UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DE RIBEIRÃO PRETO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENTOMOLOGIA

***Interações entre larvas de Lepidoptera e as
espécies de Malpighiaceae em dois fragmentos
de Cerrado do Estado de São Paulo.***

YUMI OKI

Tese de Doutorado apresentada à
Faculdade de Filosofia, Ciências e
Letras de Ribeirão Preto - USP,
como parte das exigências para
obtenção do título de DOUTOR EM
CIÊNCIAS - Área: ENTOMOLOGIA

***Ribeirão Preto / SP
2005***

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DE RIBEIRÃO PRETO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENTOMOLOGIA

***Interações entre larvas de Lepidoptera e as espécies
de Malpighiaceae em dois fragmentos de Cerrado
do Estado de São Paulo.***

YUMI OKI

Orientadora: Profa Dra Elenice Mouro Varanda

Tese de Doutorado apresentada à
Faculdade de Filosofia, Ciências e
Letras de Ribeirão Preto - USP,
como parte das exigências para
obtenção do título de DOUTOR EM
CIÊNCIAS - Área: ENTOMOLOGIA

Ribeirão Preto / SP
2005

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca Central do Campus
Administrativo
de Ribeirão Preto / USP

Oki, Yumi

Interações entre larvas de Lepidoptera e as espécies de Malpighiaceae em dois fragmentos de Cerrado do Estado de São Paulo. Ribeirão Preto, 2005.

145 p.: il. ; 30cm

Tese de Doutorado, apresentada à Faculdade de Ciências Filosofia de Ribeirão Preto/USP – Área de concentração: Entomologia.

Orientadora: Varanda, Elenice Mouro.

1. Ecologia. 2. Herbivoria. 3. *Byrsonima intermedia*. 4. Cerrado. 5. Lepidópteros.

" Nesse instante, caro colega do futuro, estendo o meu olhar pela vastidão
do que ainda é um pedaço do paraíso"

...

"...que poderes nada ocultos insistem em ignorar, em destruir, e
entrego-lhe este texto para que continue a contar
como prosseguiu a nossa história,
a história de todos nós."

Niede Guidon

Dedico

*À minha querida tia Kayoko Itabashi que carinhosamente sempre estará
presente em meu coração por me ensinar a cultivar a união familiar e o
amor ao próximo.*

(In memoriam)

Agradecimentos

Escrevo as últimas palavras que finalizam um trabalho de quatro anos, ao mesmo tempo em que aos que lêem é a primeira e para mim, em particular, é uma continuidade do desafio, em busca do que não se conhece.

A primeira página que conta resumidamente em forma de agradecimentos a história, a importância e a contribuição de muita gente.

Pensar nessas pessoas é como recapitular carinhosamente o sabor das descobertas, das superações, do apoio e dos prazeres da convivência em diferentes passagens de 1998 a 2004.

Hoje ao deparar com esses fatos, sinto o peso da frase de Gabriel Garcia Marquez no poema La marioneta "Daria valor às coisas, não pelo que valem, mas pelo que significam" e é com esse especial valor que essas pessoas serão lembradas aqui em minha memória.

Quando olho os meus passos na ciência posso dizer que meus pais foram os principais contribuidores. Eles me ensinaram a apreciar a natureza em todas as formas de vida. Fica aqui minha gratidão por todos os ensinamentos e apoio.

A Pós-Graduação, embora vista atualmente apenas em forma de números e prazos, para mim foi um importante período de amadurecimento, de aquisição de experiências, de descobertas perante os desafios, de intensas transformações de valores. Obrigada ao Programa, em particular aos coordenadores (em especial, ao prof. Dr. Carlos Alberto Garófalo) e as secretárias da Biologia, do Programa de Pós-Graduação em Entomologia (Renata) e da Seção de Pós-Graduação da Faculdade (Denise, Inês), por oferecer a estrutura para executar o meu trabalho e a possibilidade de participar em alguns eventos científicos.

Ao final dessa etapa, não poderia deixar de mencionar a orientadora profa Dra Elenice Mouro Varanda pela convivência, as contribuições científicas na área Botânica e a oportunidade de realizar esse trabalho. Também gostaria de ressaltar os meus agradecimentos à co-orientadora profa Dra Ivone Rezende Diniz pelas conversas, toda a ajuda nas identificações e as contribuições enriquecedoras na área de Zoologia.

Agradeço aos técnicos Edilson, José Ricardo Barosela e Jaime Zeotti pelas conversas e pela ajuda nas minhas coletas, em especial em dias de baixa umidade relativa do ar e alta temperatura e em dias de tenebrosos imprevistos. Gostaria de ressaltar meus agradecimentos ao Ricardo por seu companheirismo como colega de pesquisa na troca de idéias e discussões sobre projetos, relatórios e artigos.

Gostaria também de agradecer aos professores que enriqueceram o meu saber em suas aulas: Prof Dr Cláudio Froehlich, Profa Dra Zilá Luz Paulino Simões, Profa Dra Márcia Bitondi, Prof Dr. David de Jong, Profa Elenice Mouro Varanda, Prof. Dr. Fábio Sene, Prof. Dr. Carlos Alberto Garófalo, Prof. Dr. Kleber Del Claro, Prof Dr. André Lucci de Freitas, Profa Dra Miriam Marques, Prof. Dr. Pitágoras da Conceição Bispo, Prof. Dr. Dalton Amorin, Profa Dra Zélia Maria Mendes Biasoli Alves.

Agradeço ao prof. Dr. Carlos Alberto Martinez y Huaman e prof. Dr. Alexandre Adalardo de Oliveira por me permitirem adquirir novos conhecimentos de Briófitas e Pteridófitas durante o estágio de docência.

Agradeço ao Prof Dr Cláudio Gilberto Froehlich a Profa Silvana Aparecida Pires e Godoy, por oferecerem a estrutura de seus laboratórios, apoio e informações.

Agradeço a Rita e ao Sérgio Andena por oferecer carona e ajuda nas coletas.

Agradeço ao Ademar Alves da Silva Filho, do Departamento Farmacognosia (FCFRP - USP), por me ajudar nas análises de cromatografia delgada.

Aos Amigos:

São inúmeras pessoas que enriqueceram o meu dia-dia, tornando-o mais agradável, motivador e me dando forças para me superar, mas sei que certamente nesse momento de ansiedade e cansaço que por mim é tomado, cometerei alguns lapsos por não me lembrar de todos e a elas gostaria de pedir minhas desculpas desde já.

Ao Alexandre Almeida e Silva (meu irmão de coração), à Janete Brigante (minha eterna amiga) e à Geusa S. Freitas (minha primeira amiga em Ribeirão Preto) meus sinceros agradecimentos por todas os memoráveis acontecimentos desses seis anos de Ribeirão Preto que por serem tão importantes não caberiam aqui.

À Helena Maura Silingardi, principalmente pelas suas palavras encorajadoras e amizade.

À Olga Kotchetskoff-Henriques, principalmente por sua sensatez, discernimento e sugestões.

À Valdelânia Ribeiro de Ribeiro, principalmente por seu jeito espirituoso de ser, seu apoio e ajuda em diferentes atividades e etapas da vida.

Aos graduandos e alguns agora mestrandos que tive o prazer da convivência e ao mesmo tempo ensinar e aprender com eles: à Camila Castanho, Marcelo Martinez, Marcelo Moreira (do bla-bla...), o Milton (que gosta de campo), Anselmo Nogueira (o cabeça), à sensata e meiga Thamara Leal, Josiline Felipe (barbie), Bianca Togler (do sorriso meigo), à atenciosa Camila Yumi Mandai, ao Gustavo Tanaka, à Claire Jézéquel e à revolucionária Mara Isis. Obrigada por animarem a minha vida.

Aos pesquisadores do laboratório, que ainda não foram citados aqui, mas que por algum instante desse período desfrutaram comigo indagações, discussões, questionamentos, sonhos, perdas e desapontamentos: à criativa Analúcia Cerri, à jeitosa Claudia Scarelli Santos, à Mara Pais, a Aglai, à falante Alexandre Augusto, à Vanessa (Hello Kitty), ao amigo Carlo, à Camila Sanchez, à Rejane Oliveira, à Juliana Espada, à Veridiana, à Lucelaine, à Alessandra, à Viviane Laguna, à Léa e à Carol.

Agradeço a possibilidade que os alunos da Entomologia e a coordenação me ofereceram em ser vice-representante e representante discente da Entomologia, bem como vice-presidente e presidente do Curso de Verão em Entomologia. É uma tarefa árdua, desgastante e trabalhosa quando nós nos envolvemos de fato, ao mesmo tempo que a realização do mesmo é um crescimento interior e uma recompensa pessoal.

Aos meus amigos que fiz durante minha caminhada: Giovanna Felippoti, Gustavo Aguiara, Gesline Almeida, Maria Vidal, Gean Carlo e Jéssica, Ivan Akatsu, Weyder, Edgar, Eduardo, Celmira Lange(a luta em mobilizar), Vinícius Godói,... Rodrigo Santinelo Pereira (em especial, pelas conversas e sugestões em várias ocasiões do trabalho) e a Sérgio Ambrósio.

Ao Márcio da Silva e Lima, em especial, por seu companheirismo, apoio e ajuda em vários momentos de nossa convivência no triângulo Ribeirão Preto-São Paulo-Rio de Janeiro e a amizade posteriori.

Agradeço a natureza por me instigar todos os dias com sua beleza e dinâmica.

MUITO OBRIGADA a todos!

ÍNDICE

<i>Resumo</i>	ix
<i>Abstract</i>	x
 <i>A. Introdução Geral</i>	
<i>I. Relações entre insetos e plantas</i>	1
1. Aspectos evolutivos	1
2. Aspectos ecológicos	5
3. Interações nas áreas de cerrado	17
<i>II. Objetivos Gerais da Tese</i>	20
<i>III. Bibliografia</i>	21
 <i>B. Capítulos</i>	
<i>Capítulo 1: A composição de lagartas em espécies de Malpighiaceae em áreas de cerrado fragmentado</i>	31
Introdução	32
Material e Métodos	35
Resultados e Discussão	41
Bibliografia	67
<i>Capítulo 2: Relação entre a herbivoria e os nutrientes e defesas químicas em espécies de Malpighiaceae</i>	74

Introdução	75
Material e Métodos	78
Resultados	85
Discussão	94
Bibliografia	100
<i>Capítulo 3: Densidade de tricomas em espécies de Malpighiaceae em duas Reservas de Cerrado do Estado de São Paulo e sua relação com a herbivoria</i>	107
Introdução	108
Material e Métodos	109
Resultados e Discussão	110
Bibliografia	128
<i>C. Discussões e considerações finais</i>	133
Bibliografia	144

Resumo

A distribuição e a abundância das espécies de lepidópteros podem ser determinadas por vários fatores tais como disponibilidade de recursos, fatores genéticos, climáticos e inimigos naturais. Este estudo avaliou as relações entre espécies de Lepidoptera e de Malpighiaceae encontradas em dois fragmentos de cerrado do Estado de São Paulo. Para tanto, o trabalho procurou responder às questões: 1) Qual a similaridade da fauna de lagartas entre as espécies de Malpighiaceae?; 2) Quais as características vegetais que influenciam a diversidade de lepidópteros? 3) As mesmas relações se mantêm em fragmentos distintos? Os resultados encontrados demonstram que espécies de mesmo gênero de Malpighiaceae não apresentam necessariamente maior similaridade de fauna de lepidópteros, uma vez que houve maior similaridade entre *Byrsonima intermedia*, *Byrsonima coccolobifolia* e *Banisteriopsis pubipetala*. Não houve correlação direta entre algumas características vegetais como: a concentração de nitrogênio e taninos, a densidade de tricomas e a herbivoria. As defesas vegetais das Malpighiaceae parecem influenciar a diversidade destes herbívoros, uma vez que a riqueza e abundância estão relacionadas à essas características. A presença de alcalóides e a fauna associada a *Banisteriopsis stellaris* reforça essa sugestão. A similaridade da fauna de lagartas entre os dois fragmentos de 42,2% e algumas diferenças observadas nas concentrações de nitrogênio e taninos nas mesmas espécies vegetais nas duas áreas sugerem que fatores ambientais influenciam o fenótipo das plantas e as associações com seus herbívoros. Com base nos resultados encontrados, são sugeridos estudos complementares para melhor compreensão das complexas relações entre lepidópteros e as espécies de Malpighiaceae.

Abstract

Species distribution and abundance are determined by several factors such as resource availability, genetics, weather and natural enemies. The present study focused on the relationships between Lepidoptera and Malpighiaceae species on two Cerrado fragments at São Paulo State. The following questions were addressed: 1) How similar is the caterpillar fauna among Malpighiaceae species?; 2) What are the plant characteristics influencing Lepidoptera diversity? 3) Are plant-Lepidoptera relationships kept on distinct fragments? Present data suggests that plants of different species of same genus have not, necessarily, the highest faunal similarity, e.g., the highest similarity among *Byrsonima intermedia*, *Byrsonima coccolobifolia* and *Banisteriopsis pubipetala*. No direct correlations were found among some plant characteristics such as nitrogen and tannin concentrations, trichome density and herbivory. However, Malpighiaceae defenses probably influenced herbivore diversity, because Lepidoptera species' richness and abundance were related to these characteristics. Alkaloids and the specific fauna of *Banisteriopsis stellaris* support this suggestion. The caterpillar fauna similarity of 42,2% between fragments and some differences on nitrogen and tannin concentrations of same species from distinct fragments suggest that environmental factors affect, considerably, plant phenotype and plant-herbivore interactions. Based on these results, some complementary studies were suggested to approach the complex relations between Lepidoptera and Malpighiaceae species.

INTRODUÇÃO GERAL

I. Relações entre insetos e plantas

1. Aspectos evolutivos

As plantas e os insetos são grupos importantes de organismos que têm evoluído juntos em interações benéficas e detrimenais (Dethier, 1976). A primeira evidência clara de folhas danificadas por insetos ao longo da evolução geológica foi registrada no período Permiano (Pizzamiglio, 1991). O surgimento de numerosos grupos de fitófagos ocorreu no final do período Jurássico e início do Cretáceo como resultado da evolução das plantas. Estas relações entre plantas e insetos continuaram a evoluir no Terciário, com o surgimento de besouros (Coleoptera: Scolytidae), vespas de galhas (Hymenoptera: Cynipidae) e espécies de moscas minadoras (Diptera: Agromyzidae) (Zwölfer, 1982). Opler (1973) descreveu a ocorrência, no período Terciário, de lagartas minadoras em folhas (Lepidoptera: Lyonetiidae, Gracillariidae e Gelechiidae) que, em sua maioria, se alimentavam de plantas da família Fagaceae. O surgimento de um determinado grupo de plantas tem sido muitas vezes acompanhado pelo surgimento paralelo de um grupo de insetos que as exploram.

Segundo Edwards & Wratten (1981), as idéias sobre os aspectos evolutivos das relações planta-inseto surgiram com o trabalho de Darwin, de 1862, no qual demonstrou as adaptações de abelhas e flores para a polinização. Muito mais tarde, a teoria da coevolução foi formulada por

Ehrlich & Raven (1964), em sua publicação “Butterflies and plants: a study in coevolution”.

Segundo a hipótese de Ehrlich & Raven (1964), as angiospermas, através de mutações ou recombinações ocasionais, passaram a produzir substâncias além das relacionadas diretamente com seus processos metabólicos normais como fotossíntese, respiração e crescimento que, posteriormente, foram denominadas substâncias secundárias. Eventualmente, algumas dessas substâncias tornavam as plantas menos palatáveis aos herbívoros, constituindo um meio de defesa e formando uma nova zona adaptativa.

A radiação evolutiva das plantas que se seguiu, poderia caracterizar uma família inteira ou grupos de famílias aparentadas. Em contrapartida, em alguns insetos fitófagos, em resposta aos obstáculos apresentados pelas plantas, foram selecionadas características que lhes permitia o acesso alimentar em plantas anteriormente protegidas por seleção, levando a linhagem para uma nova zona adaptativa, permitindo que ela se diversificasse por ausência de competição com outros fitófagos (Ehrlich & Raven, 1964).

O termo coevolução, usado por Ehrlich & Raven (1964) para descrever as prováveis influências que plantas e insetos herbívoros têm sobre a evolução um do outro, tem sido atualmente utilizado para designar vários aspectos da relação planta-inseto, sem um acordo geral sobre a sua definição (Futuyma, 1998).

Janzen (1980) definiu coevolução como uma mudança evolutiva em um grupo de indivíduos de uma população, acompanhada pela resposta evolucionária de uma segunda população, que leva a alterações da primeira. De modo geral, uma característica de uma espécie evolui em resposta a uma característica da outra espécie, que por sua vez evolui em resposta a uma característica da primeira. Essa definição implica que duas ou mais linhagens, como um predador e uma presa, evoluam especificamente e reciprocamente uma em resposta a outra (Futuyma, 1998).

A maioria das espécies, contudo, interage com uma variedade de presas ou de predadores. Uma característica em uma espécie presa, por exemplo, é selecionado freqüentemente em resposta a um grupo de predadores e não de um predador específico. As interações evolutivas recíprocas entre grupos de espécies são conhecidas como coevolução difusa e ocorrem quando muitas plantas apresentam características de defesas químicas e físicas contra um grupo diverso de insetos e nestes são selecionadas as habilidade de se detoxificar uma variedade de substâncias produzidas pelas plantas (Futuyma, 1983).

Jermy (1976) e Bernays & Chapman (1988) questionaram a força seletiva dos insetos na resistência das plantas, como proposto por Ehrlich & Raven. Jermy (1976) postulou que a evolução das plantas foi influenciada principalmente por fatores de seleção como clima, solo e interações planta/planta do que pelo ataque de insetos, acarretando uma diversificação favorável para a evolução dos insetos fitófagos (Teoria da evolução seqüencial). Bernays & Graham (1988) por sua vez, sugeriram que a

preferência por uma determinada planta ocorreu onde a probabilidade de se deparar com um inimigo natural era menor, permitindo que uma especialização comportamental pudesse então se estabelecer entre o inseto e a planta.

Os estudos com algumas famílias de plantas, como Apiaceae (Berembaum, 1983), correlacionaram as substâncias secundárias com os insetos associados, proporcionando evidências que se ajustam às várias fases do processo evolutivo, descrito por Ehrlich & Raven (1964) e sugerem que a coevolução difusa entre plantas e seus inimigos têm sido freqüentes. Também para Thompson (1995), as substâncias secundárias vegetais certamente influenciaram a evolução das interações inseto/planta.

A coevolução é amplamente discutida na comunidade científica. Embora existam indicações desse processo, as evidências para a seleção de características vegetais por uma determinada espécie de herbívoro, ou combinação de várias, é muito circunstancial. A teoria de evolução da associação de plantas com borboletas proposta por Ehrlich & Raven (1964), por exemplo, não tem se confirmado em muitos trabalhos posteriores. Certamente, as investigações das interações entre borboletas e plantas em regiões tropicais, onde a diversidade de lepidópteros atingiu a máxima diversificação com utilização de diferentes partes dos recursos vegetais, podem contribuir muito no esclarecimento dos estudos sobre a coevolução (Lewinsohn et al., 1991).

2. Aspectos ecológicos

2.1. As relações de herbivoria

Muitos aspectos na vida do inseto, tais como comportamento, fisiologia e ecologia estão, de uma ou outra maneira, relacionados com a qualidade e a quantidade do alimento utilizado, tornando fundamentais as relações tróficas entre insetos e plantas (Slansky & Rodriguez, 1987; Panizzi & Parra, 1991). Além de alimento, as plantas fornecem também um lugar para o inseto viver e se reproduzir. Os insetos fitófagos dependem das plantas para sobreviver e estão sujeitos a todas as alterações que resultam das interações entre estas e o meio ambiente (Pizzamiglio, 1991).

Alguns fatores podem alterar significativamente a intensidade da herbivoria, como a distribuição ou densidade da planta hospedeira e o clima. O fogo no cerrado, por exemplo, pode beneficiar a herbivoria, pois induz a um novo crescimento levando ao aparecimento de folhas jovens e vigorosas (Seyffarth *et al.*, 1996) as quais geralmente apresentam uma concentração alta de nutrientes e baixa de compostos secundários que são mais atrativas a herbívoros do que as folhas maduras (Coley & Aide, 1991). Assim, a herbivoria nestas folhas é freqüentemente maior.

O clima é considerado um dos mais importantes fatores que interferem nas interações inseto-planta (Edwards & Wratten, 1981; Martinat, 1987; Pizzamiglio, 1991). A estação seca pode influenciar negativamente o desenvolvimento das plantas e assim afetar o herbívoro que delas se

alimentam. As variações climáticas (temperatura, umidade, insolação, ventos e chuva) atuam indiretamente na sobrevivência de insetos (Martinat, 1987).

Segundo Edwards & Wratten (1981), um dos maiores problemas dos insetos herbívoros é a perda de água pela exposição ao sol. Barosela (1999), verificou em *Xylopiia aromatica* que os indivíduos do subosque do cerrado *stricto sensu* e do cerradão, mais sombreados, podem favorecer a colonização por espécies diferentes daquelas do campo cerrado que se desenvolvem sob sol pleno. Fennah (1963 *apud* Pizzamiglio, 1991), pesquisando os fatores nutricionais relacionados às populações de tripes em folhas de cajueiro, observou que as ninfas e os adultos normalmente se alimentavam da parte inferior da folha onde se localizam os estômatos. Porém, se este lado da folha era exposto ao sol, os insetos se deslocavam para a parte superior da folha não atingida pelo sol. Em condições de alta umidade, o inseto tanto se alimenta do lado inferior como do lado superior da folha, este estudo sugere que o comportamento do inseto é dirigido, principalmente, para evitar exposição ao calor e à seca, sendo a presença dos estômatos um fator secundário. Os ventos afetam o vôo dos insetos e muitos deles diminuem sua atividade durante os períodos de ventos fortes ou quando o tempo está encoberto (Edwards & Wratten, 1981; Pizzamiglio, 1991) como ocorre com os adultos de *Pieris rapae* (Lepidoptera: Pieridae), por exemplo, que não voam e cujas fêmeas não depositam seus ovos nestes períodos (Pizzamiglio, 1991).

A pluviosidade e a umidade também influenciam a relação entre plantas e insetos. Verificou-se, por exemplo, que a mortalidade do bicho-mineiro do cafeeiro *Perileuoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) ocorria por afogamento quando as águas das chuvas invadiam as minas por ele construídas (Villacorta, 1980 *apud* Panizzi & Parra, 1991). Um outro exemplo de adaptação aos efeitos de fatores abióticos é o das lagartas que, para se protegerem contra a dessecação, tecem teias ou enrolam as folhas da planta hospedeira, criando um tubo onde ficam protegidas (Sagers, 1992).

Sabe-se, ainda, que a maioria dos insetos fitófagos está concentrada em seis grandes ordens, embora as plantas representem uma fonte de alimento evidente e farta nas comunidades terrestres (Schowalter, 2000). Além disso, menos de 1% da biomassa vegetal produzida anualmente pelos ecossistemas terrestres é consumida pelos insetos fitófagos, sugerindo que existem obstáculos que dificultam a utilização deste imenso potencial (Edwards & Wratten, 1981; Strong *et al.*, 1984). Os problemas mais evidentes são: a localização da planta hospedeira em meio a uma grande variedade de plantas; a exposição às variações de temperatura, ventos e chuvas; a permanência nas plantas e a penetração na superfície do alimento (folhas lisas, cerosas e pilosas) e a utilização de uma fonte de alimento que pode ser inadequada do ponto de vista nutritivo (Edwards & Wratten, 1981).

A habilidade de um inseto de se alimentar adequadamente envolve uma seqüência de comportamentos onde cada etapa facilita a seguinte,

sendo cinco as fases principais: (1) a localização do habitat da planta hospedeira; (2) o encontro da planta hospedeira; (3) o reconhecimento do alimento; (4) a aceitação; e (5) a adequação deste alimento (Edward & Wratten, 1981). Processos de reconhecimento do alimento e sua aceitação pelo inseto são facilmente simulados em laboratório e fornecem a maioria das evidências experimentais dos efeitos positivos das substâncias secundárias (Edwards & Wratten, 1981; Pizzamiglio, 1991).

Os movimentos dos insetos para localizar a planta hospedeira ocorrem em vários níveis de especialização. Alguns são diretamente orientados à planta em resposta a um gradiente de odor, outros ao estímulo visual e outros ainda aos sinais acústicos. O nível de integração dos estímulos permite achar a fonte com mais precisão. Esses movimentos orientados pelos estímulos são chamados de taxias. Os órgãos sensoriais dos insetos estão envolvidos na percepção dos estímulos das plantas como os visuais (cor e forma), táteis (contato), auditivos (som) e olfatórios (Chapman, 1982). Outros movimentos, que não são orientados por estímulos à planta, mas resultam no encontro do inseto com a planta, são chamados cineses (Edwards & Wratten, 1981).

Nos insetos, a seleção da planta hospedeira, o ato de se alimentar, a localização do parceiro para acasalamento, bem como a escolha do habitat para os descendentes é um comportamento controlado pela química do meio, como, por exemplo, as substâncias voláteis que emanam das plantas (Städler, 1984). Em alguns insetos, essa percepção é controlada pela

presença de determinadas substâncias no alimento, as quais estimulam receptores especialmente sintonizados com tais substâncias, como acontece com as lagartas de *Pieris brassicae* ou *P. rapae*, atraídas pelo óleo de mostarda (glicosinolatos) de suas plantas hospedeiras (Dethier, 1980).

Os quimiorreceptores são importantes na localização da planta hospedeira pelo inseto, embora dentro de uma comunidade vegetal algumas espécies são potencialmente mais vulneráveis ao ataque de insetos do que outras, devido a sua abundância, tamanho e arquitetura conspícua (Edwards & Wratten 1981; Pizzamiglio, 1991). Feeny (1976) denominou essas espécies de plantas evidentes, pela facilidade de serem encontradas pelos herbívoros. As plantas evidentes ou aparentes, são aquelas espécies lenhosas, perenes e constantes, amplamente suscetíveis à descoberta pelos pastadores o que as tornam mais vulneráveis ao ataque pelos insetos. Nestas teriam sido selecionadas defesas químicas quantitativas que são eficientes em concentrações relativamente altas (taninos, por exemplo) e são pobres em nutrientes. Essas substâncias atuam reduzindo a digestibilidade do material da planta para todos os herbívoros.

As plantas não evidentes ou não aparentes são aquelas espécies anuais efêmeras, de ciclo curto, porte pequeno e que não são facilmente detectadas pela comunidade de insetos. Nelas teriam sido selecionadas substâncias que são eficazes em pequenas concentrações (como alcalóides e glicosídeos) e apresentam crescimento rápido e maior produção de sementes. Para a planta, a produção desses compostos é relativamente

baixa, mas o seu efeito é restrito aos insetos não especialistas (Feeny, 1976).

Segundo Edwards & Wratten (1981), a seleção da planta é baseada principalmente em duas características: a habilidade em escolher uma folha que apresente características mais nutritivas para os insetos e a capacidade de discriminar o hospedeiro através das substâncias secundárias presentes na planta. Há vários exemplos demonstrando que a permanência ou partida de um inseto é baseada na presença de substâncias secundárias particulares em uma determinada concentração. O afídeo do repolho (*Brevicoryne brassicae*), por exemplo, que se alimenta quase exclusivamente em plantas da família Brassicaceae, reconhece a sua planta hospedeira pela presença de sinigrina.

As interações entre plantas e herbívoros são de grande importância, uma vez que os herbívoros, como consumidores primários, são hábeis para interferir na estrutura e funcionamento do ecossistema. Muitos dos problemas econômicos advindos dos distúrbios de ecossistemas tropicais estão relacionados com a infestação de herbívoros nas colheitas (Farnworth & Golley, 1975 *apud* Lewinhson, 1991).

2.2. Características vegetais envolvidas na herbivoria

Aspectos físicos

Algumas espécies de plantas apresentam características físicas que dificultam ou não a fixação e a alimentação pelo inseto. Uma cutícula dura e lisa, por exemplo, pode impedir o inseto de se agarrar na folha, exceto talvez na margem ou nas nervuras salientes. Os espinhos duros em folhas de algumas espécies vegetais dificultam o acesso de lagartas às margens, onde normalmente cortam e comem vorazmente.

Os tricomas ou pêlos são apêndices epidérmicos que podem retardar o crescimento e a reprodução dos insetos. Os tricomas com ganchos pequenos podem prender o inseto e levá-lo à morte por inanição e desidratação. Os pêlos glandulares, por exemplo, aqueles presentes em algumas espécies de batatas selvagens, liberam uma secreção pegajosa que adere às patas, imobilizando o herbívoro (Edwards & Wratten, 1981).

O conteúdo em fibras é outro importante fator que influencia o forrageio (Mattson & Scriber, 1987). As fibras, formadas de celulose (polissacarídeo) e lignina, juntamente com outras substâncias encontradas na superfície como a sílica, suberina e cutina, têm importante papel na resistência mecânica dos vegetais (Scriber, 1984; Bilbro *et al.*, 1991). A digestibilidade de plantas fibrosas pelos insetos é, geralmente, mais baixa do que daquelas que apresentam poucas fibras na sua constituição (Scriber, 1984) e a concentração de fibras geralmente aumenta com a maturação

foliar (Mattson & Scriber, 1987). A baixa digestibilidade das folhas maduras parece estar relacionada com a alta quantidade de fibras, a composição química e a redução do conteúdo de nitrogênio e água (Mattson & Scriber, 1987).

Aspectos nutricionais

Mattson & Scriber (1987) consideram o nitrogênio e a água como importantes mediadores nas relações de herbivoria. Aproximadamente 80% a 90% do nitrogênio vegetal estão sob a forma de proteínas, definindo o estado nutricional das plantas.

Scriber & Slansky (1981) propuseram que os níveis de nitrogênio e água encontrados nas plantas são positivamente correlacionados com a herbivoria, pois os insetos fazem uso desta fonte alimentar para o seu desenvolvimento e sobrevivência. Por outro lado, os autores observaram também que plantas que apresentam altos níveis de nitrogênio e água são mais tolerantes à herbivoria do que aquelas que apresentam baixos níveis destes nutrientes. Pode ser ressaltado, ainda, que plantas que apresentam baixo teor de nitrogênio e água tendem a apresentar uma riqueza de compostos secundários com base em carbono, como os fenóis e terpenóides, enquanto plantas ricas em nitrogênio e água tendem a apresentar compostos secundários com nitrogênio como os alcalóides, inibidores de proteínas e glicosídeos cianogênicos (Mattson, 1980; Bryant *et al.*, 1983).

Substâncias secundárias

O desenvolvimento histórico do conhecimento sobre a estrutura e o papel das substâncias secundárias levou os pesquisadores à conceituação do papel defensivo que essas substâncias exercem nas plantas em relação aos insetos fitófagos (Barz & Köster, 1981).

A existência de uma grande diversidade de substâncias vegetais secundárias, resultado da adaptação contínua de plantas às mudanças dos herbívoros, possibilitou a distinção de determinados grupos de compostos associados a certos grupos taxonômicos. Raramente, encontra-se uma espécie vegetal com várias classes diferentes de substâncias secundárias (Harborne, 1993).

As principais vias secundárias são: via do acetato-malonato (leva à síntese de compostos aromáticos, óleos voláteis fenilpropanóides, cutina); via do ácido chiquímico (produtora dos compostos fenólicos, alguns aminoácidos, alcalóides) e via do acetato-mevalonato, produtora dos terpenóides (monoterpenos, diterpenos, triterpenos, sesquiterpenos), outros óleos voláteis, resinas, glicosídeos saponínicos, triterpenoídicos, lactonas sesquiterpênicas, fitoecdisonas, carotenóides e hormônios. Os flavonóides são de origem mista, das vias do acetato-malonato e ácido chiquímico. (Mann, 1987).

Segundo Dethier (1980), aparentemente, a evolução da preferência alimentar nos insetos foi influenciada pelo desenvolvimento de substâncias secundárias nas plantas. Algumas dessas substâncias podem ser atraentes para algumas espécies ou ter papel de defesa contra outros grupos de

fitófagos. Para Rhoades (1979) estes compostos são considerados essenciais na sobrevivência das plantas e representam um aspecto importante na mediação das interações planta-herbívoro e nos vários sistemas biológicos.

As substâncias secundárias possuem uma série de vantagens, entre as quais a sua especificidade. Alguns grupos de alcalóides, como os pirrolizidínicos, atuam como repelentes (Freeman & Andow, 1983; Bernays & Chapman, 1994). Outras substâncias como flavonóides e terpenos voláteis servem como atrativos visuais ou olfativos atuando como mediadores da polinização (Rhoades, 1979), protegem contra a incidência de raios ultravioletas, minimizam a herbivoria e a infecção por fungos e bactérias e controlam a ação de hormônios vegetais (Zuanazzi, 1999).

Nos herbívoros, foram selecionados mecanismos e estratégias para sobrepujar estes obstáculos, como adaptações bioquímicas e fisiológicas, desenvolvimento de novos hábitos alimentares e novas preferências. A detoxificação é um desses mecanismos, no qual o inseto consegue neutralizar as toxinas mediante modificações químicas *in vivo* ou, ainda, armazená-las em tecidos especiais em seu organismo, utilizando-as na sua própria defesa, afetando desta forma sua relação com seus predadores (Harborne, 1993).

Nas plantas, as substâncias secundárias são encontradas em diferentes partes, distribuindo-se de forma heterogênea. Geralmente, a porção superficial, percebida prontamente pelos animais, concentra mais substâncias secundárias que estão associadas com a função de proteção

contra a herbivoria (Rodrigues *et al.*, 1984; Harborne, 1993). A produção dessas substâncias não é constante, variando com a idade do tecido, com os fatores externos (intensidade, duração e quantidade de luz, disponibilidade e qualidade de nutrientes, umidade, temperatura, ataque de insetos e doenças) e, principalmente, com os fatores intrínsecos (genéticos) de cada espécie (Almeida, 1990).

Os sistemas de defesa podem ser alterados não só pelo estresse físico (seca, solos deficientes, poluição e competição com outras plantas), mas também por aquele provocado pelo ataque de herbívoros e patógenos. As injúrias provocadas podem desencadear nas plantas uma seqüência de eventos para reduzir os danos presentes ou futuros, como a modificação das propriedades químicas desses tecidos que, conseqüentemente, influenciam o crescimento e o desenvolvimento dos herbívoros ou patógenos (Rhoades, 1983).

As espécies que ocorrem em regiões tropicais demonstram conter maiores níveis de substâncias secundárias do que espécies de regiões temperadas. Nos trópicos, as condições para o crescimento de plantas e animais são favoráveis durante o ano todo e a diversidade de fitófagos é maior. A presença de defesas altamente eficazes permite que as plantas se mantenham sempre verdes o ano todo e estejam menos vulneráveis ao pastejo excessivo. Nas florestas tropicais a quantidade de folhagem consumida pelos insetos é geralmente menor que 10% (Edwards & Wratten, 1981).

O Brasil é considerado o país com a maior diversidade genética vegetal do mundo, sendo que mais da metade destas estão nas regiões tropicais (Dias, 1996). Sabe-se que cada uma das populações vegetais naturais é resultado de uma série de eventos edafo-climáticos e ecológicos variáveis no tempo e no espaço (Reis & Mariot, 1999). Assim, pode-se dizer que cada bioma brasileiro tem uma diversidade de plantas adaptadas as suas condições ambientais e em equilíbrio dinâmico com intrincadas relações entre as espécies da flora e da fauna (Reis & Mariot, 1999). A vegetação de cerrado, por exemplo, por apresentar baixa disponibilidade de nutrientes, devido às condições do solo, investe mais em defesas quantitativas, com base em carbono, como lignina e tanino, do que as plantas de mata (Salatino, 1993). Por exemplo, os taninos são compostos fenólicos encontrados com grande frequência em altas concentrações, em todas as classes de plantas vasculares. Sua ação está relacionada com sua habilidade de precipitar proteínas e ao seu sabor adstringente (Swain, 1979; Harborne, 1993).

O trabalho clássico de Feeny (1970) com lagartas de mariposas (*Operophtera brumata*) em folhas de carvalho (*Quercus robur*) correlacionou o conteúdo de taninos com a taxa de herbivoria durante o ano. As folhas de *Q. robur* são fonte alimentar para as larvas de muitas espécies de insetos. A maioria delas concentraram a sua alimentação no início da primavera, quando o conteúdo de tanino atingiu 0,66% de peso seco. Um número muito menor de espécies e de indivíduos esteve presente após junho, quando o conteúdo de taninos atingiu 5,5% de peso seco no mês de

setembro. O autor observou que as larvas de mariposa de inverno que foram alimentadas com uma dieta artificial contendo 1% de peso fresco em taninos da folha do carvalho, mostraram uma redução significativa no crescimento larval e no peso pupal. Uma vez que a maior parte do nitrogênio nas folhas (cerca de 80% a 90%) se encontra na forma de proteínas, os taninos presentes reduziram drasticamente a disponibilidade de nitrogênio. Então, a proteína disponível numa folha pode ser medida melhor não pelo seu conteúdo, mas pela sua relação com o tanino, que é muito baixa no mês de maio.

As plantas, principalmente as tropicais, passaram por uma história evolutiva de intensa pressão de herbivoria, tendo sido selecionadas à mesma com um conjunto de defesas físicas e químicas (Coley & Aide, 1991). Estes autores salientaram também que os estudos de interação nas comunidades tropicais permitiriam o esclarecimento de várias questões ambientais e evolutivas.

3. Interações entre lepidópteros e plantas nas áreas de cerrado

O cerrado brasileiro ocupa cerca de 2 milhões de km² e ocorre em 13 unidades da Federação: Bahia, Ceará, Distrito Federal, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Piauí, Rondônia, São Paulo e Tocantins (Ratter & Dargie, 1992; Ratter *et al.*, 1997). O cerrado se destaca por sua biodiversidade e constitui o segundo maior bioma do Brasil.

A flora do cerrado é considerada a mais rica dentre as savanas do mundo. Sua riqueza em espécies de árvores e arbustos é muito superior à das savanas do Suriname ou da Venezuela. Estima-se que a flora do cerrado possa alcançar entre 4 e 10 mil espécies de plantas vasculares, superior ao de grande parte de outros ecossistemas mundiais (Goodland & Ferri, 1979; Ratter *et al.*, 1997).

Entre as mais freqüentemente encontradas neste bioma está a família Malpighiaceae. No Brasil ocorrem 32 gêneros desta família com cerca de 300 espécies, distribuídas em diferentes regiões (Barroso, 1984). Segundo Cronquist (1981), esta família é caracterizada por apresentar em sua maioria cristais de oxalato de cálcio. As espécies de alguns gêneros possuem caracteristicamente glândulas secretoras e são taníferas. Encontram-se gêneros de Malpighiaceae que produzem alcalóides do grupo indol (especialmente de beta-carbolina) e grupos triptofanos. Henriques *et al.* (1999), descrevem também a presença de alcalóides pirrolizidínicos e mistos em espécies desta família.

Alguns estudos no cerrado vêm demonstrando grande riqueza de lepidópteros. Brown & Mielke (1967) e Mielke (1968) relacionaram 621 espécies de borboletas e sugeriram um total de 984 espécies para o Planalto Central Brasileiro. Becker (1991) estimou de 5000 a 8000 espécies de mariposas para a região do cerrado.

No trabalho de Diniz & Moraes (1995), realizado em cerrado *stricto sensu* de Brasília, foram encontradas 179 espécies de lepidópteros imaturos (19 de borboletas e 160 de mariposas) em 80 espécies de plantas hospedeiras locais. Os autores também verificaram uma maior riqueza de larvas em *Byrsonima* spp. (Malpighiaceae), *Erythroxylum* sp. (Erythroxylaceae) e *Qualea* spp. (Vochysiaceae). Outras observações das mesmas autoras (1997) sugerem que a maioria das espécies de larvas de lepidópteros do cerrado ocorre exclusivamente em uma espécie ou gênero de planta.

O estudo da diversidade das relações entre herbívoros, principalmente de lepidópteros, e de plantas do cerrado, é ainda pouco representativo se comparado com a estimativa de sua riqueza. As investigações sobre a relação entre herbívoros e plantas do cerrado poderão auxiliar no entendimento das adaptações desses organismos ao longo da evolução neste bioma.

II. Objetivos Gerais da Tese

O estudo teve como objetivo geral analisar as relações entre larvas de lepidópteros e espécies de Malpighiaceae em duas Reservas de Cerrado do Estado de São Paulo, através da:

- quantificação, identificação das espécies de lepidópteros encontradas nas espécies vegetais estudadas e comparação entre as três espécies vegetais freqüentes e comuns às duas áreas.
- análise quantitativa das substâncias secundárias (alcalóides e taninos) e características nutritivas (nitrogênio) das espécies vegetais freqüentes nas Reservas.
- análise da relação entre a fauna de larvas de lepidópteros e estas substâncias encontradas em três espécies de Malpighiaceae freqüentes e comuns às duas Reservas.

III. Bibliografia

Almeida, F.S. 1990. Alelopatia, a defesa das plantas. *Ciência Hoje* 11 (62):40-45.

Barosela, J. R. 1999. *Herbivoria foliar em Xylopia aromatica (Lam.) Mart. de três fisionomias de cerrado e sua relação com o teor de taninos, valor nutritivo e entomofauna associada*. Dissertação de mestrado do Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de São Carlos. 72 p.

Barroso, G. M. 1984. *Sistemática de Angiospermas do Brasil. Vol 2*. Viçosa, UFV, Imp. Univ. 377p.

Barz, J. & Köster, J. 1981. Turnover and degradation of secondary (natural) products. In: Stumpf, P. K. & Conn, E.E. (eds) *The biochemistry of plants. A comprehensive treatise Vol 7, Secondary plants products*. Academic Press, 798p.

Becker, V. O. 1991. Fauna de lepidópteros dos cerrados: composição e afinidades com as faunas das regiões vizinhas. *I Encontro de Botânicos do Centro Oeste (Brasília, DF)* 91 p.

Berembaum, M. 1983. Coumarins and caterpillars: a case for coevolution. *Evolution* 37:163-179.

Bernays, E. A. & Chapman, R. F. 1988. On the evolution of host specificity in phytophagous insects. *Ecology* 69:886-892.

Bernays, E. A. & Chapman, R. F. 1994. *Host-Plant Selection by Pytophagous Insects* Chapman & Hall, Inc. USA.

Bilbro, J. D.; Undersander, D. W.; Fryrear, D. W. & Lester, C. M. 1991. A survey of lignin, cellulose, and acid detergent fiber ash contents of several plants and implications for wind erosion control. *Journal of Soil and Water Conserv.* 46 (4):314-316.

Brown, B. J. & Mielke, O. H. 1967. Lepidoptera of the central Brazil plateau. I Preliminary list of Rhopalocera: Introduction, Nymphalidae, Libytheidae. *J. Lepid. Soc.* 21(2): 77-106.

Bryant, J. P.; Chapin, F. S. & Klein, D. R. 1983. Carbon/nutrient balance of boreal plants in relation to vetebrate herbivory. *Oikos* 40:357-368.

Chapman, R. F., 1982. Chemoreception: The significance of receptor numbers. *Advances in Insect Phsiology* 16:247-333.

Coley, P. D. & Aide, T. M. 1991. Comparison of herbivory and plant defenses in temperate and tropical broad-leaved forest. *In*: Price, P.W.; Lewinsohn T. M.; Fernandes, G.W. & Benson, W. W. (Eds.) *Plant-animal interactions: evolutionary ecology in tropical and temperate regions*. John Wiley & Sons, Inc. USA. 25-49.

Cronquist, A. 1981. *An integrated System of classification of flowering plants*. The New York Botanic Garden. Columbia University Press. New York. 1262p.

Dethier, V. G. 1976. The importance of stimulus patterns for host-plant recognition and acceptance. *Symp. Biol. Hung.* 16:67-70.

Dethier, V. G. 1980. Evolution of receptor sensitivity to secondary plant substances with special reference to deterrents. *Am. Natur.* 115:45-66.

Dias, B. F. S. 1996. *A implementação da convenção sobre diversidade biológica no Brasil: desafios e oportunidades*. André Tosello. Campinas. 10 p.

Diniz, I. R. & Morais, H. C. 1995. Larvas de Lepidoptera e suas plantas hospedeiras em um cerrado de Brasília, DF, Brasil. *Revista Bras. Ent.* 39 (4): 775-770.

- Diniz, I. R. & Morais, H. C. 1997. Lepidopteran caterpillar fauna of cerrado host plants. *Biodiversity and Conservation* 6: 817-836.
- Edwards, P. J. & Wratten, S. D. 1981. Ecologia das interações entre insetos e plantas. Coleção *Temas de biologia*, vol. 27. EPU. São Paulo. 71p.
- Ehrlich, P. R. & Raven, P. H. 1964. Butterflies and plants; A study in coevolution. *Evolution*. 18: 586-608.
- Feeny, P. 1970. Seasonal changes in oak leaf tannins nutrients as a cause of spring feeding by winter moth capillar. *Ecology* 51: 565-81.
- Feeny, P. 1976. Plant aparency and chemical defense. *Recent. Adv. Phytochem.* 10: 1-40.
- Freeman, A. B. & Andow, D. A. 1983. Plants protecting plants: the use of insect feeding deterrents. *Scient. Hort.* 34: 48-53.
- Futuyma, D. J. 1983. Evolutionary interactions among herbivorous and plants. *In: Futuyuma, D.J. & Slatkin, M. (eds). Coevolution.* Sunderland, M. A., Sinauer, 207-231.
- Futuyma, D. J. 1998. *Biologia Evolutiva*. 2 ed. Sociedade Brasileira de Genética/CNPq, Ribeirão Preto, SP, 646p.

Goodland, R. & Ferri, M. G. 1979. *Ecologia do cerrado*, Ed. Itatiaia/ EDUSP, São Paulo, SP. Coleção Reconquista do Brasil 52, 193p.

Harborne, J. B. 1993. *Introduction to ecology biochemistry*. 4^a ed. Academic Press, Londres, 1-318.

Henriques, A. T.; Kerber, V. A. & Moreno, P. R. H. 1999. Alcalóides: generalidades e aspectos básicos. *In*: Simões, C. M. O.; Schenkel, E. P.; Gosmann, G.; Mello, J. C. P; Mentz, L. A. & Petrovick, P. R. (Orgs.). *Farmacognosia da planta ao medicamento*. RS e SC, Editora da UFSC e da Universidade/UFRGS, cap 29, p 641-677.

Janzen, D. H. 1980. When is it coevolution? *Evolution* 34:611-612.

Jermy, T. 1976. Insect-host-plant relationship-coevolution or sequential evolution? *Symp. Biol. Hung.* 16:109-113.

Lewinsohn, T. M.; Fernandes, G. W.; Benson, W. W.; Price, P. W. 1991. Introduction: Historical roots and current issues in tropical evolutionary ecology. *In*: Price, P.W.; Lewinsohn T. M.; Fernandes, G.W. & Benson, W. W. (eds.) *Plant-animal interactions. evolutionary ecology in tropical and temperate regions*. John Wiley & Sons, Inc. USA. 179-225.

Mann, J. 1987. *Secondary Metabolism*. Clarendon Press. Oxford. 374p.

Martinat, P. J. 1987. The role of climatic variation and weather in forest insect outbreaks. *In*: Barbosa, P. & Sckultz, J. C. (eds). *Insects outbreaks*. Academic Press, Inc. 241-268.

Mattson, W. J. 1980. Herbivory in relations to plant nitrogen content. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 11: 119-161.

Mattson, W. J. & Scriber, J. M. 1987. Nutritional ecology of insect folivores of woody plants: nitrogen, water, fiber and mineral considerations. *In*: Slansky, F. & Rodriguez, J. G. (eds) *Nutritional ecology of insects, mites, spiders and related invertebrates*. 'Wiley-Interscience Publication, 105-145.

Mielke, O. H. H. 1968. Lepidoptera of the central plateau. II New genera species, and subspecies of Hesperiidæ. *J. Lepid. Soc.* 22(11): 1-20.

Opler, P. A. 1973. Fossil lepidopterous leaf miners demonstrate the age of some insect-plant relationships. *Science* 179:1321-1323.

Panizzi, A. & Parra, J. R. 1991. Introdução à ecologia nutricional de insetos. *In*: Panizzi, A. & Parra, J. R. (eds). *Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas*. São Paulo, Manole Ltda, 1-8.

- Pizzamiglio, M. A. 1991. Ecologia das Interações Inseto Plantas. *In*: Panizzi, A. & Parra, J. R. (eds). *Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas*. São Paulo, Manole Ltda. VI-359
- Ratter, J. A. & Dargie, T. C. D. 1992. An analysis of the floristic composition of 26 cerrado areas in Brazil. *Edinb. J. Bot.* 49 (2): 235-250.
- Ratter, J. A.; Ribeiro, J. F. & Bridgewater, S. 1997. The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Annals of Botany* 80 (3): 223-230.
- Reis, M. S. & Mariot, A. 1999. Diversidade natural e aspectos agrônômicos de plantas medicinais. *In*: Simões, C. M. O.; Schenkel, E. P.; Gosmann, G.; Mello, J. C. P; Mentz, L. A. & Petrovick, P. R. (orgs.). *Farmacognosia da planta ao medicamento*. RS e SC, Editora da UFSC e da Universidade/UFRGS.
- Rhoades, D. F. 1979. Evolution of plant chemical defence against herbivores. *In*: Rosenthal, G. A. & Janzen, D. H. (eds). *Herbivores their interaction with Secondary Plant Metabolites*. Academic Press, New York, 4-45.

- Rhoades, D. F. 1983. Herbivore population dynamics and plant chemistry. *In*: Denno, R. F. & Mc Clure, M. S. (eds). *Variable Plants and Herbivores in Natural and Managed Systems*. Academic Press, New York, 155-220.
- Rodrigues, E.; Healey, P. L. & Mehya, I. (eds). 1984. *Biology and chemistry of plant trichomes*. Plenum, New York, 1-255.
- Sagers, C. L. 1992. Manipulation of host plant quality: herbivores keep leaves in the dark. *Functional Ecology*, 6: 741-743.
- Salatino, A. 1993. Chemical ecology and the teory of oligotrophic escleromorfism. *An. Acad. Bras. Ci.* 65 (1): 1-13.
- Schowalter, T. D. 2000. Insect ecology: an ecosystem approach. New York. Academic Press. 483 p.
- Scriber, J. M. 1984. Host – plant suitability. *In*: Bell, W. J & Cardé. R. T. (eds.) *Chemical Ecology of Insects*. Sinauer, Sunderland, 159-202.
- Scriber, J. M. & Slanky Jr, F. 1981. The nutritional ecology of immature arthropds. *Annu. Rev. Entomol.* 26:183-211.

- Seyffarth, J. A.; Calouro, A. M. & Price, P. W. 1996. Leaf roller in *Ouratea hexasperma* (Ochnaceae): Fire effect and the plant vigor hypothesis. *Revista brasil. Biol.* 56 (1): 135-137.
- Slansky, F. Jr. & Rodriguez, J. G. (eds.), 1987. *Nutritional ecology of insects, mites, spiders, and related invertebrates*. A Wiley-Interscience. New York. 995p.
- Städler, E. 1984. Contact chemoreception. *In*: Bell, W. J. & Cardé, R. T. *Chemical Ecology of Insects* (ed. by W. J. Bell and R. T. Cardé). Chapman & Hall, U.K. 335p.
- Strong, D. R.; Lawton, J. H. & Southwood, S. R. 1984. *Insect on plants, Community patterns and mechanisms*. Blackwell Scientific Publications. 157.
- Swain, I. 1979. Tannins. *In*: Rosenthal, G. A. & Janzen, D. H. (eds). *Herbivores. Their interaction with secondary plant metabolites*. Academic Press. 718p.
- Thompson, J. N. 1995. Coevolution is back. *Tree* 10 (4): 174-175
- Zuanazzi, J. A. S. 1999. Flavonóides. *In*: Simões, C. M. O.; Schenkel, E. P.; Gosmann, G.; Mello, J. C. P; Mentz, L. A. & Petrovick, P. R. (orgs.).

Farmacognosia da planta ao medicamento. RS e SC, Editora da UFSC e da Universidade/UFRGS.

Zwölfer, H. 1982. Patterns and driving forces in the evolution of plant insect system. *5 th Int. Symp. Plant-Insect Relationships*, Wageningen, the Netherlands, 287-296.

CAPÍTULO 1

A composição de lagartas em Malpighiaceae em áreas de cerrado fragmentadas

Introdução

O bioma cerrado, que representava cerca de 14% do Estado de São Paulo, encontra-se bastante fragmentado, ocupando atualmente apenas cerca de 1% do mesmo (SMA, 1997). Alguns dos fatores envolvidos com o crescente desmatamento são a precária fiscalização da legislação e a sua localização em áreas de grande interesse de agro-pecuário.

A fragmentação causa, primeiramente, o isolamento de um remanescente vegetal e a alteração micro-climática. O isolamento das áreas altera o ciclo hidrológico, o fluxo do vento e os nutrientes do solo. A variação espacial, como o isolamento e a distância com outros remanescentes, influencia nas alterações físicas e biogeográficas do ambiente e estas são modificadas pelo tamanho, forma e posição do fragmento (Sauders *et al.*, 1991).

Geralmente os fragmentos, resultantes de desmatamentos, têm sido tratados como ilhas (Baz & Garcia-Boyer, 1995) e as mudanças que resultam deste isolamento são amplamente discutidas na literatura, com base na teoria de equilíbrio das ilhas proposta por MacArthur & Wilson (1963, 1967).

Segundo esta teoria, o número de espécies em uma ilha tende a um equilíbrio, um balanço entre extinções e migrações. Este equilíbrio é, em parte, determinado pelo tamanho e pela posição da ilha. Ilhas pequenas teriam menor número de espécies que as maiores, uma vez que ilhas pequenas conteriam populações menores e mais vulneráveis à extinção.

Ilhas mais isoladas teriam menor número de espécies que ilhas próximas devido a maior dificuldade de colonização (MacArthur & Wilson, 1963, 1967). Assim, cada fragmento ou ilha apresenta uma diversidade de plantas e de animais os quais interagem entre si e, o conhecimento desta diversidade ajuda na compreensão da dinâmica das relações ecológicas nos sistemas naturais. A intensidade e o tipo de interação pode variar no tempo e no espaço dependendo das condições bióticas e abióticas presentes. As interações podem mudar durante o ciclo de vida ou diferir conforme o sexo dos organismos envolvidos. Por exemplo, lepidópteros imaturos (lagartas) são herbívoros, mas os adultos são polinizadores (Schowalter, 2000). Outra importante relação ecológica diz respeito à especificidade dos insetos em relação a uma planta hospedeira. A riqueza de espécies de insetos herbívoros nas regiões tropicais é considerada um importante parâmetro no modelo de mapeamento da biodiversidade global (Price, 1991).

Os fatores que determinam a biodiversidade de espécies dentro de um fragmento têm sido amplamente discutidos por estudiosos de ecologia das comunidades. Foram propostos alguns modelos para a distribuição de espécies e sua abundância dentro de uma variedade de ecossistemas (Summerville & Crist, 2003; MacArthur & Wilson, 1963, 1967).

A grande diversidade de insetos em fragmentos de um mesmo ecossistema tem levado a investigações minuciosas das suas diferenças, principalmente, quando se trata de organismos que são sensíveis às pequenas variações ambientais como os lepidópteros, que são considerados importantes indicadores da ação antrópica no ambiente (Brown & Freitas,

2000; Kerr *et al.*, 2000). Alguns fatores podem influenciar a comunidade destes organismos locais como o histórico da área e a biogeografia. As diferenças florísticas podem também influenciar a composição e a diversidade de lepidópteros (Summerville *et al.*, 2001).

Entre as regiões tropicais com maior biodiversidade está o bioma do cerrado no qual a abundância e a riqueza da fauna de lagartas (Lepidoptera) varia entre as plantas hospedeiras e as áreas (Diniz & Moraes, 2002). Assim, o conhecimento da composição destes herbívoros por espécie de planta pode ajudar a compreender a importância das características morfológicas, químicas e fenológicas dos vegetais envolvidos nas relações com seus herbívoros (Andrade *et al.*, 1999).

Sabe-se também que a fauna de lagartas está intimamente relacionada com as características das plantas (Andrade *et al.*, 1999). As espécies vegetais de um mesmo gênero apresentam muitas características morfológicas, químicas e anatômicas semelhantes. As características derivadas são frequentemente vistas como evidência de que membros de um mesmo gênero apresentam um ancestral comum e são monofiléticos. Assim, se as espécies de um mesmo gênero têm caracteres derivados próximos, se espera que a sua fauna a ela associada apresente uma maior similaridade.

O objetivo deste trabalho é caracterizar a fauna de lepidópteros em espécies de *Malpighiaceae* em duas Reservas de Cerrado no Estado de São Paulo, avaliar a similaridade da fauna em três espécies desta família que são comuns aos dois fragmentos e comparar esses dados com a

composição de lagartas encontrada no cerrado de Brasília (Reserva Ecológica do IBGE, o Jardim Botânico de Brasília, Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília e em uma área da EMBRAPA em Planaltina, DF), descritos nos trabalhos de Diniz & Morais (1995, 1997) e Diniz et al. (2001).

Material e Métodos

O estudo foi realizado na Gleba Pé-de-Gigante, Parque Estadual de Vassununga, Santa Rita do Passa Quatro, SP, localizada nas coordenadas de 21°35'S e 47°35'W (Fig. 1) e na Reserva de Corumbataí, Corumbataí, SP, localizada nas coordenadas 22° 15' S e 47° 00' W (Fig. 2). A área total da Gleba Pé-de-Gigante corresponde a 1060,03ha (Castro, 1987). A Reserva de Corumbataí, de 38,7ha, foi adquirida pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) em 1962 e hoje se encontra sob responsabilidade da UNESP – *Campus* de Rio Claro, estando protegida da ação antrópica e das queimadas há mais de 25 anos, segundo César *et al.* (1988). Portanto, hoje protegida há mais de 30 anos.

Figura 1. A. Localização das cidades Santa Rita do Passa Quatro e Corumbataí no estado de São Paulo, onde estão situadas as Reservas de Cerrado Pé-de-Gigante e Corumbataí, respectivamente. B. Vista aérea da Reserva de Cerrado Pé-de-Gigante, Santa Rita do Passa Quatro, SP.

Figura 2. Esquema da Reserva de Cerrado de Corumbataí –SP, evidenciando e a localização da área em relação às cidades próximas no estado de São Paulo (César *et. al.*, 1988).

As observações foram realizadas quinzenalmente, de março de 2001 a junho de 2002 e posteriormente, entre abril de 2003 a maio de 2004, perfazendo um total de 30 meses. Verificou-se a presença de lagartas que estavam se alimentando em 25 indivíduos de cada espécie de Malpighiaceae em cada coleta. As espécies de Malpighiaceae selecionadas para o estudo foram: *Byrsonima intermedia* A. Juss., *Byrsonima coccolobifolia* H. B. & K., *Byrsonima verbascifolia* A. Juss., *Byrsonima crassa* Niedensu (sinomínia: *B. pachyphylla*, Proença *et al.*, 2001), *Banisteriopsis pubipetala* (A. Juss.) Cuatr., *Banisteriopsis stellaris* (Griseb.) B. Gates, *Banisteriopsis adenopoda* (A. Juss.) B. Gates e *Banisteriopsis argyrophylla* (A. Juss.) B. Gates (Fig. 3). As larvas foram coletadas e criadas até a fase adulta para identificação.

Foram calculadas a riqueza (número de espécies), a abundância (número de indivíduos) de lepidópteros por espécie vegetal. A comparação entre as espécies foi feita uma Análise de Cluster (dendrograma), baseada na distância de similaridade de Jaccard, usando o Programa de Análise de Multivariada de Dados Ecológicos – PCORD4 for Windows versão 4.2 (McCune & Melford, 1999). O método de agrupamento utilizado para a Análise de Cluster foi “nearest neighbor”. Para análise foram compilados dados da riqueza e abundância de lepidópteros encontrados nas Malpighiaceae das duas áreas.

Capítulo 1: Composição de lagartas em Malpighiaceae

Bvrsonima intermedia

Bvrsonima coccolobifolia

Bvrsonima crassa

Bvrsonima verbascifolia

Banisteriopsis stellaris

Banisteriopsis pubipetala

Banisteriopsis aravrophylla

Banisteriopsis adenopoda

Figura 3. Espécies de Malpighiaceae predominantes na Reserva Pé-de-Gigante (Santa Rita do Passa Quatro) e Corumbataí (Corumbataí), SP.

Além disso, comparou-se a diversidade de espécies de lepidópteros encontradas em três espécies freqüentes nas duas Reservas de Cerrado: *Byrsonima intermedia*, *Byrsonima coccolobifolia* e *Banisteriopsis stellaris*. A comparação entre as reservas foi feita a Análise de Cluster (dendrograma) e análise de Ordenação Bray-Curtis, baseada na distância de Similaridade Relativa de Sorensen, usando o Programa de Análise de Multivariada de Dados Ecológicos - PCORD 4 for Windows versão 4.20 (McCune & Melford, 1999). Para análise de Ordenação Bray-Curtis, compilou-se os dados de números de indivíduos de cada espécie de lepidóptero encontrada em cada espécie de Malpighiaceae de cada Reserva (Tab.1, 2 e 3).

Comparou-se, ainda, os dados dessas áreas com os encontrados nas áreas de cerrado de Brasília (Área de Proteção Ambiental Gama-Cabeça do Veado e Embrapa Planaltina) e descritos nos trabalhos de Diniz & Moraes (1995, 1997) e Diniz *et al.* (2001), levando-se em consideração apenas as espécies identificadas ou morfoespécies que foram semelhantes quando comparadas morfológicamente às daquelas Reservas (Tab. 4).

Calculou-se a similaridade de lagartas entre as duas áreas estudadas através do índice de similaridade de Jaccard (S_{ij}'').

$$S_{ij}'' = \frac{a}{a + b + c}$$

onde a = número de espécies presentes nas duas áreas estudadas; b = número de espécies presentes apenas na área i ; e c = número de espécies presentes apenas na área i' .

Resultados e Discussão

1. Fauna de lagartas associada à Malpighiaceae

A ocorrência de lagartas é muito freqüente nas espécies de Malpighiaceae (Diniz & Moraes, 1995). Neste estudo foram encontradas 1.460 indivíduos de 45 morfoespécies de lagartas em oito espécies de Malpighiaceae (Fig. 4 e Tab. 1, 2 e 3), sendo 877 indivíduos de 37 morfoespécies na Gleba Pé-de-Gigante e 583 indivíduos de 27 morfoespécies na Reserva de Corumbataí (Fig. 5, 6 e 7).

Entre as espécies que ocorrem nas duas Reservas, *Byrsonima intermedia* apresentou o maior número de lagartas e de morfoespécies e a maior diversidade, enquanto que em *Banisteriopsis stellaris* estes índices foram os menores (Fig. 4 e Tab. 1, 2 e 3).

Observou-se também que as espécies *Byrsonima crassa* e *Byrsonima verbascifolia* apresentaram maior similaridade de morfoespécies de lagartas se comparada com as outras espécies. Outro grupo que apresentou também uma similaridade alta foi *Byrsonima intermedia*, *Byrsonima coccolobifolia* e *Banisteriopsis pubipetala* (Tab. 5, Fig. 8). Neste caso, as diferenças de

características taxonômicas dos dois gêneros parecem não influenciar na escolha do herbívoro. Provavelmente, estas espécies apresentam outras características que podem estar influenciando na diversidade de herbívoros, tais como características das folhas que facilitam e diminuem o tempo de construção de abrigos foliares (Hochuli, 2001), defesas físicas e as características químicas que serão discutidas no Cap. 2.

Outro fator que pode interferir na riqueza e abundância de herbívoros é a pilosidade (Matsuki *et al.*, 2004). A presença de tricomas nas plantas hospedeiras pode interferir na escolha de algumas lagartas, quando os utilizam para a formação dos abrigos (Andrade *et al.*, 1995; Andrade *et al.*, 1999). *Gonioterma exquisita* Duckworth, 1964 (Elachistidae), por exemplo, utiliza esses pêlos para a construção dos abrigos e parece preferir espécies mais pubescentes (*Byrsonima verbascifolia*) (Andrade *et al.*, 1999), enquanto que as lagartas de *Cerconata achatina* Zeller, 1855 (Elachistidae) não usam essas estruturas como abrigos e ocorrem mais frequentemente em plantas com folhas glabras, como *Byrsonima coccolobifolia* onde representam 47% da fauna de lagartas (Andrade *et al.*, 1995; Andrade *et al.*, 1999). Estes mesmos autores observaram que a frequência e a abundância das lagartas apresentavam uma correlação positiva com as diferenças de densidade de tricomas entre as espécies de *Byrsonima*. Andrade *et al.* (1999) ressaltaram a relação da menor densidade de tricomas em folhas adultas com maior infestação de lagartas em *Byrsonima crassa*, *Byrsonima verbascifolia* e *Byrsonima coccolobifolia*. A

relação da pilosidade dessas plantas e a herbivoria foliar será discutida no Cap. 3.

Algumas morfoespécies de lagartas parecem estar localmente associadas a uma única espécie de Malpighiaceae (62,16% da Reserva Pé-de-Gigante e 55,5% das morfoespécies das lagartas da Reserva de Corumbataí). É o caso dos licenídeos *Lasaia agesilaus* Latrielle 1813, *Lepricornis atricolor* Butler, 1871 e *Tecla* sp., o riodinídeo *Emesis russula* Stichel, 1910, o pierídeo *Eurema* sp. e o crambídeo *Lamprosema clausalis* Dogninn 1910 (Pyraustinae), que só foram encontradas em *Byrsonima intermedia*. Já *Aclytia* sp. (Arctiidae) e *Phobetron hipparchia* Cramer, 1777 (Limacodidae) foram encontradas somente em *Byrsonima coccolobifolia*. Em *Banisteriopsis stellaris* encontraram-se apenas duas espécies de hesperídeos. *Banisteriopsis adenopoda* apresentou somente uma espécie de geometridae. *Banisteriopsis argyrophylla* apresentou uma espécie de Gelechiidae, não identificada, como exclusiva (Tab. 1 e 2). Embora duas dessas espécies, *Emesis russula* (Riodinidae) e *Phobetron hipparchia* (Limacodidae), tenham sido encontradas localmente se alimentando somente de uma espécie de Malpighiaceae, elas foram descritas como polípagas em outras áreas de cerrado (Diniz & Moraes, 1997). Segundo as autoras, em Brasília, *Emesis russula* se alimenta de várias espécies de plantas pertencentes 14 famílias e *Phobetron hipparchia* se alimenta de plantas de nove famílias. Esse resultado ressalta a importância de avaliar-se com cuidado a relação de especificidade entre espécies de lagartas e plantas pois essas relações podem ser singulares em determinadas áreas devido ao isolamento

geográfico, dentre outros fatores. Essa dificuldade de medir a especificidade ao hospedeiro já havia sido mencionada por Novotny (2002) que comentou que essa limitação é devido ao fato de que a maioria dos estudos incluem amostras de somente certos grupos taxonômicos ou amostras em um limitado número de espécies de plantas hospedeiras.

A presença de várias espécies de licenídeos somente em *Byrsonima intermedia* indica que provavelmente esta espécie vegetal apresenta determinadas substâncias importantes para o desenvolvimento desses lepidópteros. Os licenídeos, que são considerados a segunda maior família de borboletas, têm mais de dois terços de suas espécies restritas a uma espécie ou gênero de plantas e freqüentemente seqüestram flavonóides específicos concentrando-os como pigmento nas asas de adultos, provavelmente com a função de comunicação visual (Fiedler, 1996).

A presença de licenídeos também pode estar associada com a ocorrência de formigas, como já observado em trabalho anterior (Oki, 2000). De fato, pesquisas demonstram que representantes de licenídeos (50% das espécies) apresentam uma associação mutualística com formigas (Fiedler, 1996; De Vries, 1991). Essas lagartas secretam uma substância açucarada e aminoácidos para as formigas e estas, por sua vez, lhes fornecem proteção (De Vries, 1990).

A ocorrência de alguns hesperídeos associados somente a *Banisteriopsis stellaris* pode estar relacionada com a presença de alcalóides indólicos, uma vez que esta foi a única espécie estudada a apresentar essa

substância (vide Cap. 2). Segundo Shripsema *et al.* (1999) esses alcalóides apresentam várias atividades biológicas importantes e são considerados tóxicos. No entanto, conhece-se pouco sobre as características químicas ou morfológicas vegetais determinantes da associação com os hesperídeos.

É possível que tenham outros fatores externos envolvidos nessas associações e que não foram determinados durante este estudo. As mudanças climáticas ao longo de um ano ou décadas de influência antrópica estão alterando as populações de lepidópteros em várias localidades do mundo (Roy *et al.*, 2001) e, portanto, as interações com as plantas também se modificam.

Algumas relações encontradas nessas áreas do Estado de São Paulo são diferentes daquelas encontradas em outras áreas de cerrado do país com as mesmas espécies vegetais (Diniz & Moraes, 1995; Diniz *et al.* 2001), demonstrando que vários fatores abióticos e bióticos distintos podem estar envolvidos como a própria diferença de latitude, de fotoperíodo e, de distribuição de espécies vegetais.

Ainda hoje, a compreensão de quais fatores ambientais é determinante das relações entre herbívoros e plantas hospedeiras ainda não é clara. E, provavelmente são fatores múltiplos que só serão passíveis de serem identificados através de pesquisas multidisciplinares. Segundo Scriber (2002), a co-adaptação, co-evolução, ou co-especiação nessas relações são raramente identificadas.

A partir dos resultados encontrados pode-se concluir que há uma grande diversidade de relações de lepidópteros com as *Malpighiaceae* nestas áreas de

cerrado e que podem também ser observadas em outros ecossistemas. Assim, *Malpighiaceae* demonstra ser uma das importantes famílias na conservação das espécies de lepidópteros. O estudo destas associações pode ajudar na preservação desses organismos, os quais também são importantes polinizadores, na sua fase adulta, nessas regiões.

Além disso, as preferências das lagartas por determinados grupos de plantas nem sempre podem ser explicadas pela proximidade taxonômica entre as espécies vegetais. Com o intuito de compreender melhor as relações encontradas neste trabalho, foram realizadas análises químicas e morfológicas destas espécies vegetais, que serão abordadas nos capítulos seguintes.

Capítulo 1: Composição de lagartas em Malpighiaceae

Figura 4. Riqueza e abundância de larvas de lepidópteros encontradas em oito espécies de Malpighiaceae: *Byrsonima intermedia* (B. int), *Byrsonima coccolobifolia* (B. coc), *Byrsonima crassa* (B. cra), *Byrsonima verbascifolia* (B. ver), *Banisteriopsis pubipetala* (B. pub), *Banisteriopsis stellaris* (B. st), *Banisteriopsis argyrophylla* (B. arg) e *Banisteriopsis adenopoda* (B. ad) das Reservas Pé-de-Gigante (Pé) e Corumbataí (Co), SP.

Capítulo 1: Composição de lagartas em Malpighiaceae

Tabela 1. Riqueza e abundância de larvas de lepidópteros em seis espécies de Malpighiaceae: *Byrsonima intermedia* (B. int), *Byrsonima coccolobifolia* (B. coc), *Byrsonima crassa* (B. cra), *Byrsonima verbascifolia* (B. ver), *Banisteriopsis pubipetala* (B. pub) e *Banisteriopsis stellaris* (B. st) da Reserva Pé-de-Gigante (Pé), SP.

Morfoespécies*	<i>B.int-Pé</i>	<i>B.coc-Pé</i>	<i>B.cra-Pé</i>	<i>B.ver-Pé</i>	<i>B. pub-Pé</i>	<i>B.st-Pé</i>	Total de lagartas	Total de espécies vegetais visitadas
1a	0	15	0	0	0	0	15	1
1b	4	1	0	0	0	0	5	2
2a	10	0	0	0	0	0	10	1
2b	75	27	0	0	15	10	127	4
2c	35	0	0	0	0	0	35	2
3a	80	33	0	0	0	0	113	3
3b	138	35	0	0	25	0	198	3
3c	15	4	0	0	3	0	22	3
3d	3	0	0	0	8	0	11	2
3e	20	9	0	0	0	0	29	2
4b	6	0	0	0	8	0	14	2
4e	0	0	12	10	0	0	22	2
5a	12	0	0	0	0	0	12	1
5c	0	0	6	0	0	0	6	1
6a	0	0	0	0	2	18	20	2
6b	0	0	0	0	0	16	16	1
6c	0	0	0	0	0	9	9	1
6d	6	10	0	0	8	0	24	1
7a	0	10	0	0	0	0	10	1
7b	0	7	0	0	0	0	7	1
8a	5	0	0	0	0	0	5	1
8b	5	0	0	0	0	0	5	1
8c	4	0	0	0	0	0	4	1

Capítulo 1: Composição de lagartas em Malpighiaceae

8d	4	0	0	0	0	0	4	1
9a	41	0	0	0	0	0	41	1
9b	3	0	0	0	0	0	3	1
9c	0	0	0	0	2	0	2	2
10a	0	8	0	0	0	0	8	1
11a	4	0	0	0	0	0	4	1
12a	3	0	0	0	0	0	3	1
13a	0	7	0	0	0	0	7	1
14a	5	0	0	0	0	0	5	1
15a	34	21	1	2	18	0	76	5
ni2	0	7	0	0	0	0	7	1
ni3	0	8	0	0	0	0	8	1
ni6	0	3	0	0	0	5	8	2
ni7	0	0	0	0	0	6	6	1
<i>Total de lagartas</i>	<i>506</i>	<i>195</i>	<i>19</i>	<i>12</i>	<i>81</i>	<i>64</i>	<i>877</i>	
<i>Total de morfoespécies</i>	<i>22</i>	<i>15</i>	<i>3</i>	<i>2</i>	<i>9</i>	<i>6</i>	<i>37</i>	

(*) As morfoespécies com o mesmo número seguido de letras diferentes pertencem à mesma família. A identificação das espécies encontra-se na Tabela 3.

Capítulo 1: Composição de lagartas em Malpighiaceae

Tabela 2. Riqueza e abundância de larvas de lepidópteros em seis espécies de Malpighiaceae: *Byrsonima intermedia* (B. int), *Byrsonima coccolobifolia* (B. coc), *Banisteriopsis pubipetala* (B. pub), *Banisteriopsis stellaris* (B. st), *Banisteriopsis argyrophylla* (B.arg) e *Banisteriopsis adenopoda* (B. ad) da Reserva de Corumbataí (Co), SP.

<i>Morfoespécies*</i>	<i>B.int-Co</i>	<i>B.coc-Co</i>	<i>B. pub-Co</i>	<i>B.st-Co</i>	<i>B.ad-Co</i>	<i>B.arg-Co</i>	<i>Total de lagartas</i>	<i>Total de espécies de vegetais visitadas</i>
1a	0	8	0	0	12	0	24	2
2a	4	0	0	0	0	0	4	1
2b	2	0	0	0	0	0	2	1
2c	31	0	10	0	0	0	41	2
3a	14	2	0	0	0	0	16	2
3b	52	22	0	0	0	0	74	2
3c	158	25	21	0	0	0	204	3
3d	10	5	2	0	0	0	17	2
3e	0	0	7	0	0	0	7	1
4a	12	12	0	0	0	0	24	2
4b	3	0	0	0	0	4	7	2
4c	4	0	5	0	0	0	9	2
4d	0	0	0	0	0	15	15	1
5b	0	0	0	0	2	0	2	1
6a	0	0	0	0	10	0	10	1
6c	16	6	0	0	0	0	22	2
6d	0	0	0	4	0	0	4	1
9a	3	0	0	0	0	0	3	1
12a	17	0	0	0	0	0	17	1
13a	14	12	22	0	2	2	52	5
14a	4	0	0	0	0	0	17	1
ni2	0	4	0	0	0	0	4	1
ni3	3	2	0	0	4	3	12	4

Capítulo 1: Composição de lagartas em Malpighiaceae

ni4	0	0	0	3	0	0	3	1
ni5	0	0	0	4	0	0	4	1
ni6	0	0	0	4	0	0	4	1
ni8	0	0	0	0	0	2	2	1
<i>Total de lagartas</i>	<i>347</i>	<i>98</i>	<i>67</i>	<i>15</i>	<i>30</i>	<i>26</i>	<i>583</i>	
<i>Total de morfoespécies</i>	<i>16</i>	<i>10</i>	<i>6</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>5</i>	<i>27</i>	

(*) As morfoespécies com o mesmo número seguido de letras diferentes pertencem a mesma família. A identificação das espécies se encontra na Tabela 3.

Tabela 3. Morfoespécies de lagartas encontradas nas espécies de Malpighiaceae das Reservas Pé-de-Gigante (Santa Rita do Passa Quatro) e Corumbataí (Corumbataí), SP.

<i>Família</i>		<i>Morfoespécie</i>
1Arctiidae	1a	<i>Aclytia</i> sp.
	1b	<i>Calodesma</i> sp.
	1c	<i>Hypercompe</i> sp.
2Crambidae	2a	<i>Lamprosema clausalis</i> Dogninn 1910
	2b	Phraustinae sp1
	2c	Phraustinae sp2
3Elachistidae	3a	<i>Gonioterma indecora</i> Zeller, 1854
	3b	<i>Cerconota achatina</i> Zeller, 1855
	3c	<i>Stenoma phalacropha</i> Meyrick 1932
	3d	<i>Stenoma</i> sp.
	3e	<i>Antaeotricha</i> sp.
4Gelechiidae	4a	<i>Anacampis</i> sp.
	4b	Gelechiidae sp1
	4c	Gelechiidae sp2
	4d	Gelechiidae sp3
	4e	Gelechiidae sp4
5Geometridae	5a	<i>Phrygione</i> sp
	5b	Geometridae sp1
	5c	Geometridae sp2
6Hesperiidae	6a	<i>Chiomara ascydis</i> Stoll, 1780
	6b	Hesperiidae sp1
	6c	Hesperiidae sp2
	6d	Hesperiidae sp3
7Limacodidae	7a	<i>Phobetron hipparchia</i> Cramer, 1777
	7b	<i>Epiperola peluda</i> Dongin, 1899
8Lycaenidae	8a	<i>Lasaia agesilaus</i> Latrielle 1813

Capítulo 1: Composição de lagartas em *Malpighiaceae*

	8b	<i>Calephelis brasiliensis</i> McAlpine, 1971
	8c	<i>Lepricornis atricolor</i> Butler, 1871
	8d	<i>Tecla</i> sp.
9Noctuidae	9a	Noctuidae sp1
	9b	Noctuidae sp2
	9c	Noctuidae sp3
10Nymphalidae	10a	<i>Callicore sorana</i> Godart, 1823
11Notodontidae	11b	Notodontidae sp1
12Pieridae	12	<i>Eurema</i> sp.
13Pyralidae	13a	<i>Phrygione</i> sp.
14Riodinidae	14	<i>Emesis russula</i> Stichel, 1910
ninão identificados	ni2	não identificado sp2
	ni3	não identificado sp3
	ni4	não identificado sp4
	ni5	não identificado sp5
	ni6	não identificado sp6
	ni7	não identificado sp7
	ni8	não identificado sp8

Capítulo 1: Composição de lagartas em *Malpighiaceae*

Figura 5. Duas espécies de Elachistidae freqüente em *Byrsonima intermedia*. A. *Cerconota achatina*. B. *Gonioterma indecora*.

Figura 6. Duas espécies encontradas em *Banisteriopsis stellaris*. A. espécie não identificada. B. *Chiomara ascychis* (Hesperiidae).

Figura 7. Espécies predominantemente encontradas em *Byrsonima coccolobifolia* . A. *Aclytia* (Arctiidae). B. *Phobetron hipparchia* (Limacodidae). C. espécie não identificada. D. *Callicore sorana* (Nymphalidae).

Figura 8. Análise de Cluster, através da Similaridade de Jaccard, das espécies de lepidópteros associados a oito espécies de Malpighiaceae: *Byrsonima intermedia* (B.int), *Byrsonima coccolobifolia* (B.coc), *Banisteriopsis pubipetala* (B.pub), *Byrsonima crassa* (B.cra), *Byrsonima verbascifolia* (B.ver), *Banisteriopsis adenopoda* (B.ad), *Banisteriopsis argyrophylla* (B. arg) e *Banisteriopsis stellaris* (B.st), encontradas nas Reservas Pé-de-Gigante e Corumbataí, SP. O método de agrupamento utilizado para a Análise de Cluster foi “nearest neighbor”, do vizinho mais próximo.

2. Similaridade de fauna em três espécies de Malpighiaceae freqüentes nos dois fragmentos de Cerrado

A maior similaridade de espécies de lepidópteros entre as áreas foi encontrada em *Byrsonima intermedia*, seguidas de *Byrsonima coccolobifolia*. Já a fauna encontrada em *Banisteriopsis stellaris* foi a menos similar (Fig. 9, Tab 2, 3 e 4).

A análise de Bray-Curtis confirma o resultado encontrado no dendograma e evidencia que as espécies de lepidópteros encontradas em *Banisteriopsis stellaris* em Corumbataí e em Pé-de-Gigante são menos similares (Fig. 10).

Tabela 4. Espécies de lagartas encontradas nas espécies de Malpighiaceae em Área de Proteção Ambiental Gama-Cabeça do Veado (DF): Reserva Ecológica do IBGE, Jardim Botânico de Brasília e Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília, e uma área da Embrapa, Planaltina (DF) (Diniz & Moraes, 1995, 1997; Diniz *et al.* 2001).

	Família	Espécie de Lepidópteros	Espécies de Malpighiaceae (Plantas hospedeiras)
1	Apatelodidae	<i>Apatelodes erubescens</i> (Draudt, 1929)	<i>Byrsonima crassa</i> , <i>B. verbascifolia</i>
2	Arctiidae	<i>Aclytia</i> sp.	<i>Byrsonima verbascifolia</i>
		<i>Calodesma collaris</i> (Drury, 1782)	<i>Byrsonima coccolobifolia</i>
		<i>Eumenogaster variabilis</i> (Walker, 1864)	<i>Banisteriopsis</i> sp.
		<i>Fregela semiluna</i> (Walker, 1854)	<i>Banisteriopsis campestris</i> , <i>Byrsonima coccolobifolia</i> , <i>B. crassa</i> , <i>B. verbascifolia</i>
		<i>Lophocampa citrina</i> (Sepp., [1852])	<i>Byrsonima crassa</i>
		<i>Lophocampa</i> sp.	<i>Byrsonima crassa</i>

Capítulo 1: Composição de lagartas em Malpighiaceae

3	Elachistidae	<i>Cerconota achatina</i> (Zeller, 1855)	<i>Byrsonima coccolobifolia</i> , B. <i>crassa</i> , B. <i>verbascifolia</i>
		<i>Gonioterma exquisita</i> (Duckworth, 1964)	<i>Byrsonima crassa</i> , B. <i>verbascifolia</i>
		<i>Gonioterma ignobilis</i> (Zeller, 1854)	<i>Byrsonima verbascifolia</i>
		<i>Gonioterma indecora</i> (Zeller, 1854)	<i>Byrsonima coccolobifolia</i> , B. <i>crassa</i> , B. <i>verbascifolia</i>
		<i>Stenoma</i> sp. F	<i>Byrsonima crassa</i> , B. <i>verbascifolia</i>
		<i>Stenoma</i> sp. G	<i>Byrsonima verbascifolia</i>
		<i>Timocratica melanocosta</i> (Becker, 1982)	<i>Byrsonima crassa</i> , B. <i>verbascifolia</i>
4	Gelechiidae	<i>Anacampsis</i> sp.	<i>Byrsonima crassa</i> , B. <i>verbascifolia</i>
5	Geometridae	<i>Iridopsis</i> sp.	<i>Byrsonima coccolobifolia</i> , B. <i>verbascifolia</i>
		<i>Iridopsis</i> sp.	<i>Byrsonima coccolobifolia</i> , B. <i>verbascifolia</i>
		<i>Oxydia</i> sp.	<i>Byrsonima crassa</i>
6	Hedylidae	<i>Macrosoma paularia</i> (Schaus, 1901)	<i>Byrsonima coccolobifolia</i>
7	Hesperiidae	<i>Chiomara asychis</i> autander (Mabille, 1891)	<i>Byrsonima coccolobifolia</i>
		<i>Chiomara basigutta</i> (Plötz, 1884)	<i>Byrsonima coccolobifolia</i> , B. <i>crassa</i> , B. <i>verbascifolia</i>
		<i>Elbella luteizona</i> (Mabille, 1877)	<i>Byrsonima coccolobifolia</i>
		<i>Erynnis funeralis</i> (Scudder & Burgess, 1870)	<i>Byrsonima coccolobifolia</i> , B. <i>crassa</i>
		<i>Gesta heteropterus</i> (Plötz, 1884)	<i>Byrsonima crassa</i>
8	Lasiocampidae	<i>Tolype prox. innocens</i> (Burmeister, 1878)	<i>Byrsonima crassa</i> , B. <i>verbascifolia</i>
9	Limacodidae	<i>Phobetron hipparchia</i> (Cramer, 1777)	<i>Byrsonima crassa</i>
		<i>Semyra incisa</i> (Walker, 1855)	<i>Byrsonima crassa</i> , B. <i>verbascifolia</i>
		<i>Talima rufiflava</i> (Walker, 1855)	<i>Byrsonima coccolobifolia</i>
10	Lycaenidae	<i>Apodemia paucipuncta</i> (Spitz, 1930)	<i>Banisteriopsis campestris</i>
		<i>Thecla nr. ergina</i> (Hewitson, 1867)	<i>Byrsonima crassa</i>
		<i>Thecla socia</i> (Hewitson, 1868)	<i>Byrsonima verbascifolia</i>
		<i>Tmolus bragada</i> (Hewitson, 1868)	<i>Byrsonima crassa</i>
11	Megalopygidae	<i>Trosia dimas</i> (Cramer, 1775)	<i>Byrsonima coccolobifolia</i>
		<i>Euphaneta divisa</i> (Walker, 1855)	<i>Byrsonima coccolobifolia</i> , B. <i>crassa</i> , B. <i>verbascifolia</i>
12	Noctuidae	<i>Concana mundissima</i> (Walker, 1858]	<i>Byrsonima coccolobifolia</i>
13	Notodontidae	<i>Bardaxima donatia</i> (Schaus, 1928)	<i>Byrsonima coccolobifolia</i> , B. <i>crassa</i>
14	Oecophoridae	<i>Inga encamina</i> (Meyrick, 1912)	<i>Byrsonima coccolobifolia</i>
15	Oecophoridae	<i>Inga haemataula</i> (Meyrick, 1912)	<i>Byrsonima coccolobifolia</i> , B. <i>crassa</i> , B. <i>verbascifolia</i>

