25, 581-591
- Price P.W., Abrahamson W.G., Hunter M.D., Melika G. (2004) Using gall wasp on oaks to test broad ecological concepts. *Conservation Biology* 18, 1405-1416
- Rambo B. (1956) *A fisionomia do Rio Grande do Sul*. Editora Unisinos, São Leopoldo, Brazil.
- Ricklefs R.E. (1987) Community diversity: relative roles of local and regional processes. *Science* 235, 167-171
- Shorthouse J.D. & Rohfritsch D. (1988) *Biology of insect and acarina induced galls*. Praeger, New York
- Veldtman R. & McGeoch M.A. (2003) Gall forming insect species richness along a non-scleromorphic vegetation rainfall gradient in South Africa: The importance of plant community composition. *Austral Ecology* 28 1-13
- Waring G.L. & Price P.W. (1989) Parasitoid pressure and the radiation of a gallforming group (Cecidomyiidae: *Asphondylia* spp.) on creosote bush (*Larrea tridentata*). *Oecologia* 79, 293-299
- Wright M. G. & Samways M. J. (1998) Insect species richness tracking plant species richness in a diverse flora: gall-insects in the Cape Floristic Region, South Africa *Oecologia* 115, 427-433
- Yukawa J., Tokuda M., Uechi N., Sato S. (2001) Species richness of galling arthropods in Manaus, Amazon and the surroundings of the Iguassu Falls. *Esakia* 31, 11-15

LEGENDAS DAS FIGURAS

Figura 1: Frequência relativa de ocorrência de morfotipos de galhas por família de planta hospedeira encontradas em 4 trilhas no Morro Santana, Porto Alegre, RS; as famílias que abrigaram apenas um (10 famílias) ou dois (10 famílias) morfotipos estão agrupadas em categorias separadas.

Figura 2: Curva do coletor obtida em campo (Sobs), curva esperada utilizando o índice Mao Tau, e estimadores analíticos da riqueza de espécies de artrópodes galhadores em 4 trilhas no Morro Santana, Porto Alegre, RS (estimadores calculados com o EstimateS 7.5 (Colwell 2005)).

Figura 3: (a) Riqueza e abundância média por amostragem em 4 trilhas no Morro Santana, Porto Alegre, RS. Barras verticais são erro padrão. (b) Riqueza e abundância média por amostragem em cada estação. Colunas com as mesmas letras não diferiram significativamente (após um MANOVA seguido de teste Tukey).

Figura 4: Curva de distribuição de abundância para os morfotipos de galhadores após 32 amostragens em 4 trilhas no Morro Santana, Porto Alegre, RS.

Figura 5: Similaridade das comunidades de artrópodes galhadores entre trilhas para o índice de Jaccard, ordenação por UPGMA, obtida após 32 amostragens em 4 trilhas no Morro Santana, Porto Alegre, RS.

Figura 6: Regressão entre riqueza da flora vascular e riqueza total e média (por saída) de artrópodes galhadores para 4 trilhas no Morro Santana, Porto Alegre, RS.

Figura 1:

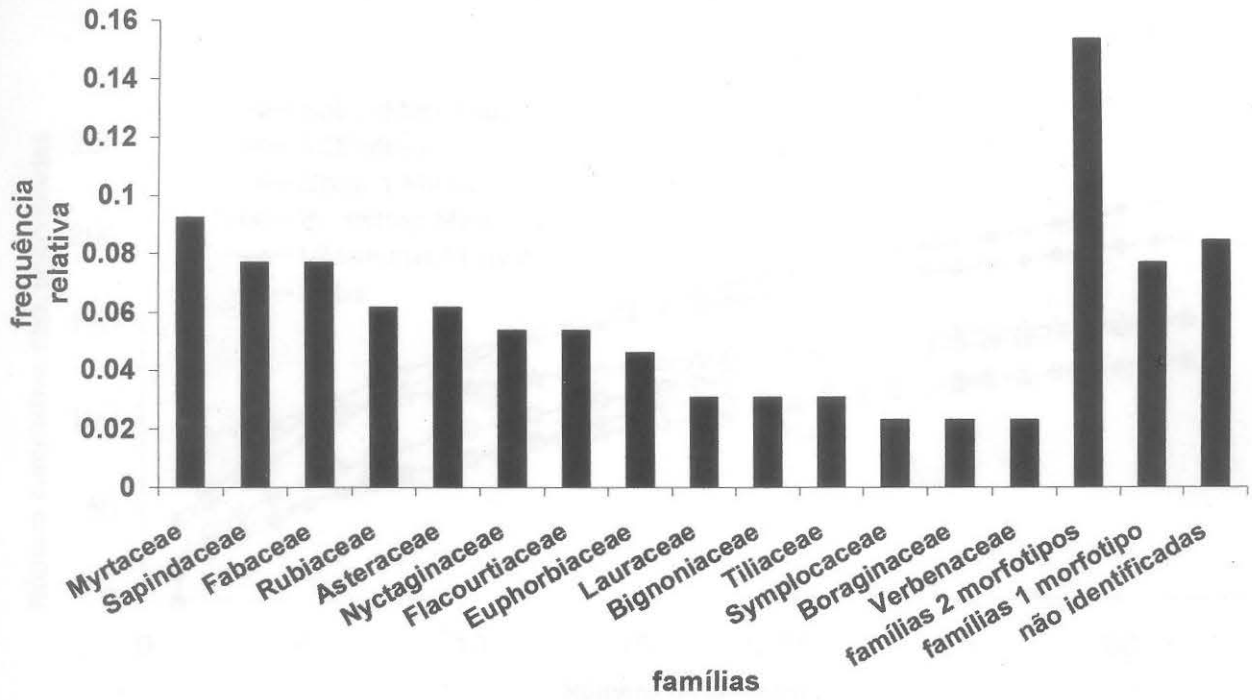


Figura 2:

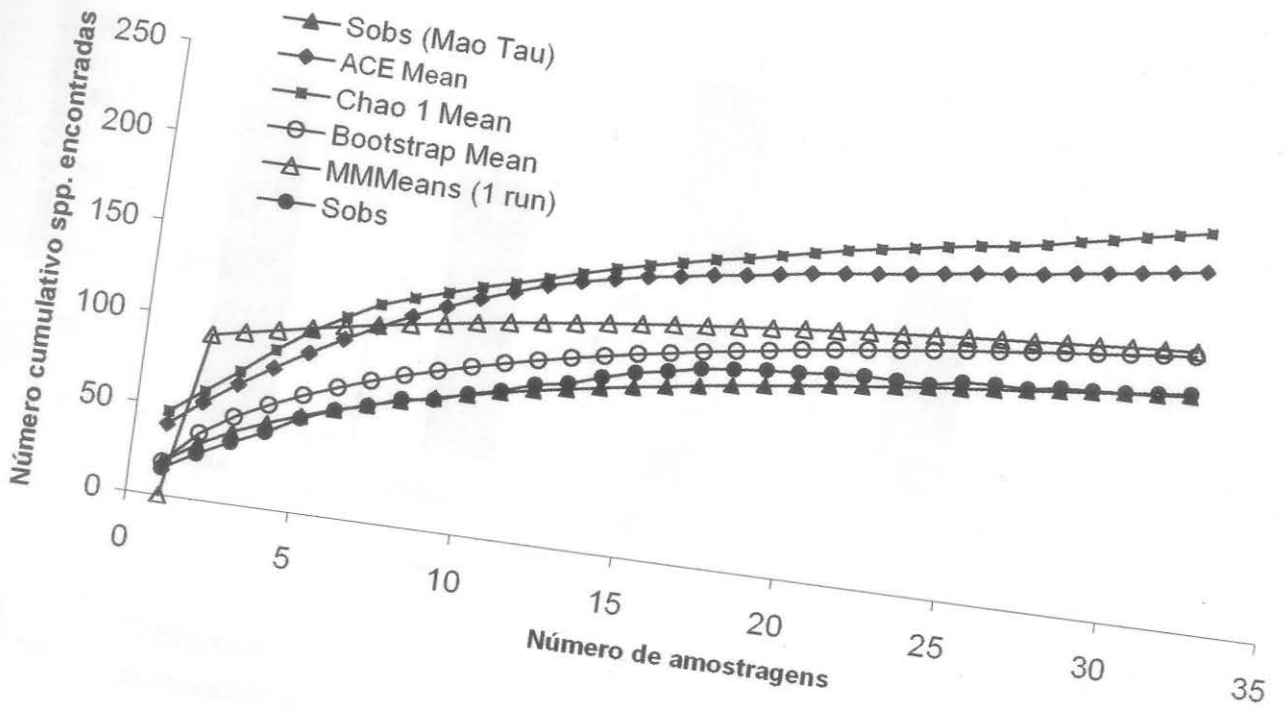


Figura 3:

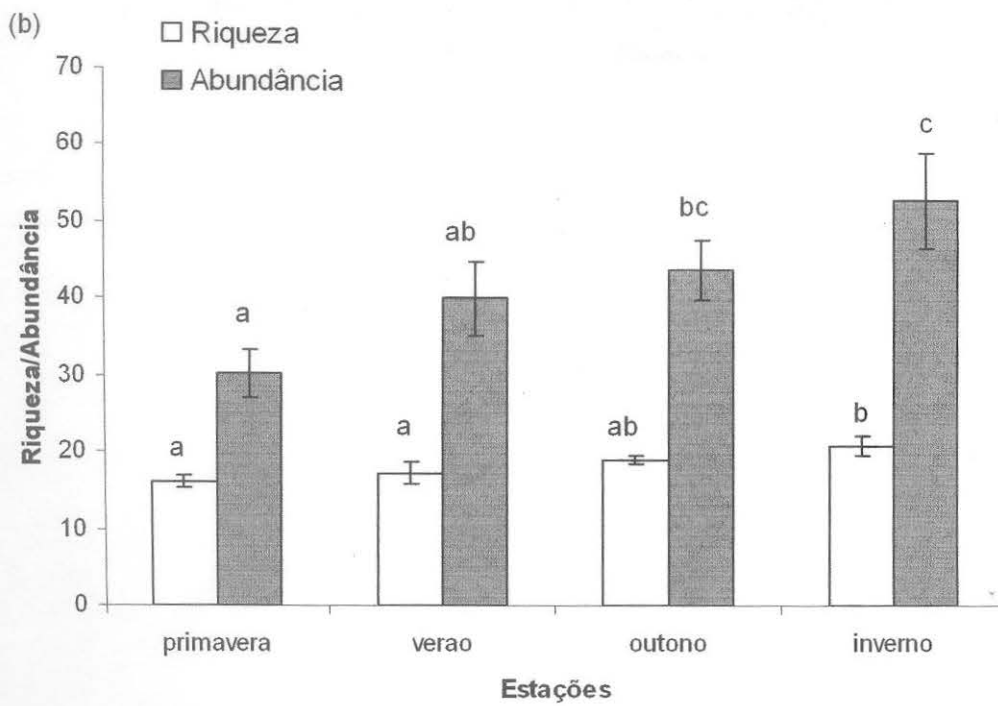
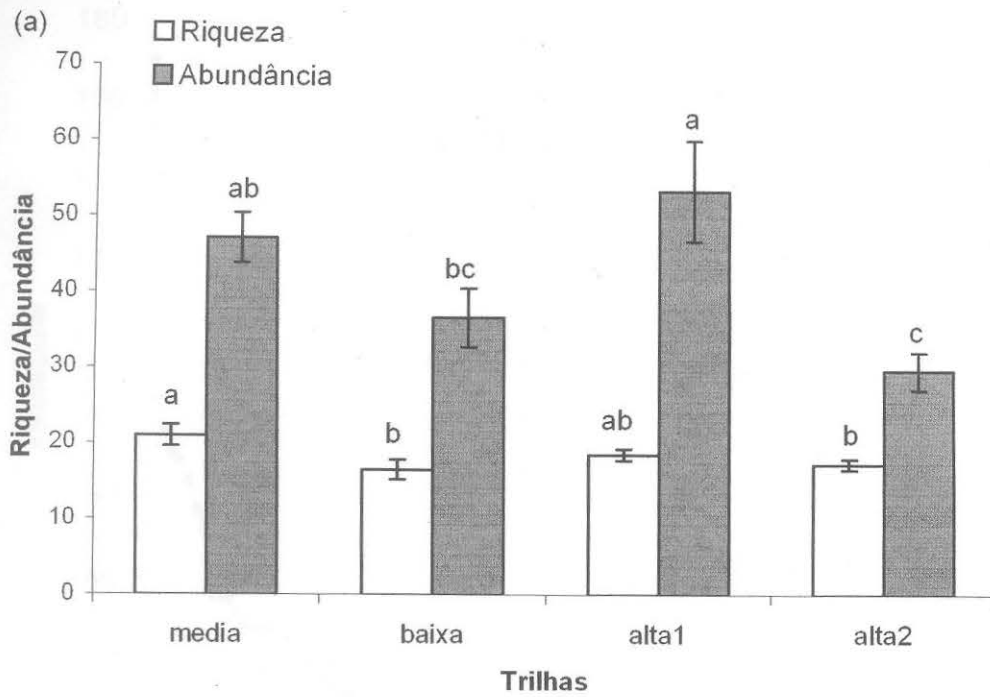


Figura 4:

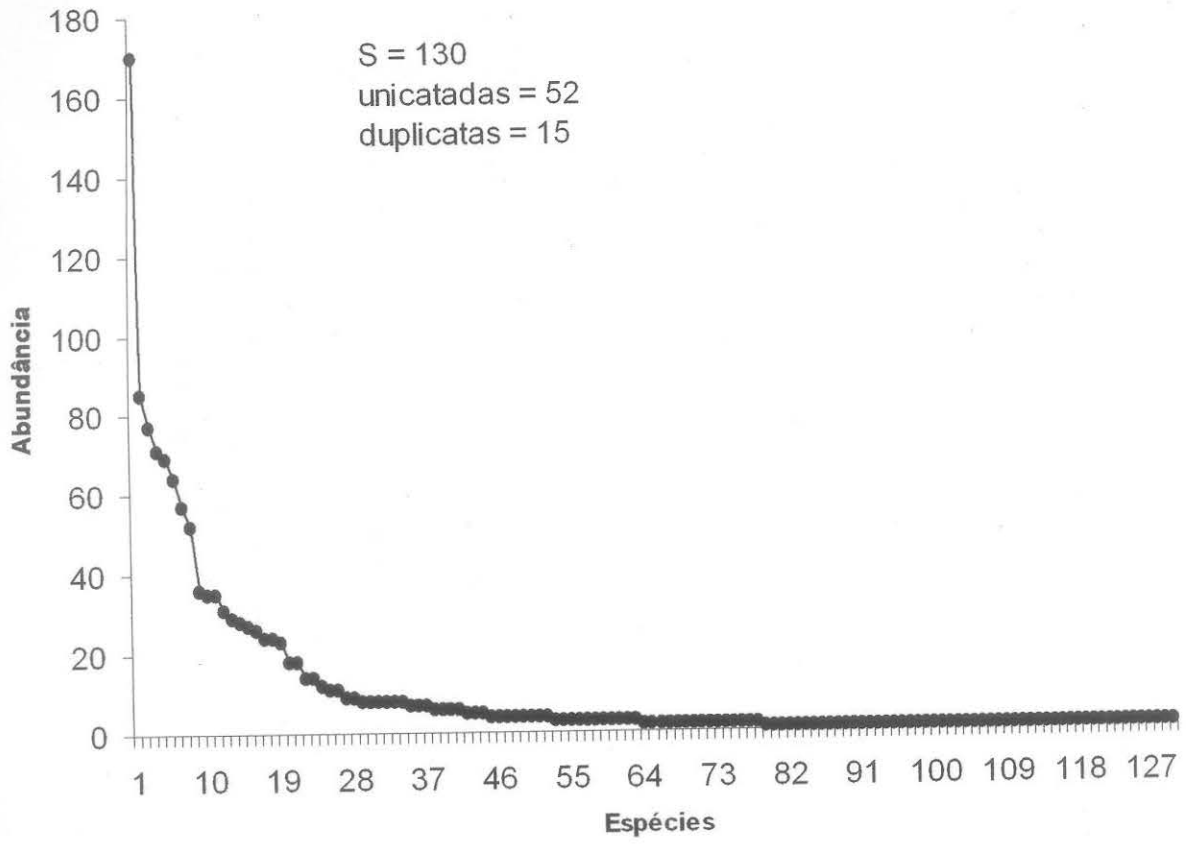


Figura 5:

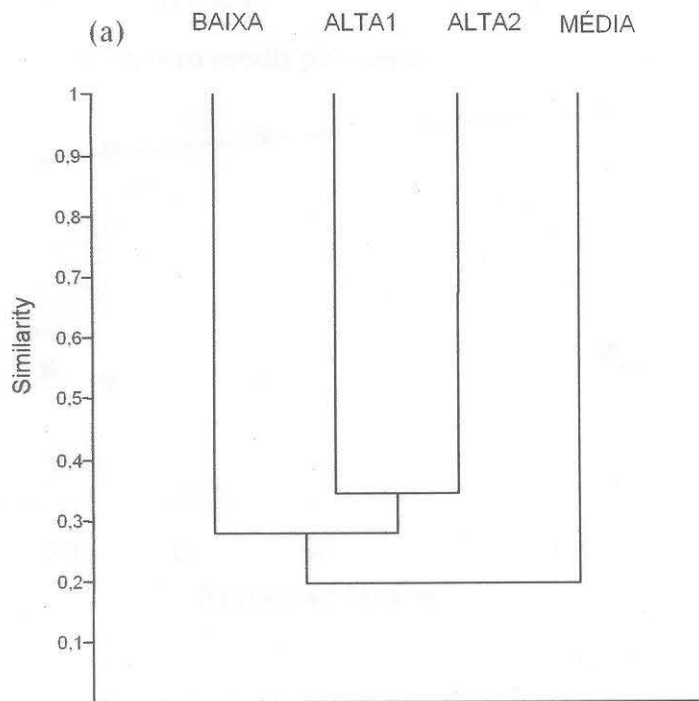


Figura 6:

