

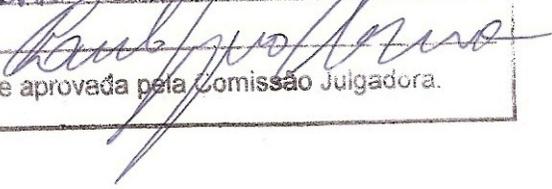
SECRETARIA
DE
PÓS-GRADUAÇÃO
I. B.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE BIOLOGIA

Danilo Germano Muniz da Silva

Composição e sazonalidade de borboletas frugívoras no cerrado,
com ênfase na relação fenológica entre *Eunica bechina*
(Nymphalidae: Biblidinae) e sua planta hospedeira *Caryocar*
brasiliense (Caryocaraceae)

Este exemplar corresponde à redação final
da tese defendida pelo(a) candidato (a)
DANILO GERMANO MUNIZ DA SILVA

e aprovada pela Comissão Julgadora.

Dissertação apresentada ao Instituto de
Biologia para obtenção do Título de
Mestre em Ecologia

Orientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio Moreira Carvalho de Oliveira

Co-Orientador: Prof. Dr. André Victor Lucci Freitas

Campinas, 2011

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DO INSTITUTO DE BIOLOGIA – UNICAMP**

Si38c	<p>Silva, Danilo Germano Muniz da Composição e sazonalidade de borboletas frugívoras no cerrado, com ênfase na relação fenológica entre <i>Eunica bechina</i> (Nymphalidae: Biblidinae) e sua planta hospedeira <i>Caryocar brasiliense</i> (Caryocaraceae) / Danilo Germano Muniz da Silva. – Campinas, SP: [s.n.], 2011.</p> <p>Orientador: Paulo Sérgio Moreira Carvalho de Oliveira, André Victor Lucci Freitas. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia.</p> <p>1. Sazonalidade. 2. Ecossistemas. 3. Ecologia das savanas. 4. Folha - Fenologia. 5. Lepidoptera. I. Oliveira, Paulo Sérgio Moreira Carvalho de, 1957-. II. Freitas, André Victor Lucci, 1971-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia. III. Título.</p>
--------------	--

Título em inglês: Composition and seasonality of fruit-feeding butterflies in the cerrado savanna, with emphasis on the phonological relationship between *Eunica bechina* (Nymphalidae: Biblidinae) and its host plant *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae).

Palavras-chave em inglês: Seasonality; Biotic communities; Savanna ecology; Leaf - Phenology; Lepidoptera.

Área de concentração: Ecologia.

Titulação: Mestre em Ecologia.

Banca examinadora: Paulo Sérgio Moreira Carvalho de Oliveira, João Vasconcellos-Neto, Ronaldo Bastos Francini.

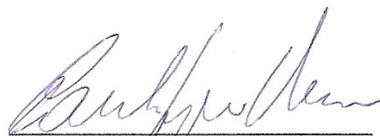
Data da defesa: 27/05/2011.

Programa de Pós-Graduação: Ecologia.

Campinas, 27 de maio de 2011

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr . Paulo Sérgio Moreira carvalho de Oliveira
(Orientador)



Assinatura

Prof. Dr. João Vasconcellos-Neto



Assinatura

Prof. Dr . Ronaldo Bastos Francini



Assinatura

Profa. Dra . Karina Lucas da Silva-Brandão

Assinatura

Prof. Dr. Marcelo Duarte da Silva

Assinatura

Mês de agosto, tempo de queimada
Vou lá prá roça preparar o aceiro
Fáisca pula que nem burro brabo
E faz estrada lá na capoeira
A terra é a mãe, isso não é segredo
O que se planta esse chão nos dá
Uma promessa a São Miguel Arcanjo
Prá mandar chuva pro milho brotar...

Passou setembro, outubro já chegou
Já vejo o milho brotando no chão
Tapando a terra feito manto verde
Prá esperança do meu coração
Mês de dezembro, vem as boas novas
A roça toda já se embonecou
Uma oração agradecendo a Deus
E comer do fruto que já maturou...

Mês de janeiro, comer milho assado
Mingau e angu no mês de fevereiro
Na palha verde enrolar pamonha
E comer cuscuz durante o ano inteiro
Quando é chegado o tempo da colheita
Quebra de milho em grande mutirão
A vida veste sua roupa nova
Prá ir pro baile lá no casarão...

Quebra de Milho

**Composição: Pedro Andrade e Manuelito
Imortalizada por Pena Branca & Xavantinho**

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, eu agradeço aos meus orientadores Professor Paulo e Professor André por tudo que me ensinaram, por toda a paciência e por terem permitido que eu fizesse este mestrado em ecologia. Ao longo do desenvolvimento da tese eu conversei muito mais vezes com o Professor André, mas os conselhos pontuais e poderosos do Professor Paulo não só foram fundamentais ao desenvolvimento do trabalho, como muito me ensinaram sobre a ecologia e o trabalho do ecólogo.

Seguindo a linha de professores, preciso agradecer a alguns docentes e amigos que mesmo não se envolvendo no desenvolvimento desta tese, ajudaram na minha formação com biólogo e pesquisador. Eu agradeço ao incrível Paulo Enrique, que me ensinou a ser um cientista, me ensinou estatística, me incentivou a ser crítico e me agüenta até hoje. Ao professor Fernando Martins, que me ensinou tanto sobre ciência e redação de trabalhos científicos, além de me apresentar o cerrado e também ao professor Benson, que muito me ensinou muito sobre evolução. Também agradeço muito aos membros da pré-banca, professores João Vasconcellos, Ronaldo Francini e Karina Lucas pelas correções e sugestões.

Eu agradeço muito especialmente à minha família, composta pelo meu pai Coca, minha mãe Gina, meu irmão Yuri, minha amada namorada Priscila e minha querida sogra Maria. Sem o apoio e a compreensão deles, tudo teria sido uma dureza inacreditável.

Registro meus agradecimentos aos meus grandes amigos Mastronelli, Mãe e Pedrinho, companheiros de curso de campo, de sofrimentos de pós-graduação, de discussões sobre a vida, o universo e tudo mais, de vídeo games e nerdices em geral.

Eu agradeço ao Danilo Ribeiro que me ajudou na identificação das borboletas, que me ensinou a trabalhar com as armadilhas, me deu dicas de como trabalhar com os dados ainda foi ao campo comigo algumas vezes. Eu agradeço aqui aos eventuais ajudantes de campo Daniela, Hélio, Ricardo, Mariana, Poliana, Johanna e Douglas. E à minha ajudante mais freqüente, minha namorada Priscila. Também agradeço ao Edu e à Clara, que me ajudaram algumas vezes e sem perceber me deram dicas importantes.

Agradeço aos meus companheiros de laboratórios Sebá, Gabi, Daniel, Mayra, Simone, Márcio, Nádia, Mariane e Cláudia pela companhia, pela ajuda e pelas dicas.

Agradeço ao Instituto Florestal de Itirapina pelo apoio logístico (leia: alojamento e cozinha) e por gentilmente ceder os dados climáticos. Agradeço também às agências de fomento FAPESP, CNPq e Proex/CAPES pelo auxílio.

Finalmente, eu agradeço aos espíritos da floresta, por toda a proteção que me foi concedida, à Atena e Hércules, à Força, e ao Monstro Voador de Espaguete (sinta seu apêndice macarrônico).

Por último eu agradeço à Unicamp. Sim, à instituição em si. Eu entrei nessa casa de malucos e transtornados com 15 anos quando me matriculei no COTUCA (o colégio técnico mantido pela universidade) e saio agora, 10 anos depois, formado programador, bacharel em biologia e mestre em ecologia. E isso é alguma coisa.

MUITO OBRIGADO!!!

ÍNDICE

Resumo	8
Abstract	10
Introdução Geral	
Sazonalidade em insetos	12
O Cerrado	14
Borboletas	15
O pequizeiro do cerrado, seus "amigos" e "inimigos"	16
Este trabalho	17
Referências	18
Capítulo I: Composição e sazonalidade da comunidade de borboletas frugívoras em uma área de cerrado <i>sensu stricto</i>	
Resumo	23
Abstract	24
Introdução	25
Material e Métodos	27
Resultados	29
Discussão	34
Anexo: Tabela 1	39
Referências	40
Capítulo II: Relação fenológica entre a borboleta <i>Eunica bechina</i> (Nymphalidae: Biblidinae) e sua planta hospedeira <i>Caryocar brasiliense</i> (Caryocaraceae) em vegetação de cerrado	
Resumo	43
Abstract	44
Introdução	45
Material e Métodos	46
Resultados	49
Discussão	52
Referências	54
Considerações Finais	56

RESUMO

Em muitos ambientes tropicais, estações chuvosas se alternam com períodos de seca. A estação seca é um período de menor disponibilidade e qualidade nutricional de folhas, sendo, portanto, um período desfavorável para insetos herbívoros e gerando as oscilações sazonais em suas populações. O cerrado é um bioma neotropical sazonal, que inclui formações de savana (cerrado *sensu stricto*), e onde o clima se caracteriza por uma estação quente e chuvosa de outubro a abril e uma fria e seca de maio a setembro. A produção de folhas novas se concentra geralmente na estação chuvosa, tornando este um período favorável para muitos insetos herbívoros tais como as borboletas. Em seu estágio larval, as borboletas são herbívoros vorazes cujas populações comumente oscilam de acordo com a disponibilidade de folhas adequadas ao desenvolvimento dos imaturos. Borboletas podem ser divididas funcionalmente em duas guildas: as que se alimentam em sua forma adulta do néctar de flores, e aquelas que se alimentam dos líquidos oriundos de frutos em decomposição, seiva de árvores, carcaças de animais e excrementos. As espécies do segundo grupo são conhecidas como borboletas frugívoras. A guilda de borboletas frugívoras tem sido amplamente utilizada em estudos de ecologia de comunidades devido à facilidade de captura usando armadilhas com iscas de fruta fermentada, e a relativa facilidade de identificação. Entretanto, poucas vezes esta comunidade foi estudada em ambientes abertos, e raramente em trabalhos envolvendo sazonalidade. Nesta dissertação exploramos a sazonalidade das borboletas frugívoras do cerrado *sensu stricto* em dois capítulos. No primeiro abordamos a composição da comunidade, suas alterações ao longo do ano bem como suas oscilações de abundância. A maior abundância de borboletas ocorreu no meio da estação chuvosa, enquanto o pico de riqueza ocorreu ao final desta estação. Satyrini foi o grupo mais abundante na estação chuvosa (principalmente

Ypthimoides manasses), enquanto na estação seca foi Biblidinae (principalmente *Hamadryas februa*). No segundo capítulo analisamos em detalhe a relação fenológica entre a borboleta *Eunica bechina* e sua planta hospedeira, o pequiheiro *Caryocar brasiliense*. Esta planta possui nectários extraflorais atrativos para formigas, que patrulham a planta e atacam as larvas de *E. bechina*. Observamos a maior ocorrência de larvas no início da estação seca, quando ocorreu a maior produção de folhas. Ovos e larvas estavam presentes em quase todos os meses de amostra, exceto no final da estação chuvosa. Propomos que este seja um período de inatividade reprodutiva na espécie, devido à baixa disponibilidade de folhas jovens.

ABSTRACT

In many tropical environments, rainy and dry seasons alternate. The dryer season has decreased leaf availability and the nutritional quality of leaves is also low - thus it is an unfavorable period for herbivorous insects and generates seasonal oscillations in their populations. The cerrado is a neotropical seasonal biome characterized by a hot/rainy and a cold/dry season. Leaf production is generally concentrated in the rainy season, which is the favorable period for herbivorous insects such as butterflies. In its larval stage, butterflies are voracious and specialized herbivores, and their populations commonly oscillate according to the availability of adequate leaves for immature feeding. Butterflies can be categorized in two functional guilds according to the food resources utilized by the adults: one group feeds on flower nectar, whereas another group of species feed on the liquids from rotting fruits, carcasses and excrements, and also plant sap. The latter group is known as fruit-feeding butterflies. Fruit-feeding butterfly guild has been widely used in studies of community ecology because they are easily captured using traps with fermented fruit, and also easily identified. Surprisingly, however, fruit-feeding butterflies have rarely been studied in seasonal, open environments. In this dissertation we investigated the seasonality of fruit-feeding butterflies in the cerrado *sensu stricto*. In the first chapter we describe the composition of the community, changes through the year, and oscillations in its abundance. The greatest abundance occurred in the mid rainy season, while richness peaked at the late rainy season. Satyrini was the most abundant group in the rainy period (mainly *Ypthimoides manasses*), whereas Biblidinae (mainly *Hamadryas februa*) was more common in the dry season. In the second chapter we analyze in detail the phenological relationship between the butterfly *Eunica bechina* and its hostplant *Caryocar brasiliense*. The larvae feed only on the young leaves of *C.brasiliense* that bear extrafloral nectaries,

which attract ants that patrol the plant and attack *E. bechina* larvae. We observed the larger occurrence of larvae in the early rainy season, when most young leaves are produced. Eggs and larvae were present at almost all sampling months, except in the late rainy season. We suggest that this is a period of reproductive inactivity in the species, due to the low availability of young leaves.

INTRODUÇÃO GERAL

Sazonalidade em insetos

Um evento é considerado sazonal se sua ocorrência, ou expressão máxima, ocorre previsivelmente em um mesmo período do ano, mesmo que não se repita em todos os anos (Wolda 1988). A maioria dos ambientes terrestres apresenta algum grau de sazonalidade ambiental, com estações favoráveis ao crescimento e reprodução dos organismos se alternando com períodos menos favoráveis (Tauber *et al.* 1986, Wolda 1988).

Em áreas temperadas, a maioria dos insetos só encontra condições adequadas ao seu crescimento e reprodução na primavera e no verão, contando com variadas adaptações para sobreviver às estações desfavoráveis (Tauber *et al.* 1986, Wolda 1988). Apesar de condições favoráveis estarem presentes para os insetos durante boa parte do verão e da primavera, a maioria das espécies só pode ser encontrada em sua fase adulta por períodos relativamente curtos. Mas a sucessão destes períodos faz com que insetos estejam presentes por toda a estação (e.g. Scott & Epstein 1987).

Durante a época favorável a atividades, uma ou poucas gerações se desenvolvem, geralmente deixando ovos, imaturos, ou adultos em diapausa que irão se reproduzir no ano seguinte. A diapausa é um mecanismo fisiológico que provoca uma diminuição marcante no crescimento e nas atividades do organismo, desencadeada a partir de pistas ambientais (Tauber *et al.* 1986).

Muitos insetos migram para locais adequados à diapausa (Tauber *et al.* 1986), como ocorre com a borboleta monarca *Danaus plexippus* (Brower 1996), enquanto outros realizam migrações para locais de crescimento e reprodução, como algumas libélulas (Odonata) (Russel *et al.* 1998). Entretanto, a migração sazonal em insetos ainda é um

fenômeno muito pouco compreendido, e pouco se sabe sobre os benefícios que suas populações obtêm através da migração (Holland *et al.* 2006).

Outra adaptação à sazonalidade presente em muitos insetos é o polifenismo sazonal. Este é um tipo de plasticidade fenotípica, no qual condições que variam sazonalmente influenciam o fenótipo de diferentes gerações em populações multivoltinas (Kingwolver & Wiernasz 1991). Exemplos clássicos foram descritos em borboletas da família Pieridae, as quais apresentam coloração mais escura nos períodos mais frios do ano como um mecanismo termo-regulatório (Kingwolver & Wiernasz 1991), ou apresentam coloração mais clara nos períodos mais secos, melhorando sua camuflagem (Vanini *et al.* 1999).

Por muito tempo acreditou-se que insetos de regiões tropicais mantivessem tamanho populacional e atividades constantes durante todo o ano, sem alterações ou adaptações à sazonalidade (Wolda 1978, Denlinger 1986). Embora isso efetivamente ocorra com algumas populações em latitudes equatoriais, como por exemplo, com a borboleta *Heliconius ethilla* (Ehrlich & Gilbert 1973), esta certamente não é a regra (Wolda 1978, Denlinger 1986).

Na maior parte da região tropical, estações chuvosas se alternam com períodos secos, ou menos chuvosos. Esta variação na precipitação gera padrões sazonais na produção de folhas, flores e frutos, que servem de recurso não apenas para insetos, mas para diversos outros grupos animais. Para um herbívoro que se alimenta apenas de folhas jovens ou para um animal que se alimente de néctar, mesmo um ambiente que varie pouco em pluviosidade pode ser altamente sazonal devido à variação na disponibilidade de seu alimento (Wolda 1988).

No caso das folhas, a produção de gemas foliares geralmente se concentra na estação chuvosa. Folhas novas são geralmente mais macias e nutritivas que folhas maduras,

fazendo com que muitos insetos herbívoros sejam mais abundantes ou ativos no período das chuvas (Janzen 1973, Wolda 1988). Um dos ambientes tropicais onde isto ocorre, é o cerrado (Pinheiro *et al.* 2002, Silva & Oliveira 2010).

O cerrado

O cerrado é um bioma neotropical sazonal, com uma estação quente e chuvosa de outubro a abril, seguida de uma menos quente e seca de maio a setembro. O cerrado inclui um grande número de fisionomias, indo desde campos de gramíneas (campo limpo), passando por fisionomias de savana, em que árvores e arbustos crescem entremeados por um estrato graminóide (cerrado *sensu stricto*), até formações tipicamente florestais como o cerradão (Batalha & Martins 2002, Oliveira-Filho & Ratter 2002).

Os solos do cerrado geralmente possuem uma proporção considerável de areia em sua composição, sendo solos pobres e com baixa retenção de água (Motta *et al.* 2002, Franco 2002). Neste ambiente, a produção de folhas se concentra no final da estação seca e início da chuvosa para as plantas lenhosas (Morais *et al.* 1995, Silva & Oliveira 2010) e no meio da estação chuvosa para as herbáceas (Florencio *et al.* 2009). Enquanto a maioria das flores com néctar e dos frutos carnosos é produzido na estação seca (Batalha & Martins 2004).

Como ocorre em outros ambientes tropicais, a estação chuvosa nos cerrados é aquela com a maior abundância de diversos grupos de insetos, com a notável exceção de muitos himenópteros que se alimentam exclusivamente de néctar e, portanto, encontram mais recursos na estação seca (Pinheiro *et al.* 2002).

Borboletas

Borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea + Hesperioidea), são um clado com quase 20.000 espécies, habitando diferentes ambientes terrestres (Ackery 1984, Kristensen *et al.* 2007). Este é um grupo carismático, de taxonomia relativamente bem estabelecida, e que já foi alvo de diversos estudos ecológicos devido à relativa facilidade de observação e identificação (DeVries 1987, Brown & Freitas 1999).

Como larvas, a maioria das borboletas se alimenta de folhas ou outros tecidos vegetais, muitas vezes de uma única espécie de planta ou de poucas espécies taxonomicamente próximas. No estágio adulto, borboletas possuem um aparelho bucal alongado em formato de canudo, e dessa forma podem alimentar-se apenas de líquidos (DeVries 1987).

Muitas borboletas alimentam-se do néctar de flores, mas outras sugam os líquidos de frutos em decomposição, carcaças e excrementos, além da seiva de árvores. Estas formam a guilda funcional conhecida como borboletas frugívoras (DeVries 1987)

Na região neotropical, a guilda de borboletas frugívoras inclui principalmente membros da família Nymphalidae do ramo Satiróide (*sensu* Freitas & Brown 2004), incluindo as subfamílias Biblidinae, Charaxinae, Satyrinae (tribos Brassolini, Morphini e Satyrini) e a tribo Coeini (Nymphalinae) (taxonomia seguindo Wahlberg *et al.* 2009).

Borboletas frugívoras são muito utilizadas em estudos de ecologia de comunidades devido a sua relativa facilidade de identificação e facilidade de captura usando armadilhas com iscas de fruta fermentada (DeVries 1987, Uehara-Prado *et al.* 2005). O grupo já foi usado em estudos de fragmentação florestal (Uehara-Prado *et al.* 2005, Ribeiro *et al.* 2010), indicação ambiental (Brown & Freitas 2000), diversidade temporal e espacial (DeVries & Walla 1999, Ribeiro *et al.* 2008) e gradientes ambientais (Pinheiro & Ortiz 1992). Poucas

vezes, entretanto, este grupo foi alvo de estudos sobre sazonalidade (mas veja Brown 1992, Pozo *et al.* 2008).

O pequiheiro do cerrado, seus "amigos" e "inimigos"

O pequiheiro do cerrado *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae) é uma planta lenhosa relativamente comum nos cerrados brasileiros, ocorrendo principalmente na forma de árvores no Brasil central, e como arbustos nas regiões mais periféricas, como os cerrados de São Paulo (Araujo 1995).

Este possui nectários extraflorais (NEFs) em seus primórdios foliares, folhas jovens e botões florais, estes últimos são considerados extraflorais, pois não recompensam os morcegos polinizadores. Os NEFs do pequiheiro são visitados dia e noite por mais de 30 espécies de formigas, estas atacam muitos insetos que visitam a planta defendendo-a contra herbívoros (Oliveira 1997, Oliveira & Freitas 2004).

Os inimigos naturais mais comuns do pequiheiro são o percevejo sugador de seiva *Edessa rufomarginata* (Hemiptera: Pentatomidae), larvas da mosca *Prodiplosis floricola* que se alimentam dos botões florais (Diptera: Cecidomiidae), vespas galhadoras (Hymenoptera: Chalcidoidea) e larvas da borboleta *Eunica bechina* (Lepidoptera: Nymphalidae) (Oliveira 1997).

Fêmeas da borboleta *E. bechina* depositam seus ovos nos primórdios foliares e folhas jovens do pequiheiro. Uma vez que as lagartas se alimentam exclusivamente das folhas jovens e macias (Oliveira & Freitas 1991), as formigas que visitam os NEFs no ápice dos ramos representam um inimigo natural frequente das larvas (Freitas & Oliveira 1992, Oliveira & Freitas 2004).

Embora as formigas ignorem os ovos de *E. bechina* e não incomodem as fêmeas enquanto estas ovipositam, elas atacam as larvas e diminuem a infestação do pequiheiro (Oliveira 1997). As larvas, por sua vez, podem se defender das formigas refugiando-se em trampolins de fezes, pendurando-se por fios de seda, sacudindo vigorosamente o corpo ou regurgitando (ver a Fig. 1 do Capítulo II desta tese, pág. 47) (Freitas & Oliveira 1992, 1996).

As fêmeas de *E. bechina* possuem a habilidade de diferenciar visualmente plantas com e sem formigas, preferindo depositar seus ovos onde não há formigas (Freitas & Oliveira 1996). Além disso, as fêmeas também são capazes de diferenciar as formigas mais agressivas, evitando ovipositar nas plantas onde estas estejam presentes (Sendoya *et al.* 2009).

Este trabalho

A sazonalidade em insetos é um grande ramo de pesquisa ecológica, principalmente nas regiões temperadas. Nos trópicos, a maior parte da pesquisa é realizada em áreas florestais (Wolda 1988) e trabalhos com a sazonalidade de comunidades de borboletas são recentes (Pozo *et al.* 2008, Ribeiro *et al.* 2010). Nesta dissertação exploramos o tema da sazonalidade na comunidade de borboletas frugívoras em uma área de cerrado *sensu stricto*. O trabalho está dividido em dois capítulos:

1) Composição e sazonalidade da comunidade de borboletas frugívoras em uma área de cerrado *sensu stricto*. Neste capítulo descrevemos as variações na abundância, composição e riqueza da guilda de borboletas frugívoras ao longo de um ano, relacionando estas variações com a sazonalidade do ambiente e discutindo o padrão encontrado para as espécies mais abundantes.

2) **Relação fenológica entre a borboleta *Eunica bechina* (Nymphalidae: Biblidinae) e sua planta hospedeira *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae) em vegetação de cerrado.**

Aqui exploramos em detalhe a relação fenológica entre a borboleta *E. bechina* e sua planta hospedeira, relacionando a ocorrência de adultos e imaturos da borboleta com a produção de folhas e a sazonalidade do ambiente.

REFERÊNCIAS

- Ackery, P. R. 1984: Systematic and faunistic studies on butterflies. In: The biology of butterflies (Vane-Wright, R. I. & Ackery, P. R., eds). Academic Press, London, pp. 9-24.
- Araujo, F. D. 1995: A review of *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae): an economically valuable species of the central Brazilian cerrados. *Econ.Bot.* **49**, 40-48.
- Batalha, M. A. & Martins, F. R. 2004: Reproductive phenology of the cerrado plant community in Emas National Park (central Brazil). *Aust.J.Bot.* **52**, 149-161.
- Batalha, M. A. & Martins, F. R. 2002: Life-form spectra of Brazilian cerrado sites. *Flora* **197**, 452-460.
- Brower, J. E. 1996: Monarch butterfly orientation: missing pieces of a magnificent puzzle. *J.Exp.Biol.* **199**, 93-103.
- Brown, K. S. 1992: Borboletas da Serra do Japi: diversidade, habitats, recursos alimentares e variação temporal. In: História Natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil (Morellato, L. P. C., ed). Editora da Unicamp/Fapesp, Campinas, pp. 142-187.
- Brown, K. S. & Freitas, A. V. L. 1999: Lepidoptera. In: Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: síntese do conhecimento ao final do século XX - Vol. 5 - Invertebrados Terrestres (Joly, C. A. & Bicudo, C. E. M., eds). FAPESP, São Paulo, pp. 225-243.
- Brown, K. S., and A. V. L. Freitas. 2000. Atlantic forest butterflies: indicators for landscape conservation. *Biotropica* **32**, 934-956.
- Denlinger, D. L. 1986: Dormancy in tropical insects. *Ann.Rev.Entomol.* **31**, 239-264.

- DeVries, P. J. 1987: The butterflies of Costa Rica and their natural history: Papilionidae, Pieridae, and Nymphalidae. Princeton University Press, Princeton.
- DeVries, P. J. & Walla, T. R. 1999: Species diversity in spatial and temporal dimensions on fruit-feeding butterflies from two Ecuadorian rainforests. *Biol.J.Linn.Soc.* **68**, 333-353.
- Ehrlich, P. R. & Gilbert, L. E. 1973: Population structure and dynamics of the tropical butterfly *Heliconius ethilla*. *Biotropica* **5**, 69-82.
- Florencio, C., Arruda, R. & Figueiredo, R. A. 2009: Phenology of herbaceous species in "cerrado": comparisons between intact, burnt, and reforested areas. *Naturalia* **32**, 1-12.
- Franco, A. C. 2002: Ecophysiology of woody plants. In: The cerrados of Brazil (Oliveira, P. S. & Marquis, R. J., eds). Columbia University Press, New York, pp. 178-197.
- Freitas, A. V. L. & Brown, K. S. 2004: Phylogeny of the Nymphalidae (Lepidoptera). *Syst.Biol.* **53**, 363-383.
- Freitas, A. V. L. & Oliveira, P. S. 1992: Biology and behavior of the neotropical butterfly *Eunica bechina* (Nymphalidae) with special reference to larval defense against ant predation. *J.Res.Lepid.* **31**, 1-11.
- Freitas, A. V. L. & Oliveira, P. S. 1996: Ants as selective agents on herbivore biology: effects of a non-myrmecophilous butterfly. *J.Anim.Ecol.* **65**, 205-210.
- Holland, R. A., Wikelski, M. & Wilcove, D. S. 2006: How and why insects migrate? *Science* **313**, 794-796.
- Janzen, D. H. 1973: Sweep samples of tropical foliage insects: effects of seasons, vegetation types, elevation, time of day, and insularity. *Ecology* **54**, 687-708.
- Kingsolver, J. G. & Wiernasz, D. C. 1991: Seasonal polyphenism in wing-melanin pattern and thermoregulatory adaptation in pieris butterflies. *Am.Nat.* **137**, 816-830.
- Kristensen, N. P., Scoble, M. J. & Karsholt, O. 2007: Lepidoptera phylogeny and systematics: the state of inventoring moth and butterfly diversity. *Zootaxa* **1668**, 699-747.
- Morais, H. C., Diniz, I. R. & Baumgarten, L. 1995: Padrões de produção de folhas e sua utilização por larvas de Lepidoptera em um cerrado de Brasília. *Rev.Bras.Bot.* **18**, 163-170.

- Oliveira, P. S. 1997: The ecological function of extrafloral nectaries: herbivore deterrence by visiting ants and reproductive output in *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae). *Funct.Ecol.* **11**, 323-330.
- Oliveira, P. S. & Freitas, A. V. L. 1991: Hostplant record for *Eunica bechina magnipunctata* (Nymphalidae) and observations on oviposition sites and immature biology. *J.Res.Lepid.* **30**, 140-141.
- Oliveira, P. S. & Freitas, A. V. L. 2004: Ant-plant-herbivore interactions in the neotropical cerrado savanna. *Naturwissenschaften* **91**, 557-570.
- Oliveira-Filho, A. T. & Ratter, J. A. 2002: Vegetation physiognomies and the woody flora of the cerrado biome. In: *The cerrados of Brazil* (Oliveira, P. S. & Marquis, R. J., eds). Columbia University Press, New York, pp. 91-120.
- Pinheiro, C. E. G. & Ortiz, V. C. 1992: Communities of fruit-feeding butterflies along a vegetation gradient in central Brazil. *J.Biogeogr.* **19**, 505-511.
- Pinheiro, F., Diniz, I. R., Coelho, D. & Bandeira, M. P. S. 2002: Seasonal pattern of insect abundance in the Brazilian cerrado. *Austral Ecol.* **27**, 132-136.
- Pozo, C., Luis-Martínez, A., Llorente-Bousquets, J., Salas-Suárez, N., Maya-Martínez, A., Vargas-Fernández, I. & Warren, A. D. 2008: Seasonality and phenology of the butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea) of Mexico's Calakmul Region. *Fla.Entomol.* **91**, 407-422.
- Ribeiro, D. B., Prado, P. I., Brown, K. S. & Freitas, A. V. L. 2010: Temporal diversity patterns and phenology in fruit-feeding butterflies in the atlantic forest. *Biotropica* **42**, 710-716.
- Ribeiro, D. B., Prado, P. I., Brown, K. S. & Freitas, A. V. L. 2008: Additive partitioning of butterfly diversity in a fragmented landscape: importance of scale and implications for conservation. *Diversity Distrib.* **14**, 961-968.
- Russel, R. W., May, M. L., Soltesz, K. L. & Fitzpatrick, J. W. 1998: Massive swarm migrations of dragonflies (Odonata) in Eastern North America. *Am.Midl.Nat.* **140**, 325-342.
- Scott, J. A. & Epstein, S. M. 1987: Factors affecting phenology in a temperate insect community. *Am.Midl.Nat.* **117**, 103-118.

- Silva, D. & Oliveira, P.S. 2010: Field biology of *Edessa rufomarginata* (Hemiptera: Pentatomidae): phenology, behavior, and patterns of host plant use. *Eviron. Entomol.* **39** (6): 1903-1910.
- Tauber, M. J., Tauber, C. A. & Masaki, S. 1986: Seasonal adaptations of insects. Oxford University Press, Oxford.
- Uehara-Pado, M., Brown, K. S. & Freitas, A. V. L. 2005: Biological traits of frugivorous butterflies in a fragmented and a continuous landscape in the south Brazilian Atlantic forest. *J.Lepid.Soc.* **59**, 96-106.
- Vanini, F., Bonato, V. & Freitas, A.V.L. 1999. Polyphenism and population biology of *Eurema elathea* (Pieridae) in a disturbed environment in tropical Brazil. *J.Lepid.Soc.* **53**, 159-168.
- Wolda, H. 1978: Seasonal fluctuations in rainfall, food and abundance of tropical insects. *J.Anim.Ecol.* **47**, 369-381.
- Wolda, H. 1988: Insect seasonality: why? *Ann.Rev.Entomol.* **19**, 1-18.

CAPÍTULO I:

Composição e sazonalidade da comunidade de borboletas frugívoras em uma área de cerrado *sensu stricto*

RESUMO

O cerrado *sensu stricto* é uma savana neotropical, com o clima caracterizado por uma estação quente e chuvosa, onde se concentra a produção de folhas, e outra menos quente e seca, desfavorável ao desenvolvimento de insetos herbívoros. Borboletas são insetos herbívoros cujo tamanho populacional comumente varia de acordo com a disponibilidade de folhas adequadas ao seu desenvolvimento, fazendo com que períodos de chuva apresentem maior riqueza destes insetos. Neste trabalho abordamos a composição da comunidade de borboletas frugívoras em uma área de cerrado *sensu stricto*, suas alterações ao longo do ano, bem como suas oscilações de abundância. A maior abundância de borboletas ocorre no meio da estação chuvosa, enquanto o pico de riqueza ocorre ao final desta estação. Satyrini foi o grupo mais abundante na estação chuvosa (principalmente *Ypthimoides manasses*), enquanto na estação seca foi Biblidinae (principalmente *Hamadryas februa*).

ABSTRACT

The cerrado is a neotropical seasonal biome characterized by a hot/rainy and a cold/dry season. Leaf production is highest in the rainy season, and low leaf availability in the dry period is critical for herbivorous insects such as butterflies. Butterfly population size commonly oscillates following changes in the availability of leaves adequate for larval development, and rainy periods usually have higher butterfly species richness. This study describes the composition of the community of fruit-feeding butterflies in an area of cerrado *sensu-stricto*, how species change over the year, and how their numbers oscillate. Greatest abundance occurred in the mid rainy season, whereas species richness peaked in the late rainy season. Satyrini was the most abundant group in the rainy season (mainly *Ypthimoides manasses*), whereas Biblidinae (mainly *Hamadryas februa*) was more common in the dry season.

INTRODUÇÃO

Em muitos ambientes tropicais, estações chuvosas se alternam com períodos de seca nos quais muitos insetos ficam menos ativos ou abundantes. Nestes ambientes, a estação seca é um período de diminuição na produção de folhas jovens, mais macias e nutritivas que as maduras, e de perda total das folhas em muitas plantas (Wolda 1988). Desta forma, a estação seca representa um período de diminuição na quantidade e na qualidade nutricional do material vegetal disponível, gerando um período bastante desfavorável ao crescimento e reprodução dos insetos herbívoros (Janzen 1973, Wolda 1988).

O cerrado é um bioma exclusivamente neotropical, formado por um complexo de fisionomias vegetais que variam desde campos de gramíneas (campo limpo) até fisionomias florestais (cerradão), passando pelo cerrado *sensu stricto*, uma fisionomia de savana, caracterizadas pela presença de árvores e arbustos entremeados por gramíneas. O clima do cerrado é caracterizado por uma estação quente e úmida seguida por uma estação menos quente e seca (Oliveira-Filho & Ratter 2002).

Embora muitas plantas do cerrado tenham acesso à água subterrânea durante todo o ano através de sistemas de raízes profundas (Oliveira *et al.* 2005), a produção de folhas jovens por plantas lenhosas e herbáceas se concentra no final da estação seca e durante a estação chuvosa (Morais *et al.* 1995, Damascos *et al.* 2005). Esse padrão segue aquele descrito para outros ambientes tropicais e faz com que a estação das chuvas seja o período mais favorável para o crescimento e reprodução de insetos herbívoros.

Um grupo importante de insetos, que deve ser influenciado por esta sazonalidade na produção de folhas, é o das borboletas. Em sua fase larval, borboletas são herbívoros vorazes e geralmente especializados em uma ou poucas espécies relacionadas de plantas

(DeVries 1987), de forma que a resposta de uma população de borboletas à sazonalidade se relaciona à fenologia das plantas hospedeiras de suas larvas.

Por exemplo, em savanas tropicais da Austrália, as folhas das gramíneas se tornam muito mais nutritivas após as chuvas, e é nesta época que as populações de Satyrini, cujas larvas se alimentam de gramíneas, se tornam mais abundantes (Braby 1995).

Borboletas podem ser divididas funcionalmente em duas guildas conforme a alimentação dos adultos: nectarívoras e frugívoras. Na região neotropical, as borboletas frugívoras pertencem à família Nymphalidae, principalmente da linhagem Satiróide (*sensu* Freitas & Brown 2004), compreendendo as subfamílias Satyrinae (tribos Satyrini, Morphini e Brassolini), Biblidinae, Charaxinae e a tribo Coeini (Nymphalinae) (taxonomia seguindo Wahlberg *et al.* 2009). Apesar de serem chamadas de frugívoras, elas alimentam-se dos líquidos oriundos não apenas de frutos em decomposição, mas também de excrementos e carcaças, além de seiva (DeVries 1987, Uehara-Prado *et al.* 2005). Este é um grupo interessante por sua grande diversidade e facilidade de amostragem usando armadilhas com iscas de fruta fermentada (DeVries 1987).

A guilda de borboletas frugívoras foi alvo de diversos estudos na região neotropical, geralmente em ambientes florestais (e.g. DeVries & Walla 2001, Ribeiro *et al.* 2010), mas poucos estudos tiveram como foco a sazonalidade dessa comunidade (mas veja Pozo *et al.* 2008), ou comunidades de ambientes abertos (mas ver Pinheiro & Ortiz 1992). Mesmo em estudos onde o foco não é a sazonalidade podemos observar que os picos de abundância e riqueza de espécies têm sido registrados no final da estação chuvosa (e.g. Brown 1992). Até o momento, porém, não há dados disponíveis sobre a sazonalidade da comunidade de borboletas frugívoras em áreas de cerrado.

Pinheiro e colaboradores (2002), descreveram a sazonalidade das principais ordens de insetos em um cerrado no Brasil central, registrando os picos de abundância para a maioria dos grupos na estação chuvosa. Neste estudo foi considerado que os lepidópteros não variaram em abundância ao longo do ano, mas dados de riqueza ou composição não estão disponíveis.

Neste trabalho descrevemos a sazonalidade da comunidade de borboletas frugívoras em um fragmento de cerrado *sensu stricto*, acompanhando a abundância, riqueza e composição de espécies ao longo de todo um ano.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de estudo e dados climáticos

Realizamos todas as coletas no Cerrado da Graúna, um fragmento de 59 ha de cerrado *sensu stricto* em Itirapina – SP (22° 15' S, 47° 47' O). O clima da região caracteriza-se por uma estação quente e chuvosa de outubro a abril e uma estação menos quente e seca de maio a setembro. Obtivemos os dados de temperatura e precipitação mensais com a base local do Instituto Florestal.

Amostragem das borboletas

Realizamos as coletas entre novembro de 2009 e outubro de 2010, usando 20 armadilhas para borboletas frugívoras (modificadas de DeVries 1987). Cada armadilha consiste de um cilindro de 110cm de altura, com 35cm de diâmetro feito com uma tela escura, e com um cone interno (diâmetro de 22cm na base) para impedir que as borboletas escapem, apoiado sobre uma base plástica onde a isca é depositada. Utilizamos como isca uma mistura padronizada de banana amassada com caldo de cana, que foi deixada para fermentar por 48h.

Penduramos as armadilhas em árvores, à cerca de 1m de altura em relação ao solo, dispostas em um retângulo de cinco linhas paralelas de quatro armadilhas cada, com cerca de 30m de distância entre cada linha e entre cada armadilha em uma mesma linha.

Realizamos quatro coletas por mês (exceto no mês de novembro, em que houve apenas três coletas) espaçadas por aproximadamente uma semana. Durante cada coleta deixamos as armadilhas abertas por 24h, totalizando 22.560 horas-armadilha.

Identificamos todos os indivíduos capturados, coletamos e levamos ao laboratório a maioria das borboletas, exceto no caso de nove espécies comuns e de fácil identificação, as quais marcamos e liberamos (a saber: *Hamadryas februa*, *Callicore sorana*, *Callicore selima*, *Caligo ilioneus*, *Morpho helenor*, *Taygetis laches*, *Hamadryas amphinome*, *Eunica tatila* e *Eunica bechina*). Realizamos a marcação com números individuais escritos na face ventral das asas posteriores, usando uma caneta de marcação permanente.

Análise da comunidade

Calculamos a abundância e riqueza mensais considerando tanto indivíduos capturados em cada mês, quanto os recapturados de meses anteriores. Sendo que nenhum indivíduo foi contado mais de uma vez em cada mês. Para os cálculos de rarefação, diversidade e estimativa de riqueza, borboletas recapturadas foram totalmente ignoradas e cada indivíduo foi contado uma única vez.

Calculamos a diversidade da comunidade usando o índice de 1-D de Simpson, escolhido por ser um índice robusto e de fácil interpretação e o Alfa de Fisher, por ser um índice também robusto e relativamente independente do tamanho da amostra (Magurran 2004). Para estes cálculos utilizamos o programa Past 2.06 (Hammer *et al.* 2001).

Estimamos a riqueza total da comunidade usando os índices não paramétricos Chao1 e ACE (abundance-based coverage estimator), pois estes não pressupõem nenhum

modelo espécie-abundância, e tem sido considerados mais eficientes do que índices baseados nestes modelos (Colwell & Coddington 1994, Magurran 2004). Para estes cálculos usamos o programa EstimateS 8.2 (Cowell 2006).

Para as análises circulares e construção de alguns dos gráficos dividimos a comunidade em grupos, geralmente de acordo com tribo ou subfamília. Os grupos considerados foram Biblidinae, Brassolini + Morphini, Charaxinae, Coeini e Satyrini. Unimos as tribos Brassolini e Morphini por serem grupos filogeneticamente próximos (Wahlberg *et al.* 2009) e pouco representados na comunidade de estudo.

Utilizando estatística circular calculamos o vetor médio da abundância da comunidade como um todo, e dos grupos. A direção deste vetor é determinada pelo ângulo médio, enquanto seu comprimento corresponde à concentração dos dados (Zar 2010). Para verificar se a abundância de borboletas estava distribuída uniformemente ao longo do ano, ou se estava concentrada em alguns períodos, usamos o teste de Rao (Bergin 1991). Para estas análises usamos a versão de teste do programa Oriana 3.0 (Kovach 2010).

RESULTADOS

Riqueza e diversidade

Capturamos um total de 599 indivíduos de 41 espécies pertencentes às subfamílias Biblidinae e Charaxinae e às tribos Coeini (Nymphalinae), Brassolini, Morphini e Satyrini (Satyrinae) (Tabela 1). O índice 1-D de Simpson foi de 0,84 e o Alfa de Fisher 9,65. A riqueza total de espécies da comunidade prevista pelo índice Chao1 é de 51 com desvio padrão de 8,37 e segundo o índice ACE é de 48,5 espécies.

A maioria dos meses apresentou riqueza abaixo do esperado segundo a rarefação (Fig. 1) ou dentro do intervalo do desvio padrão, com exceção de outubro (início da estação

chuvosa) e de março (final da estação chuvosa). Estes são meses de alta diversidade (ver Tabela 1).

Sazonalidade e composição de espécies

A maior abundância ocorreu em janeiro, mês de maior precipitação da estação chuvosa, enquanto a maior de riqueza ocorreu em março, no final da estação chuvosa (Figs. 2 e 3). Este também foi o mês de maior similaridade entre as proporções de número de indivíduos e riqueza de espécies dos diferentes grupos (Figs. 4 e 5).

A comunidade como um todo não se apresentou uniformemente distribuída ao longo do ano ($U = 334,2$; $p < 0,01$), assim como os grupos Biblidinae ($U = 285,5$; $p < 0,01$), Brassolini + Morphini ($U = 252,8$; $p < 0,01$), Charaxinae ($U = 165,5$; $p < 0,05$) e Satyrini ($U = 316,3$; $p < 0,01$). Apenas a tribo Coeini se mostrou distribuída de forma uniforme ao longo do ano ($U = 136,4$; $p > 0,1$) (Fig. 6). Mas devido à baixa ocorrência, os resultados para os grupos Charaxinae e Coeini não podem ser considerados conclusivos.

Satyrini foi o grupo mais abundante com 52% dos indivíduos observados, e *Ypthimoides manasses* foi a espécie mais abundante ao longo do ano, representando 66% dos satiríneos (tribo Satyrini) capturados e 34% de todas as borboletas amostradas. A segunda subfamília mais abundante foi Biblidinae, com 28% do total, incluindo a segunda espécie mais abundante nas amostragens, *Hamadryas februa*, representando 49% dos biblidíneos e 14% do total de borboletas amostradas.

A contribuição relativa dos grupos, tanto na abundância quanto na riqueza da comunidade, variou bastante ao longo do ano (Figs. 4 e 5). Na estação chuvosa, os satiríneos dominaram a comunidade, enquanto na estação seca foram os biblidíneos.

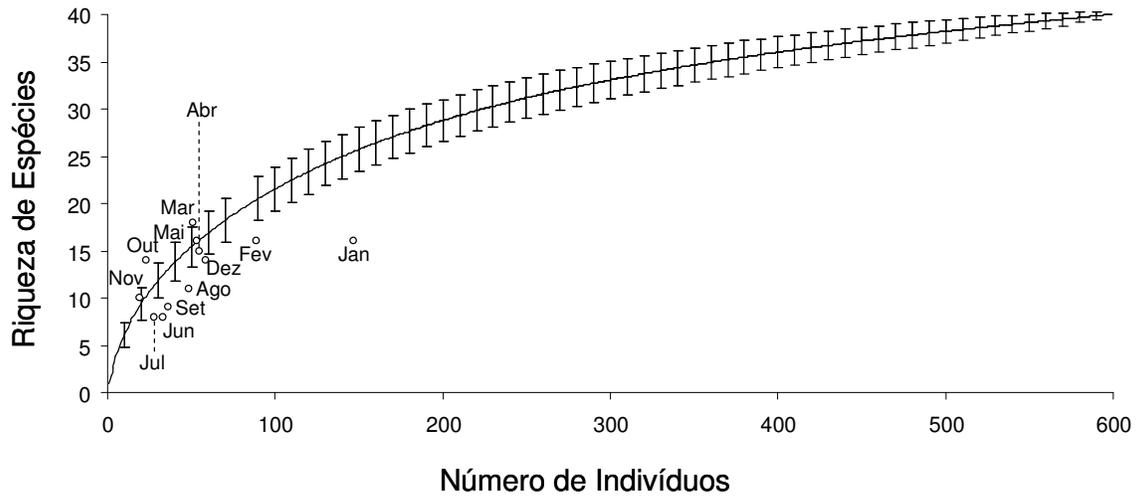


Fig. 1 – Rarefação individual de borboletas frugívoras coletadas entre novembro de 2009 e outubro de 2010 no cerrado da Graúna, Itirapina - SP. Barras de erro representam o desvio padrão, cada círculo representa um mês de coleta.

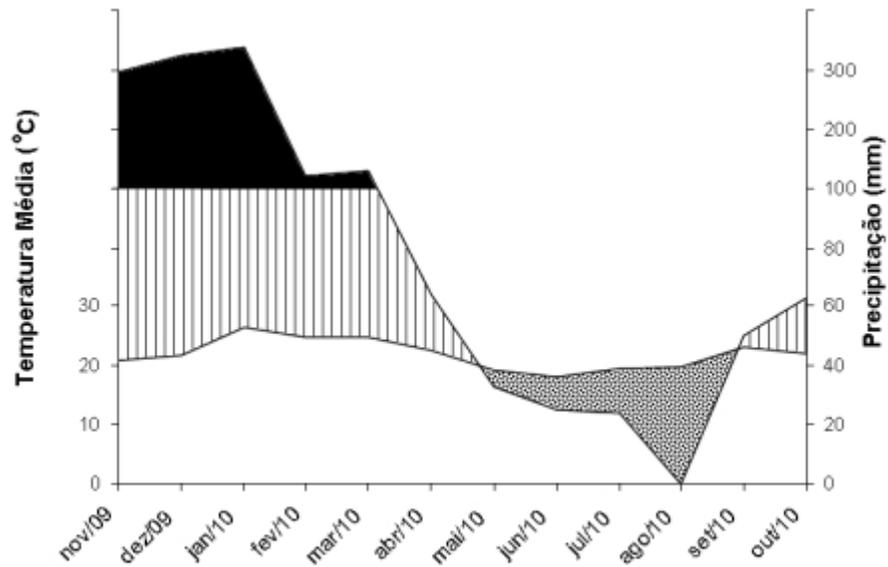


Fig. 2 – Diagrama climático de Itirapina – SP durante o período de coleta. A temperatura média no período foi de 21,7°C e a precipitação total foi de 1566 mm.

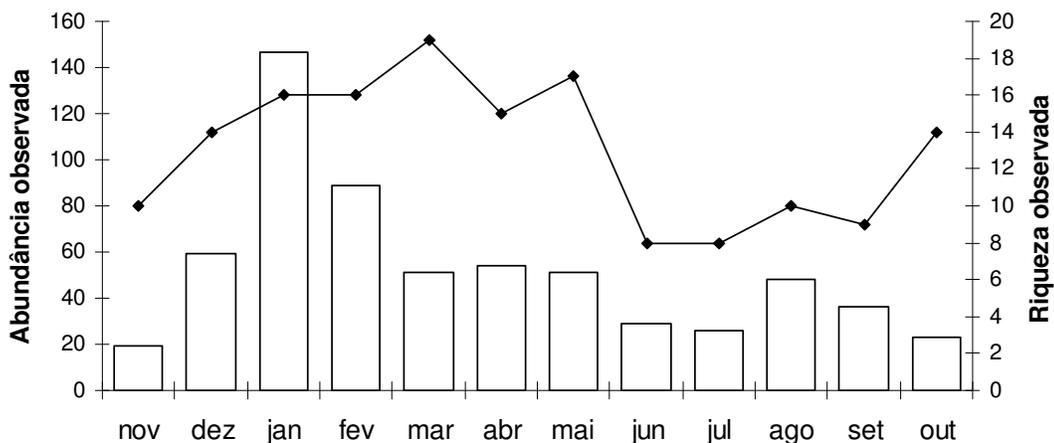


Fig. 3 – Abundância (barras) e riqueza (linha) de borboletas frugívoras entre novembro de 2009 e outubro de 2010 no cerrado da Graúna, Itirapina – SP.

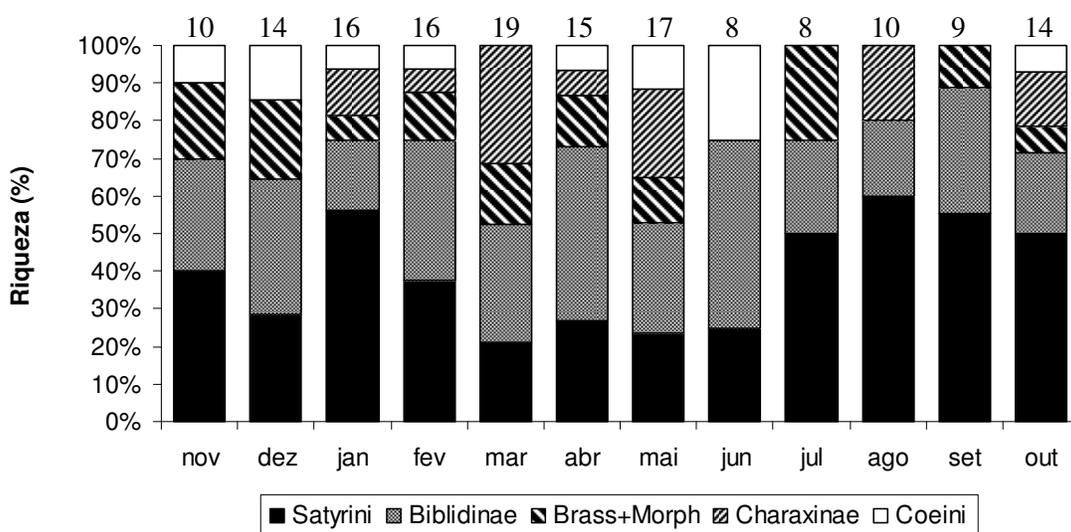


Fig. 4 – Riqueza relativa (%) por grupo de borboletas frugívoras entre novembro de 2009 e outubro de 2010 no cerrado da Graúna, Itirapina – SP. Números acima das barras indicam a riqueza mensal.

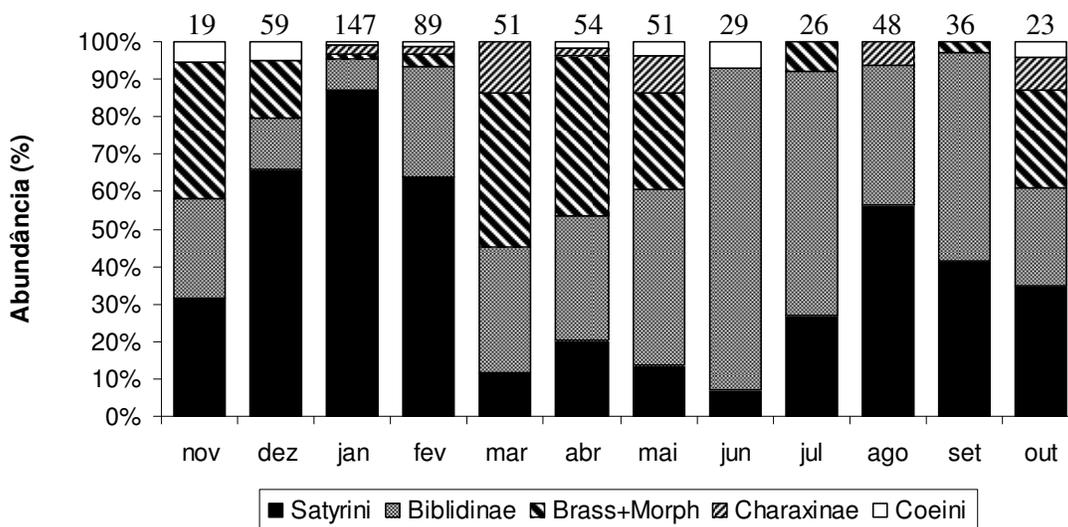


Fig. 5 – Abundância relativa (%) por grupo de borboletas frugívoras entre novembro de 2009 e outubro de 2010 no cerrado da Graúna, Itirapina – SP. Números acima das barras indicam a abundância mensal.

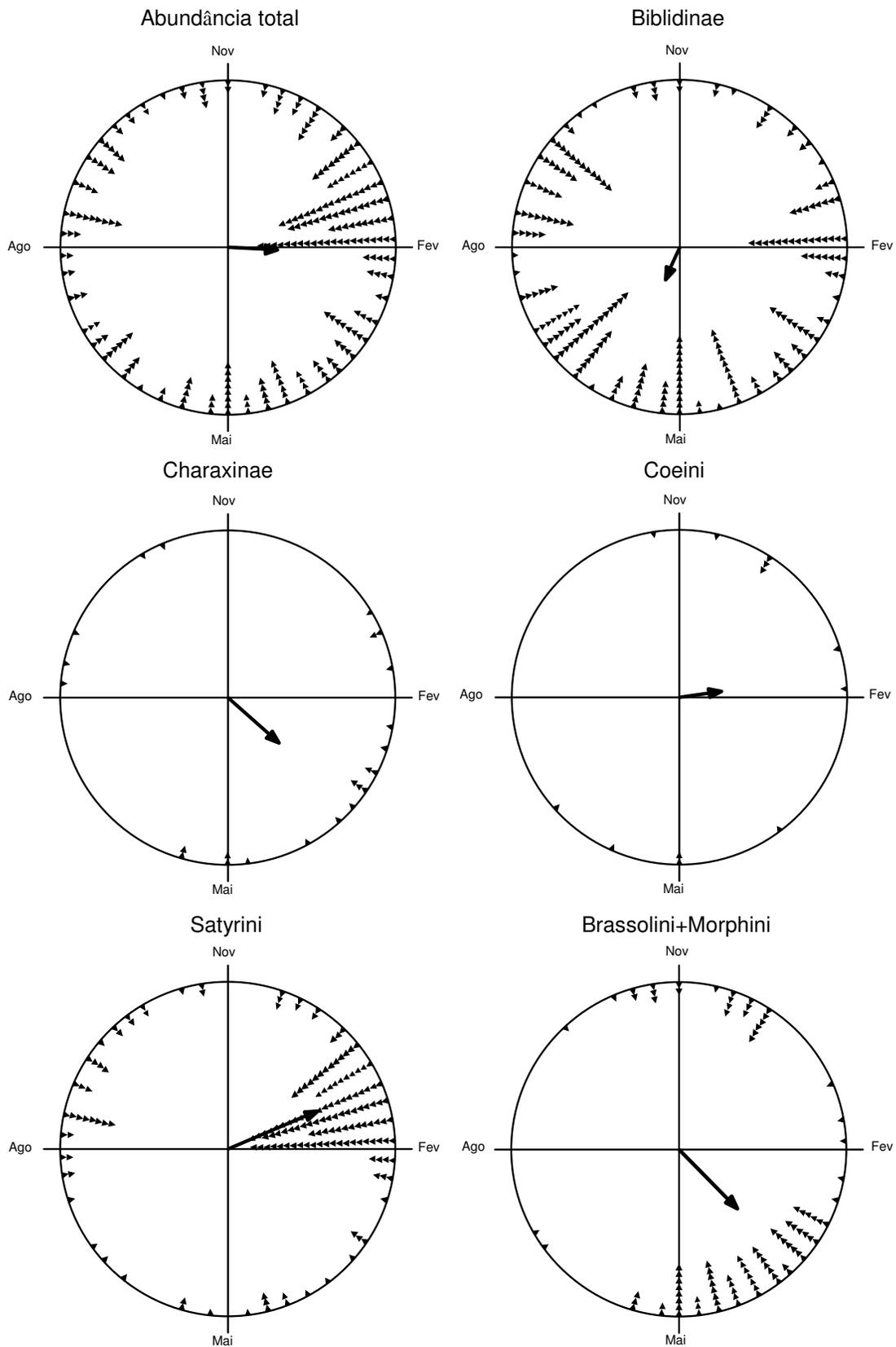


Fig. 6 – Abundância de borboletas frugívoras entre novembro de 2009 e outubro de 2010 no cerrado da Graúna, Itirapina – SP. Na abundância total, cada triângulo representa três indivíduos, em Satyrini cada triângulo representa dois, nos demais gráficos cada triângulo corresponde a um indivíduo. As setas representam os vetores médios.

A ocorrência de Satyrini se concentrou no meio da estação chuvosa (Figs. 5 e 6) com baixíssima ocorrência nos meses secos. A subfamília Biblidinae apresentou seu pico de abundância em junho (Figs. 5 e 6), no meio da estação seca, com a grande ocorrência de *Hamadryas februa*. Biblidinae também apresentou abundância relativamente alta ao final da estação chuvosa, com o aumento na abundância das espécies *Callicore sorana* e *Callicore selima*.

O grupo Brassolini + Morphini (Satyrinae), apesar de representado por apenas três espécies, apresentou abundância relativamente alta, principalmente no início e final da estação chuvosa, mas seu vetor médio aponta para o final da estação, quando a maior abundância ocorreu (Figs. 5 e 6).

Apesar da subfamília Charaxinae ter apresentado alta riqueza (nove espécies), mostrou-se pouco abundante durante todo o ano (Fig. 6), enquanto a tribo Coeini apresentou apenas duas espécies, ambas com baixa abundância (Fig. 6, Tabela 1).

Recapturas

Dos 599 indivíduos observados, 167 foram marcados e liberados, com 40 destes recapturados pelo menos uma vez, totalizando 24% de recapturas. A maioria das recapturas ocorreu entre sete ou 14 dias após a primeira captura, com máximos registrados de cerca de três meses para dois indivíduos de *Hamadryas februa* e de pouco mais de cinco meses para um macho de *Morpho helenor*.

DISCUSSÃO

A riqueza de espécies encontrada provavelmente não representa a totalidade da comunidade da área de estudo, a riqueza total prevista pelos índices Chao 1 e ACE está

cerca de 10 espécies acima da observada, e mais estudos provavelmente encontrariam ainda mais espécies raras.

Em um gradiente de mata de galeria para cerrado *sensu stricto* no Brasil central, *Hamadryas februa* foi a espécie mais abundante na comunidade de borboletas frugívoras, e a subfamília Biblidinae representou 46% dos indivíduos capturados, enquanto Satirini compuseram 41% da comunidade, e se mostraram mais abundantes na área mais aberta, e portanto com mais gramíneas (Pinheiro & Diniz 1992). Em nossa amostra, os satiríneos se mostraram ainda mais abundantes, pois trabalhamos em um cerrado *sensu stricto* (uma fisionomia mais aberta e com mais gramíneas).

Quanto à sazonalidade, o padrão encontrado de maior abundância de borboletas nos meses de maior precipitação, e de maior riqueza ao final da estação chuvosa é bastante semelhante ao padrão encontrado em outros ambientes tropicais. DeVries e Walla (2001) trabalhando nas florestas do Equador, também encontraram maior abundância no meio da estação chuvosa e maior riqueza ao final desta estação. Mesmo com variações muito menores na precipitação ao longo do ano do que no cerrado. Padrão similar foi encontrado em florestas sazonais no México, com a maior riqueza e abundância de espécies registradas no meio da estação chuvosa (Pozo *et al.* 2008).

Padrão semelhante também foi observado em fragmentos de floresta chuvosa atlântica (Ribeiro *et al.* 2010). Esta floresta é muitas vezes considerada como um ambiente não sazonal por não possuir uma estação seca, entretanto, há um período de menos chuvas entre maio e setembro, e uma concentração na produção de folhas no início da estação mais chuvosa (Morellato *et al.* 2000). Ribeiro e colaboradores (2010) observaram o pico de abundância de diferentes grupos de borboletas frugívoras durante a estação mais chuvosa,

ou no início da menos chuvosa. Dessa forma, a maior parte das larvas deve se desenvolver durante o período mais chuvoso, quando ocorre a maior produção de folhas novas.

A maioria das espécies amostradas foi representada por poucos indivíduos, impossibilitando a observação de qualquer padrão sazonal. Nos casos em que algum padrão emergiu, os picos de abundância quase sempre estiveram na estação chuvosa.

O pico de abundância que observamos na estação chuvosa foi impelido principalmente pela espécie *Ypthimoides manasses* (Satyrini). Satiríneos de modo geral usam gramíneas como plantas hospedeiras das larvas (e.g. Braby 1995), as quais têm seu crescimento e conteúdo nutricional fortemente associado às chuvas (Braby 1995, Florêncio *et al.* 2009). Dessa forma, apenas após as chuvas do início da estação chuvosa, as gramíneas tornam-se recursos adequados para as larvas de satiríneos, levando a um pico de recrutamento de adultos no meio da estação chuvosa. De forma oposta, com a falta de chuvas as gramíneas secam, provocando um decréscimo acentuado no número de adultos de Satyrini na estação seca.

Janzen (1973) aponta que muitos insetos herbívoros tropicais entram em períodos de diapausa reprodutiva como adultos durante a estação seca. Isso seria mais vantajoso do que passar esta estação em estado dormente, pois indivíduos em inatividade reprodutiva ainda podem se mover, e dessa forma melhor evitar os predadores, que se manteriam ativos na estação seca. Além disso, muitas plantas antecipam a estação chuvosa produzindo suas folhas ao final da estação seca, uma fêmea ativa pode ovipositar imediatamente nestas folhas. Ao passo que se a fêmea tivesse de ovipositar ao final da estação chuvosa anterior, teria de confiar em pistas ambientais para prever a disponibilidade dos recursos para as larvas.

Em um trabalho na mesma área de estudo, com o percevejo sugador de seiva *Edessa rufomarginata* (Hemiptera: Pentatomidae), Silva e Oliveira (2010) observaram adultos ativos no início da estação chuvosa, e a presença de ovos e ninfas ao longo da estação. Neste trabalho foi proposto que os adultos de *E. rufomarginata* permanecem em diapausa reprodutiva na estação seca.

Este provavelmente é o caso de *Morpho helenor* na área de estudo. Apesar do baixo número de recapturas para esta espécie, o fato dos adultos poderem persistir por mais de cinco meses sugere que eles poderiam atravessar a estação seca como uma população de adultos reprodutivamente inativos, aguardando a volta das chuvas. Isto explicaria o padrão de maior número de capturas no início e final da estação chuvosa. Entretanto, mais dados são necessários para confirmar esta hipótese.

Seguindo um padrão diferente, *Hamadryas februa* foi a única espécie observada com pico de abundância na estação seca. Embora a maior parte da produção de folhas jovens ocorra ao final da estação seca ou início da chuvosa no cerrado, a produção de folhas nunca cessa realmente, e mesmo as plantas que perdem suas folhas o fazem por curtos períodos (Morais *et al.* 1995, Damascos *et al.* 2005). Dessa forma, a estação seca no cerrado não é uma época de privação total de recursos, possibilitando este padrão, especialmente no caso de espécies cujas larvas sejam capazes de consumir folhas mais velhas. Esta espécie é uma boa candidata para futuros estudos de dinâmica populacional e da fenologia de suas plantas hospedeiras.

Morais e colaboradores (1995) encontraram um padrão de maior abundância de diversas lagartas de Lepidoptera do cerrado na estação seca, propondo que este pode ser um mecanismo de escape temporal de predadores. Dessa forma, larvas capazes de consumir folhas mais velhas, poderiam crescer em um período de menor predação.

De modo geral, confirmamos o padrão observado para outros insetos herbívoros (Wolda 1978, 1988) de maior abundância e riqueza na estação chuvosa, provavelmente devido ao maior crescimento das plantas neste período. O padrão encontrado difere radicalmente daquele descrito para ambientes temperados, nos quais os insetos apresentam "períodos de voo" geralmente curtos, permanecendo em dormência durante o restante do ano. Em áreas tropicais não há um equivalente ao inverno das regiões temperadas, em que praticamente todos os animais cessam suas atividades de alguma forma ou migram. A estação seca é um período desfavorável para muitos organismos, mas gerando efeitos bióticos muito mais relevantes do que as condições abióticas em si (Janzen 1973, Denlinger 1986).

Poucos estudos acompanham comunidades de insetos ao longo de um ano inteiro (ou de vários anos) tendo como foco a própria sazonalidade. Neste trabalho observamos grandes variações na abundância, riqueza e composição da comunidade ao longo do ano, como seria de se esperar de um ambiente sazonal como o cerrado.

A fenologia foliar das plantas do cerrado segue um padrão mais complexo do que simplesmente "todas as folhas são produzidas quando chove". Folhas são produzidas ao longo de todo ano e algumas espécies perdem suas folhas enquanto outras não. Mesmo dentro de uma espécie, há uma grande assincronia, com alguns indivíduos perdendo suas folhas enquanto outros podem estar cheios de folhas novas (Morais *et al.* 1995, Capítulo II desta tese).

Da mesma forma, os insetos e outros animais associados a estas plantas possuem padrões sazonais complexos, e este trabalho fornece dados adicionais para a compreensão destes padrões nas savanas do cerrado.

Anexo: Tabela 1 - Número de borboletas frugívoras capturadas em armadilhas no Cerrado da Graúna, Iritapina – SP, entre Novembro de 2009 e Outubro de 2010. *O total nem sempre corresponde a soma dos indivíduos registrados devido às recapturas.

Grupo / Espécie	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Total*
Biblidinae													
<i>Callicore selima</i> (Guénee, 1872)	1	2	7	14	5	0	1	0	0	1	0	1	32
<i>Callicore sorana</i> (Godart, 1823)	1	3	3	5	4	2	0	2	0	0	2	4	26
<i>Catonephele acontius</i> (Linnaeus, 1771)	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	3
<i>Catonephele numilia</i> (Hewitson, 1852)	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Eunica bechina</i> (Hewitson, 1852)	0	0	0	3	2	1	0	0	0	0	2	1	9
<i>Eunica tatila</i> (Rerrich-Schäffer, 1855)	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0	0	0	3
<i>Hamadryas amphinome</i> (Linnaeus, 1767)	0	1	0	0	2	0	2	1	1	0	0	0	6
<i>Hamadryas arete</i> (Doubleday, 1847)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Hamadryas epinome</i> (Felder & Felder, 1867)	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
<i>Hamadryas februa</i> (Hübner, 1823)	3	1	0	1	3	11	19	20	16	17	16	0	83
<i>Myscelia orsis</i> (Drury, 1782)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Temenis laothoe</i> (Cramer, 1777)	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2
Brassolini + Morphini													
<i>Caligo illioneus</i> (Cramer, 1776)	1	2	2	2	3	13	11	0	0	0	0	0	29
<i>Opsiphanes invirae</i> (Hüner, 1818)	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	4
<i>Morpho helenor</i> (Cramer, 1776)	6	6	0	0	17	10	2	0	1	0	1	6	47
Charaxinae													
<i>Archaeoprepona demophon</i> (Linnaeus, 1776)	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	1	5
<i>Archaeoprepona demophoon</i> (Hübner, 1819)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Fontainea ryphea</i> (Cramer, 1776)	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	3
<i>Hypna clymnestra</i> (Cramer, 1777)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Memphis acidalia</i> Hübner, 1819	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2
<i>Memphis appias</i> (Hübner, 1825)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Memphis moruus</i> (Fabricius, 1775)	0	0	0	0	1	1	2	0	0	2	0	1	7
<i>Siderone galanthis</i> (Cramer, 1775)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Zaretis isidora</i> (Cramer, 1779)	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3
Coeini													
<i>Historis odius</i> (Fabricius, 1775)	0	2	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	5
<i>Smyrna blomfieldia</i> (Fabricius, 1781)	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	7
Satyrini													
<i>Euptychoides castrensis</i> (Schaus, 1902)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Hermeuptychia hermes</i> (Fabricius, 1775)	0	1	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	5
<i>Moneuptychia soter</i> (Butler, 1877)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
<i>Paryphthimoides phronius</i> (Godart, 1823)	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3
<i>Paryphthimoides poltys</i> (Prittwitz, 1865)	3	6	3	12	3	5	0	0	2	4	6	2	46
<i>Paryphthimoides sp. 1</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	3	3	1	0	8
<i>Paryphthimoides sp. 2</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Paryphthimoides vestigiata</i> (Butler, 1867)	0	0	1	2	1	2	1	0	0	0	0	0	7
<i>Pharneuptychia sp.</i>	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	4
<i>Taygetis laches</i> (Fabricius, 1793)	0	0	1	4	0	3	3	0	1	1	1	0	14
<i>Yphthimoides affinis</i> (Butler, 1867)	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	4
<i>Yphthimoides celmis</i> (Godart, 1824)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Yphthimoides manasses</i> (Felder & Felder, 1867)	0	31	118	34	0	0	0	0	1	17	6	1	208
<i>Yphthimoides renata</i> (Stoll, 1780)	1	0	1	3	1	0	0	0	0	0	1	1	8
<i>Yphthimoides straminea</i> (Butler, 1867)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Abundância total	19	59	147	89	51	55	53	33	28	49	36	23	599
Riqueza	10	14	16	16	19	15	17	8	8	11	9	14	41
Diversidade (1-D)	0,83	0,70	0,35	0,80	0,85	0,85	0,80	0,51	0,59	0,73	0,74	0,87	0,84

REFERÊNCIAS

- Bergin, T. M. A comparison of goodness of fit tests for analysis of the nest orientation in western kingbirds (*Tyrannus verticalis*). *The Condor* **93**, 164-171. 1991.
- Braby, M. F. 1995: Seasonal changes in relative abundance and spatial distribution of Australian lowland tropical satyrinae butterflies. *Aust.J.Zool.* **43**, 209-29.
- Brown, K. S. 1992: Borboletas da Serra do Japi: diversidade, habitats, recursos alimentares e variação temporal. In: *História Natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil* (Morellato, L. P. C., ed). Editora da Unicamp/Fapesp, Campinas, pp. 142-187.
- Colwell, R. K. 2009: EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. University of Connecticut, Storrs, USA.
- Colwell, R. K. & Coddington, J. A. 1994: Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Phil.Trans.R.Soc.Lond.B* **345**, 101-118.
- Damascos, M. A., Prado, C. H. B. A. & Ronquim, C. C. 2005: Bud composition, branching patterns and leaf phenology in cerrado woody species. *Ann.Bot.* **96**, 1075-1084.
- Denlinger, D. L. 1986: Dormancy in tropical insects. *Ann.Rev.Entomol.* **31**, 239-264.
- DeVries, P. J. 1987: The butterflies of Costa Rica and their natural history: Papilionidae, Pieridae, and Nymphalidae. Princeton University Press, Princeton.
- DeVries, P. J. & Walla, T. R. 2001: Species diversity and community structure in neotropical fruit-feeding butterflies. *Biol.J.Linn.Soc.* **74**, 1-15.
- Florencio, C., Arruda, R. & Figueiredo, R. A. 2009: Phenology of herbaceous species in "cerrado": comparisons between intact, burnt, and reforested areas. *Naturalia* **32**, 1-12.
- Freitas, A. V. L. & Brown, K. S. 2004: Phylogeny of the Nymphalidae (Lepidoptera). *Syst.Biol.* **53**, 363-383.
- Hammer O., Harper D.A.T. & Ryan P.D. 2001: PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. University of Oslo, Norway.
- Janzen, D. H. 1973: Sweep samples of tropical foliage insects: effects of seasons, vegetation types, elevation, time of day, and insularity. *Ecology* **54**, 687-708.
- Kovach, W. L. 2010: Oriana 3.21 - Circular statistics. Pentraeth, Wales, U.K., Kovach Computing Services.

- Morais, H. C., Diniz, I. R. & Baumgarten, L. 1995: Padrões de produção de folhas e sua utilização por larvas de Lepidoptera em um cerrado de Brasília. *Rev.Bras.Bot.* **18**, 163-170.
- Morellato, L. P. C., Talora, D. C., Takahasi, A., Bencke, C., Romera, E. L. & Zipparo, V. B. 2000: Phenology of Atlantic Rain Forest Trees: a comparative study. *Biotropica* **34**, 811-823.
- Oliveira-Filho, A. T. & Ratter, J. A. 2002: Vegetation physiognomies and the woody flora of the cerrado biome. In: *The cerrados of Brazil* (Oliveira, P. S. & Marquis, R. J., eds). Columbia University Press, New York, pp. 91-120.
- Pinheiro, C. E. G. & Ortiz, V. C. 1992: Communities of fruit-feeding butterflies along a vegetation gradient in central Brazil. *J.Biogeogr.* **19**, 505-511.
- Pinheiro, F., Diniz, I. R., Coelho, D. & Bandeira, M. P. S. 2002: Seasonal pattern of insect abundance in the Brazilian cerrado. *Austral. Ecol.* **27**, 132-136.
- Pozo, C., Luis-Martínez, A., Llorente-Bousquets, J., Salas-Suárez, N., Maya-Martínez, A., Vargas-Fernández, I. & Warren, A. D. 2008: Seasonality and phenology of the butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea) of Mexico's Calakmul Region. *Fla.Entomol.* **91**, 407-422.
- Ribeiro, D. B., P. I. Prado, K. S. Brown, and A. V. L. Freitas. 2010. Temporal diversity patterns and phenology in fruit-feeding butterflies in the atlantic forest. *Biotropica* **42**:710-716.
- Uehara-Pado, M., Brown, K. S. & Freitas, A. V. L. 2005: Biological traits of frugivorous butterflies in a fragmented and a continuous landscape in the south brazilian atlantic forest. *J.Lepid.Soc.* **59**, 96-106.
- Wolda, H. 1978: Seasonal fluctuations in rainfall, food and abundance of tropical insects. *J.Anim.Ecol.* **47**, 369-381.
- Wolda, H. 1988: Insect seasonality: why? *Ann.Rev.Entomol.* **19**, 1-18.
- Zar, J. H. 2010: *Biostatistical analysis*, 5 edn. Prentice Hall, New Jersey.

CAPÍTULO II:

**Relação fenológica entre a borboleta *Eunica bechina*
(Nymphalidae: Biblidinae) e sua planta hospedeira *Caryocar
brasiliense* (Caryocaraceae) em vegetação de cerrado**

RESUMO

Em muitos ambientes tropicais, estações chuvosas se alternam com períodos de seca e muitos insetos herbívoros ficam menos ativos ou abundantes na estação seca devido à escassez de folhas. Neste trabalho estudamos a relação fenológica entre a borboleta *Eunica bechina* e sua planta hospedeira, o pequiheiro *Caryocar brasiliense*. Esta planta possui nectários extraflorais atrativos para formigas, que patrulham a planta e atacam as larvas de *E. bechina*. Observamos a maior ocorrência de larvas no início da estação seca, quando ocorreu a maior produção de folhas, ovos e larvas estavam presentes em quase todos os meses de amostra, exceto no final da estação chuvosa, Propomos que este seja um período de inatividade reprodutiva na espécie, devido à baixa disponibilidade de folhas jovens.

ABSTRACT

In many tropical environments rainy and dry seasons alternate. The dryer season has decreased leaf availability and the nutritional quality of leaves is also low, thus it is an unfavorable period for herbivorous insects and generates seasonal oscillations in their populations. In this study we describe the phenological relationship between the butterfly *Eunica bechina* and its hostplant *Caryocar brasiliense*. The larvae feed only on the young leaves of *C.brasiliense*, a plant that bear extrafloral nectaries, which attract ants that patrol the plant and attack *E. bechina* larvae. We observed larger occurrence of larvae in the early rainy season, when most young leaves are produced, eggs and larvae were present at almost all sampling months, except in the late rainy season. We suggest that this is a period of reproductive inactivity in the species, due to the low availability of young leaves.

INTRODUÇÃO

Populações de insetos herbívoros muitas vezes oscilam numericamente ao longo do ano, em resposta a variações na disponibilidade ou qualidade das folhas das quais se alimentam. Em ambientes tropicais, estações chuvosas se alternam com períodos de seca ou menor precipitação. As folhas jovens, geralmente mais macias e nutritivas que as maduras, são produzidas principalmente na estação chuvosa, tornando este um período propício ao crescimento e reprodução de insetos herbívoros (Janzen 1973, Wolda 1988).

Borboletas, em sua fase larval, são geralmente herbívoros especializados em uma única espécie ou num grupo de plantas relacionadas (i.e., mesma família taxonômica), e o tamanho de suas populações varia de acordo com a disponibilidade e qualidade das folhas de suas plantas hospedeiras, com os picos populacionais comumente ocorrendo na época da maior produção de folhas (Ehrlich 1984, DeVries 1987).

A borboleta *Eunica bechina* (Hewitson, 1852) (Nymphalidae: Biblidinae) tem como planta hospedeira o pequiheiro do cerrado, *Caryocar brasiliense* Camb. (Caryocaraceae). Suas larvas alimentam-se das folhas recém-emergidas de coloração avermelhada e de folhas jovens em expansão, e as fêmeas depositam seus ovos nestas folhas ou nos primórdios foliares (Oliveira & Freitas 1991, Freitas & Oliveira 1992, Fig. 1).

As folhas em desenvolvimento e botões florais do pequiheiro possuem nectários extraflorais atrativos para formigas, que patrulham a planta defendendo-a contra vários tipos de herbívoros, incluindo as larvas de *E. bechina* (Oliveira 1997, Oliveira & Freitas 2004). As larvas de *E. bechina* defendem-se dos ataques das formigas refugiando-se em trampolins de fezes, sacudindo-se vigorosamente, pendurando-se por fios de seda ou regurgitando (Freitas & Oliveira 1992, Oliveira & Freitas 2004). Enquanto as fêmeas

depositam seus ovos preferencialmente em plantas sem formigas, ou naquelas com formigas menos agressivas (Freitas & Oliveira 1996, Sendoya *et al.* 2009).

O pequiizeiro é uma espécie lenhosa comum no cerrado brasileiro, onde o clima é caracterizado por uma estação quente e úmida, seguida por uma estação menos quente e seca (Oliveira-Filho & Ratter 2002, Oliveira & Freitas 2004). Como muitas lenhosas do cerrado, o pequiizeiro perde suas folhas na estação seca e produz folhas novas no período de transição entre a estação seca e a chuvosa (Araujo 1995, Morais *et al.* 1995, Silva & Oliveira 2010). Segundo Freitas e Oliveira (1992), é no início da estação chuvosa (entre outubro e novembro), quando são produzidas as folhas novas do pequiizeiro, que ocorre o pico de infestação de larvas de *E. bechina*. Entretanto, informações detalhadas sobre a produção de folhas do pequiizeiro e a infestação por larvas de *E. bechina* não estão disponíveis.

Neste trabalho utilizamos armadilhas para acompanhar a população de adultos de *E. bechina*, bem como monitoramos a fenologia foliar do pequiizeiro e a presença de ovos e larvas em plantas marcadas.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de estudo e dados climáticos

Realizamos todas as coletas no Cerrado da Graúna, um fragmento de 59 ha de cerrado *sensu stricto* em Itirapina – SP (22° 15' S, 47° 47' O). O clima da região caracteriza-se por uma estação quente e chuvosa de outubro a abril e uma estação menos quente e seca de maio a setembro. Obtivemos os dados de temperatura e precipitação mensais com a base local do Instituto Florestal.



Fig. 1 – A) Formigas *Camponotus crassus* visitando folhas de *Caryocar brasiliense*. B) Ovo de *Eunica bechina*. C) Formigas *Pachycondyla villosa* atacando larva de *E. bechina*. D) Larva de *E. bechina* pendurada por fio de seda. E) Larva de *E. bechina* no trampolim de fezes. F) Macho adulto de *E. bechina*. Imagem B: fotografia de Hélio Soares Jr. Imagens C e D: reproduzidas de Oliveira & Freitas 2004. Imagem F: fotografia de Sebastian F. Sendoya.

Fenologia dos imaturos de *Eunica bechina* e das folhas de *Caryocar brasiliense*

Coletamos dados sobre os imaturos de *E. bechina* e a fenologia foliar do pequizeiro entre novembro de 2009 e outubro de 2010. Complementando-os com dados coletados por Oliveira (1988) entre agosto de 1986 e julho de 1987.

Entre 18 de novembro de 2009 e 29 de outubro de 2010, visitamos semanalmente 50 arbustos marcados do pequizeiro, registrando o número de folhas recém-emergidas avermelhadas (a partir de agora referidas como folhas avermelhadas), de folhas jovens em expansão (a partir de agora referidas como folhas jovens), e de folhas maduras em cada planta. A partir de janeiro de 2010 passamos a registrar também a quantidade de ovos e larvas de *E. bechina* presentes em cada planta. Descrições completas do ovo e larvas podem ser encontradas em Freitas e Oliveira (1992).

Entre agosto de 1986 e julho de 1987, em 80 plantas marcadas foi registrado quinzenalmente o número de folhas por planta, ovos e larvas de *E. bechina* foram contados entre agosto de 1986 e janeiro de 1987. O padrão de infestação está representado como o percentual de ovos e larvas observado em cada mês.

Avaliação da população de adultos de *Eunica bechina*

Avaliamos a presença de adultos da borboleta na área de estudo utilizando 20 armadilhas para borboletas frugívoras com iscas de banana fermentada (DeVries 1987). Realizamos amostragens semanais entre novembro de 2009 e outubro de 2010, deixando as armadilhas abertas por 24h a cada coleta (para uma descrição detalhada do procedimento veja o Capítulo I desta tese, pág. 27).

RESULTADOS

População de *Eunica bechina*

Durante o período de observações de 2009/10, a população de *E. bechina* apresentou-se muito baixa, poucos imaturos foram observados e apenas nove adultos foram marcados durante todo o período de estudo. Observamos algumas larvas em janeiro e depois não avistamos nenhuma até maio. A partir de então, encontramos larvas continuamente até outubro de 2010, quando ocorreu a maior quantidade de larvas (Fig. 2). Outubro corresponde ao início da estação chuvosa (Fig. 3) e o período de maior quantidade de folhas avermelhadas (Fig. 4).

Em novembro e dezembro de 2009 não contamos a quantidade de larvas e ovos nas plantas, mas havia larvas neste período. Montamos as armadilhas, mas nenhum adulto foi capturado.

No período de observações de 1986/87, a maior quantidade de larvas e ovos foi encontrada em setembro, com cada vez menos registros até janeiro, quando apenas larvas foram encontradas (Fig. 2).

Fenologia do pequizeiro

No período de observações de 2009/10 observamos a maior quantidade de folhas em novembro de 2009 (média de 26,5 folhas por planta, d.p.=14,3), e esta quantidade diminuiu até alcançar seu mínimo no início de agosto (média de 2,2 folhas por planta, d.p.=5,3). Folhas novas foram produzidas ao longo de todo ao ano, com uma queda brusca no início da estação seca, em março (Fig. 2 e 4). Neste mês houve a única semana do ano sem folhas avermelhadas, mas na semana seguinte folhas novas voltaram a ser produzidas.

Todas as plantas perderam suas folhas em algum momento, mas isso não ocorreu de forma sincrônica, e em nenhum momento todas as plantas ficaram sem folhas. Em julho, no

meio da estação seca, o número de folhas avermelhadas começou a aumentar, enquanto o de folhas totais ainda diminuía (algumas plantas ainda perdiam as folhas velhas, enquanto outras já produziam as folhas novas) (Fig. 4). O máximo de folhas avermelhadas ocorreu em outubro, no início da estação chuvosa. (Figs. 3 e 4).

No período de observações de 1986/87 o número de folhas aumentou de agosto até dezembro, quando então começou a cair até atingir o zero em julho de 1987 (Fig. 2)

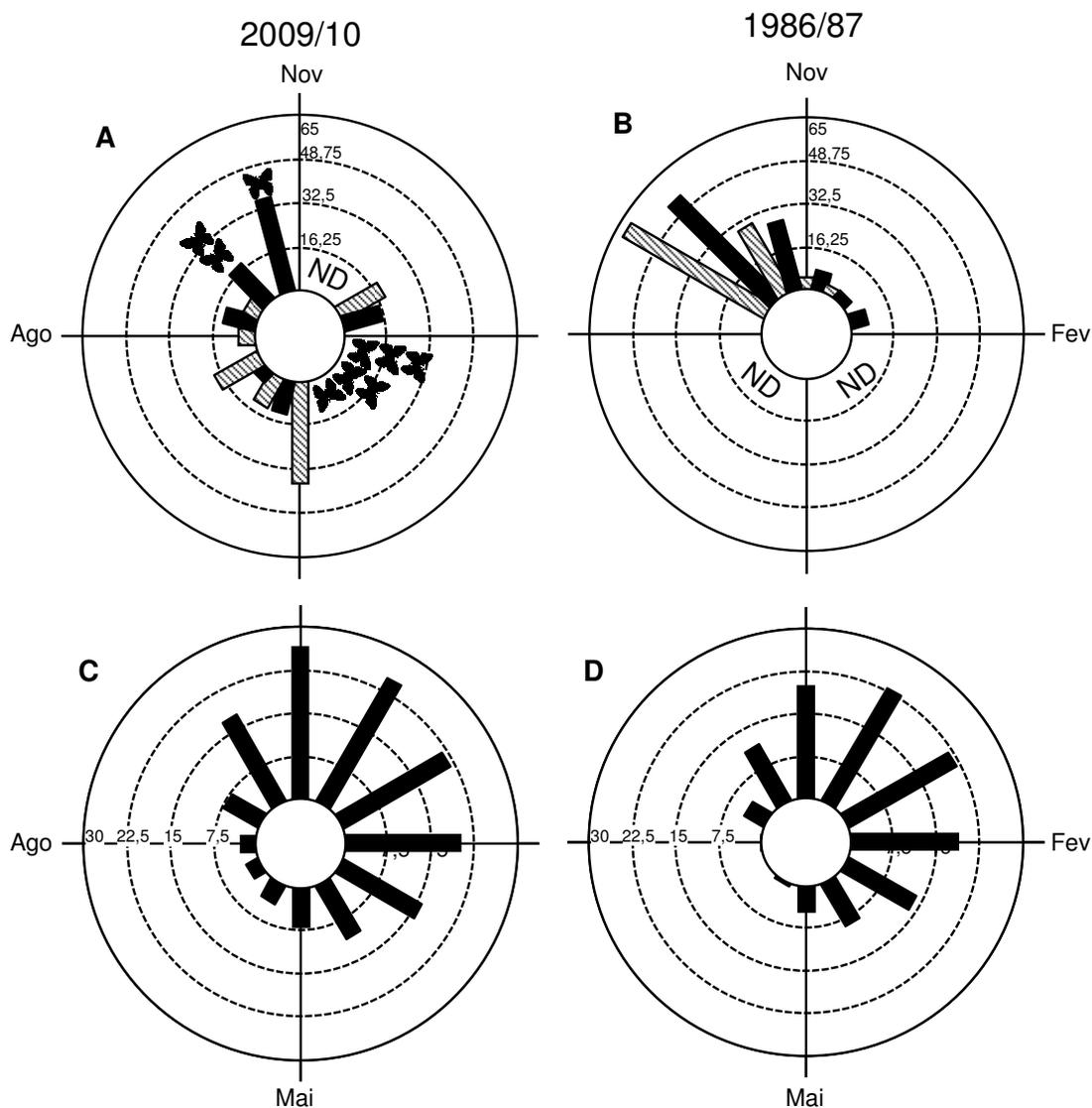


Fig. 2 - A e B: barras: ocorrência percentual de imaturos de *Eunica bechina* em *Caryocar brasiliense*. Em hachurado: ovos; Em preto: larvas. Ícones de borboletas: adultos capturados com armadilhas. C e D: Número médio de folhas em plantas de *Caryocar brasiliense*. A e C: dados de 2009/10, n = 50 plantas. B e D: dados de 1986/87, n = 80 plantas. ND = dados não disponíveis para o período.

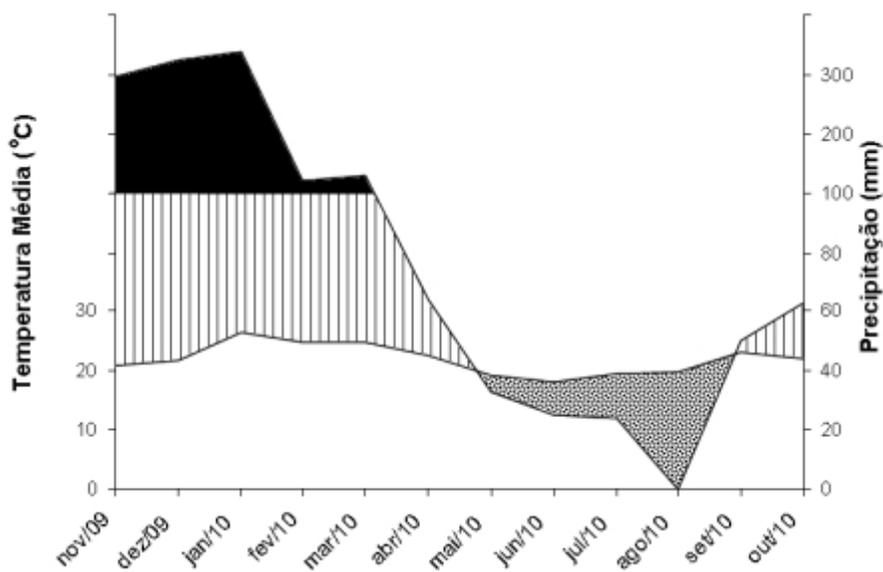


Fig. 3 – Diagrama climático de Itirapina – SP durante o período de coleta. A temperatura média no período foi de 21,7°C e a precipitação total foi de 1566 mm.

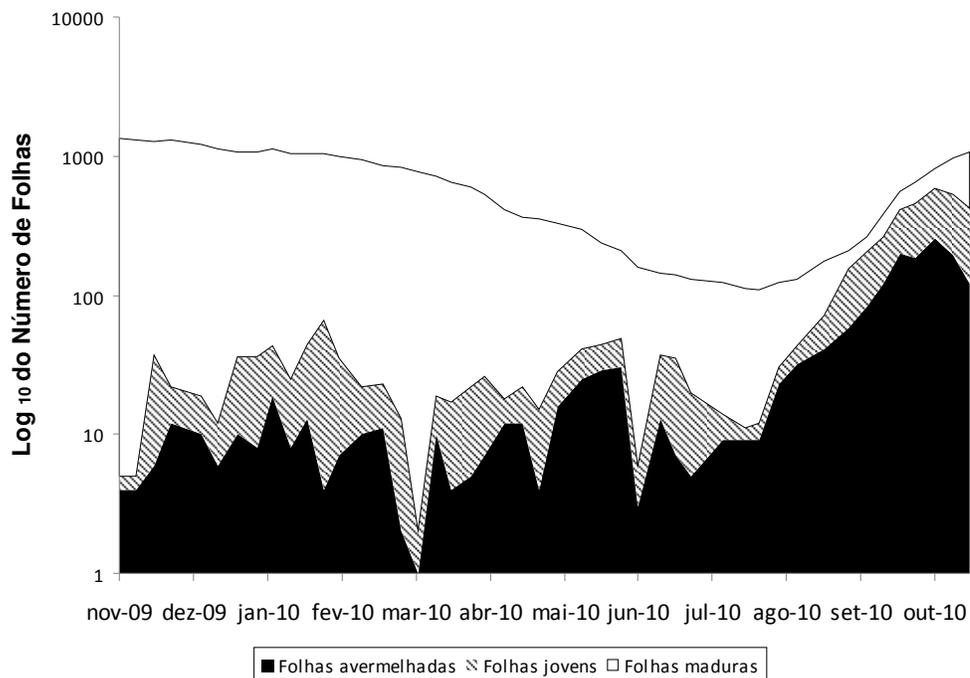


Fig 4 - Número de folhas em 50 arbustos de *Caryocar brasiliense* no cerrado da Graúna (Itirapina, SP) entre novembro de 2009 e outubro de 2010.

DISCUSSÃO

De janeiro a outubro de 2010, observamos indivíduos de *E. bechina* em todos os meses, seja na forma de ovos, larvas ou adultos. Não observamos nenhum adulto na estação seca, mas a presença de ovos indica que ao menos as fêmeas estavam ativas.

No período de 2009/10, a maior quantidade de ovos e larvas de *E. bechina* ocorreu em setembro e outubro, coincidindo com os meses de maior produção de folhas jovens, e não com o maior número de folhas. Isso ocorre porque as larvas se alimentam apenas das folhas recém emergidas ou jovens e, portanto, o período de maior disponibilidade de recursos para este herbívoro ocorre pouco antes do momento de máxima quantidade total de folhas. Da mesma forma em 1986/87 a maior presença de larvas ocorreu pouco antes da maior quantidade de folhas, ou seja, na época da produção das folhas.

O pequiheiro é descrito como uma espécie decídua, que perde suas folhas em julho, no meio da estação seca (Araujo 1995). E isso foi observado em julho de 1987, quando as plantas perderam totalmente suas folhas. Em 2009/10 o padrão na quantidade de folhas ao longo do ano foi muito semelhante, mas a quantidade total de folhas nunca atingiu zero, embora cada planta marcada tenha perdido suas folhas em algum momento.

A produção de folhas novas seguiu o padrão observado em outras lenhosas do cerrado (Morais *et al.* 1995, Damascos *et al.* 2005) e de outras savanas tropicais (Sarmiento *et al.* 1985). O pico de produção ocorre entre o final da estação seca e início da chuvosa, podendo-se observar produção de folhas ao longo de todo o ano.

Morais e colaboradores (1999) mostram que muitas larvas de lepidópteros do cerrado apresentam seu pico de abundância na estação seca, e apontam como explicação a fuga de inimigos naturais. Mas este não é o caso de *E. bechina*. Mesmo havendo produção de folhas do pequiheiro na estação seca, o pico na disponibilidade só é atingido no início da

estação chuvosa. Adicionalmente, o principal inimigo natural das larvas são as formigas atraídas pelos nectários extraflorais (Oliveira 1997).

Nectários extraflorais são uma defesa do pequizeiro contra herbívoros e sua localização maximiza este efeito, fazendo com que as formigas patrulhem áreas mais valiosas, como brotos, folhas jovens e estruturas reprodutivas (Oliveira 1997, Heil & McKey 2003). Dessa forma, as larvas de *E. bechina* não podem fugir temporalmente das formigas, tendo que utilizar de outros mecanismos morfológicos e comportamentais para se defender (Freitas & Oliveira 1992, 1996, Sendoya *et al.* 2009; ver Fig. 1).

Insetos podem apresentar diferentes estratégias para lidar com períodos sazonais desfavoráveis, como diapausa em diferentes estágios do ciclo de vida ou migração, enquanto algumas populações simplesmente tem seu tamanho diminuído quando os recursos escasseiam (Tauber *et al.* 1986). Janzen (1973) aponta ainda que muitos insetos tropicais passam a estação seca como adultos ativos, mas em diapausa reprodutiva.

E. bechina, aparentemente apresenta uma variação desta estratégia. Durante os meses com a menor quantidade de folhas jovens e avermelhadas (fevereiro, março e abril) não encontramos ovos ou larvas, apenas adultos. É possível, então, que *E. bechina* não se reproduza durante este período pré-estação seca. Aparentemente esta espécie aproveita a grande produção de folhas novas que se inicia com a estação seca e atinge seu pico no início da estação chuvosa (outubro). Entretanto, devido à baixíssima captura de adultos neste estudo, esta hipótese necessita de confirmação.

REFERÊNCIAS

- Araujo, F. D. 1995: A review of *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae): an economically valuable species of the central Brazilian cerrados. *Econ.Bot.* **49**, 40-48.
- Damascos, M. A., Prado, C. H. B. A. & Ronquim, C. C. 2005: Bud composition, branching patterns and leaf phenology in cerrado woody species. *Ann.Bot.* **96**, 1075-1084.
- DeVries, P. J. 1987: The butterflies of Costa Rica and their natural history: Papilionidae, Pieridae, and Nymphalidae. Princeton University Press, Princeton.
- Ehrlich, P. R. 1984: The structure and dynamics of butterfly populations. In: *The Biology of Butterflies* (Vane-Wright, R. I. & Ackery, P. R., eds). Academic Press, London, pp. 25-40.
- Freitas, A. V. L. & Oliveira, P. S. 1992: Biology and behavior of the neotropical butterfly *Eunica bechina* (Nymphalidae) with special reference to larval defense against ant predation. *J.Res.Lepid.* **31**, 1-11.
- Freitas, A. V. L. & Oliveira, P. S. 1996: Ants as selective agents on herbivore biology: effects of a non-mycophilous butterfly. *J.Anim.Ecol.* **65**, 205-210.
- Heil, M. & McKey, D. 2003: Protective ant-plant interactions as model systems in ecological and evolutionary research. *Annu.Rev.Ecol.Evol.Syst.* **34**, 425-453.
- Janzen, D. H. 1973: Sweep samples of tropical foliage insects: effects of seasons, vegetation types, elevation, time of day, and insularity. *Ecology* **54**, 687-708.
- Morais, H. C., Diniz, I. R. & Baumgarten, L. 1995: Padrões de produção de folhas e sua utilização por larvas de Lepidoptera em um cerrado de Brasília. *Rev.Bras.Bot.* **18**, 163-170.
- Morais, H. C., Diniz, I. R. & Silva, D. M. S. 1999: Caterpillar seasonality in a central Brazilian cerrado. *Rev.biol.trop.* **47**, 1025-1033.
- Oliveira, P.S. & Freitas, A.V.L. 1991: Hostplant record for *Eunica bechina magnipunctata* (Nymphalidae) and observations on oviposition sites and immature biology. *J.Res.Lepid.* **30**, 140-141.
- Oliveira, P. S. 1997: The ecological function of extrafloral nectaries: herbivore deterrence by visiting ants and reproductive output in *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae). *Funct.Ecol.* **11**, 323-330.

- Oliveira, P. S. 1988: Sobre a interação de formigas com o pequi do cerrado, *Caryocar brasiliense* Camb. (Caryocaraceae): o significado ecológico de nectários extraflorais, Tese de Doutorado, Unicamp.
- Oliveira, P. S. & Freitas, A. V. L. 2004: Ant-plant-herbivore interactions in the neotropical cerrado savanna. *Naturwissenschaften* **91**, 557-570.
- Oliveira-Filho, A. T. & Ratter, J. A. 2002: Vegetation physiognomies and the woody flora of the cerrado biome. In: *The cerrados of Brazil* (Oliveira, P. S. & Marquis, R. J., eds). Columbia University Press, New York, pp. 91-120.
- Sarmiento, G., Goldstein, G. & Meinzer, F. 1985: Adaptive strategies of woody species in neotropical savannas. *Biol.Rev.* **60**, 315-355.
- Sendoya, S. F., Freitas, A. V. L. & Oliveira, P. S. 2009: Egg-laying butterflies distinguish predaceous ants by sight. *Am.Nat.* **174**, 134-140.
- Silva, D. P. & Oliveira, P. S. 2010: Field biology of *Edessa rufomarginata* (Hemiptera: Pentadomidae): phenology, behavior, and patterns of host plant use. *Environ.Entomol.* **39**, 1903-1910.
- Tannus, J. L. S. & Assis, M. A. 2004: Composição de espécies vasculares de campo sujo e campo úmido em área de cerrado, Itirapina - SP, Brasil. *Rev.Bras.Bot.* **27**, 489-506.
- Tauber, M. J., Tauber, C. A. & Masaki, S. 1986: *Seasonal adaptations of insects*. Oxford University Press, Oxford.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho conseguimos reunir muitas informações sobre a comunidade de borboletas frugívoras do cerrado.

No Capítulo I, descrevemos a comunidade de borboletas frugívoras e sua sazonalidade. Aqui observamos a maior abundância de borboletas na estação chuvosa, quando ocorre maior disponibilidade de folhas e conforme observado em outros trabalhos com insetos herbívoros. Mas ao tentar entender os padrões apresentados por espécies como *Morpho helenor* e *Hamadryas februa* percebemos como faltam informações sobre a história natural destes insetos.

No capítulo II, acompanhamos a ocorrência de *Eunica bechina* em conjunto com o padrão de produção de folhas jovens pelo pequizeiro *Caryocar brasiliense*. Propomos a ocorrência de um período de inatividade reprodutiva pré-estação seca para explicar o padrão encontrado.

O segundo capítulo ilustra como informações sobre história natural dos organismos, e das espécies com as quais estes se relacionam (no caso a planta hospedeira) são importantes para a compreensão de fenômenos mais complexos, como os padrões sazonais da comunidade.