Capítulo 1: Composição de lagartas em *Malpighiaceae*

		<i>Inga phaeocrossa</i> (Meyrick, 1912)	<i>Byrsonima coccolobifolia</i> , B. <i>crassa</i>
16	Pyrilidae	<i>Pococera</i> sp. B	<i>Byrsonima coccolobifolia</i> , B. <i>verbascifolia</i>
17	Riodinidae	<i>Emesis russula</i> (Stichel, 1910)	<i>Byrsonima coccolobifolia</i> , B. <i>crassa</i>
18	Saturniidae	<i>Periphoba hircia</i> (Cramer, 1775)	<i>Byrsonima verbascifolia</i>
19	Tortricidae	<i>Platynota rostrana</i> (Walker, 1863)	<i>Byrsonima coccolobifolia</i> , B. <i>verbascifolia</i>

Figura 9. Análise de Cluster, através da Distância Relativa de Sorensen, das espécies de lepidópteros associados às três espécies mais abundantes de Malpighiaceae: *Byrsonima intermedia* (B.int), *Byrsonima coccolobifolia* (B.coc) e *Banisteriopsis stellaris* (B.st) na Reserva Cerrado Pé-de-Gigante (Pé) e Corumbataí (Co), SP. O método de agrupamento utilizado para a Análise de Cluster foi “nearest neighbor”, do vizinho.

Capítulo 1: Composição de lagartas em Malpighiaceae

Figura 10. Análise de Bray-Curtis, similaridade relativa de Sorensen, das espécies de lepidópteros encontradas em *Byrsonima intermedia* (B.int), *Byrsonima coccolobifolia* (B.coc) e *Banisteriopsis stellaris* (B.st) das Reservas de Corumbataí (Co - Corumbataí) e Pé-de-Gigante (Pé -Santa Rita do Passa Quatro), SP

Esta variação na diversidade da fauna em relação à localidade pode estar relacionada com as diferenças ambientais que cada Reserva apresenta como o tamanho da área a Reserva Pé-de-Gigante corresponde a 1060,03 ha (Castro, 1987) e a da Reserva de Corumbataí, 38,7 ha (César *et al.*, 1988). O tamanho da área pode influenciar na magnitude do efeito de borda, alterando a diversidade de plantas e de outros organismos. Teoricamente, as áreas maiores, como um todo, sofrem menos com o efeito de borda que as áreas menores (Sauders *et al.*, 1991).

Um estudo realizado por Kerr (2001) no Canadá demonstrou que a diversidade de borboletas cresce com aumento da heterogeneidade do habitat regional e com o aumento da temperatura. Segundo este autor, fatores e riscos ecológicos e modificações antropogênicas no ambiente como um todo, podem influenciar na determinação da população de borboletas dentro de cada habitat. A influência humana na mudança climática (temperatura, precipitação e sazonalidade) tem sido bastante intensa. O aumento de partículas poluentes tem afetado a precipitação e a emissão de gases e aumentado o efeito estufa.

A similaridade da fauna (Jaccard) entre as duas reservas estudadas foi de 42,2,%. Este índice diminuiu ainda mais quando se comparou a diversidade da fauna encontrada nas duas reservas com a fauna de cerrado de Brasília e relatada nos trabalhos de Diniz & Moraes (1995, 1997) e Diniz *et al.* (2001) (S=14,7%), o que pode ser explicado por vários fatores ambientais e pelas mudanças de interações entre os organismos que se estabeleceram após a fragmentação (Scriber, 2002).

A baixa similaridade com a fauna das Reservas de Brasília pode estar associada ao fato de que as manchas de cerrado do Estado de São Paulo encontram-se no limite da distribuição deste ecossistema enquanto que a região de Brasília é considerada área central e contínua do cerrado (Fig. 11, Ratter, 1992).

É provável que o fator climático tenha uma influência na busca do recurso vegetal, descrito em vários trabalhos como os de Edwards & Wratten (1981), Martinat (1987) e Pizzamiglio (1991). Uma estação seca, por exemplo, pode afetar negativamente o desenvolvimento de uma planta e conseqüentemente, favorecer ou prejudicar o inseto que dela se alimenta . Além disso, algumas diferenças nas atividades dos insetos para a coleta de recurso estão relacionadas com a incidência luminosa e com a intensidade de ventos, além de outros fatores.

Figura 11. Abrangência geográfica da área contínua e isolada do Cerrado no Brasil.

Um dos maiores problemas dos insetos herbívoros é a perda de água pela exposição ao sol (Edwards & Wratten, 1981). Assim, plantas como *Xylopia aromatica* (Annonaceae) em áreas mais sombreadas, podem favorecer a colonização de espécies diferentes das encontradas em áreas sob sol pleno (Barosela, 1999). Além disso, as folhas expostas ao sol ou não de um mesmo indivíduo podem diferir quanto à composição química, o que pode influenciar o ataque por herbívoros (Hunter, 1987). Os ventos também afetam o voo dos insetos e muitos deles diminuem sua atividade durante os períodos de ventos fortes ou quando o tempo está encoberto (Edwards & Wratten, 1981; Pizzamiglio, 1991).

Outro fator a ser considerado é que a composição florística das Reservas de Cerrado do Estado de São Paulo e do Distrito Federal pode ser determinante na composição de espécies lagartas. Uma análise de similaridade florística das seis regiões de Cerrado no país (sudeste (SP), central e sudeste (MG), centroeste, ponta do oeste, nordeste, disjunção da Amazônia) demonstrou uma grande heterogeneidade dentro do Bioma, principalmente das espécies menos comuns (Bridgewater *et al.*, 2004). Além disso, mais da metade das espécies ocorrem somente em uma das regiões.

Foram feitas tentativas de se obter dados e descrições de variáveis dos ambientes estudados como clima, vegetação, diversidade de predadores (formigas e pássaros), composição florística, para uma análise de correlação. No entanto, a pesquisa demonstrou que apenas uma das Reservas possuía dados mais completos, impossibilitando esta comparação.

Os resultados encontrados neste trabalho demonstram que existem inúmeros fatores que determinam a relação entre as espécies de lagartas que se alimentam de Malpighiaceae em um determinado ambiente. Entre os fatores envolvidos estão as características vegetais de cada espécie e as características abióticas do ambiente. Assim, para elucidar melhor estas relações existentes, investigou-se estes fatores que são discutidos nos próximos capítulos.

Pode-se afirmar que a composição da fauna de lagartas pode variar entre as áreas estudadas, mesmo estando relativamente próximas. Esta variação da fauna pode ser devida ao isolamento e à ação antrópica.

Bibliografia

Andrade, I. ; Diniz, I. R. & Moraes, H. C. 1995. The larva of *Cerconota achatina* (Zeller) (Lepidoptera, Stenomatinae, Oecophoridae): Biology and occurrence on food plants of the genus *Byrsonima* Rich. (Malpighiaceae). *Revta bras. Zoo.*, 12 (4): 735-741.

Andrade, I.; Moraes, H. C.; Diniz, I. R. & Van Den Berg, C. 1999. Richness and abundance of caterpillars on *Byrsonima* (Malpighiaceae) species in an area of cerrado vegetation in Central Brazil. *Rev. Biol. Trop.* 47 (4): 691-695.

- Barosela, J. R. 1999. *Herbivoria folia em Xylopia aromatica (Lam.) Mart. de três fisionomias de cerrado e sua relação com o teor de taninos, valor nutritivo e entomofauna associada*. Dissertação de mestrado do Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de São Carlos. 72 p.
- Baz, A. & Garcia-Boyer, A. 1995. The effects of forest fragmentation on butterfly communities in central Spain. *Journal of Biogeography* 22: 129-140.
- Bridgewater, S., Ratter, J. A. and Ribeiro, J. F. 2004. Biogeographic patterns, β -diversity and dominance in the cerrado biome of Brasil. *Biodiversity and Conservation* 13: 2295-2318.
- Brown Jr., K. S. & Freitas, A. V. L. 2000. Atlantic forest butterflies: indicators for landscape conservation. *Biotropica* 32 (4b): 934-956.
- Castro, A. A. J. F. 1987. *Florística e fitossociologia de um cerrado marginal brasileiro, Parque Estadual de Vassununga, Santa Rita do Passa Quatro, SP*. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- César, O.; Pagano, S. N.; Leitão Filho, H. F.; Monteiro, R.; Silva, O. A.; Marinis, G.; Shepherd, G. J. 1988. Estrutura fitossociológica do estrato arbóreo de

uma área de vegetação de cerrado do município de Corumbataí (Estado de São Paulo). *Naturalia* 13: 91-101.

De Vries, P. J. 1990. Enhancement of symbioses between butterfly caterpillar and ants by vibrational communication. *Science* 248: 1104-1106.

De Vries, P. J. 1991. Mutualism between *Thisbe irenea* butterflies and ants, and the role of ant . *Ecology in the evolution of larval-ant association* 43: 179-195.

Diniz, I.R. & Morais, H. C. 1995. Larvas de Lepidoptera e suas plantas hospedeiras em um cerrado de Brasília, DF, Brasil. *Revista Bras. Ent.* 39 (4): 775-770.

Diniz, I. R. & Morais, H. C. 1997. Lepidopteran caterpillar fauna of Cerrado Host Plants. *Biodiversity and Conservation* 6: 817-836.

Diniz, I. R. & Morais, H. C. 2002. Local pattern of host plant utilization by lepidopteran larvae in the cerrado vegetation. *Entomotropica* 17 (2): 115-119.

- Diniz, I. R. & Morais, H. C. & Camargo, A. J. A. 2001. Host plants for lepidopteran caterpillars in the cerrado of the Distrito Federal, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia* 45 (2): 107-122.
- Edwards, P. J. & Wratten, S. D. 1981. Ecologia das interações entre insetos e plantas. Coleção *Temas de biologia*, vol. 27. São Paulo. EPU. 71p.
- Fiedler, K. 1996. Host-plant relationship of lycaenid butterflies: Large-scale patterns, interactions with plant chemistry, and mutualism with ants. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 80 (1): 259-267.
- Hochuli, D. F. 2001. Insect herbivory and ontogeny: How do growth and development influence feeding behaviour, morphology and host use? *Austral Ecology* 26: 563-570
- Hunter, M. D. 1987. Opposing effects of spring defoliation on late-season oak caterpillars. *Ecological Entomology* 12: 373–382.
- Kerr, J. T. 2001. Butterfly species richness patterns in Canada: energy, heterogeneity, and the potential consequences of climate change. *Conservation Ecology* 5(1): 10.

- Kerr, J. T., Sugar, A. & Packer, L. 2000. Indicator taxa, rapid biodiversity assessment, and nestedness in an endangered ecosystem. *Conservation Biology* 14: 1726-1734.
- MacArthur, R. H. Y. & Wilson, E. O. 1963. An Equilibrium theory of insular biogeography. *Evolution* 17: 373-387.
- MacArthur, R.H.Y. & Wilson, E.O. 1967. *The theory of Island biogeography*. Princeton. Princeton University Press.
- Martinat, P. J. 1987. The role of climatic variation and weather in forest insect outbreaks. In: Barbosa, P. & Sckultz, J. C. (eds). *Insects outbreaks*. Academic Press, Inc. 241-268.
- Matsuki, S.; Sano, Y. & Koike, T. 2004. Chemical and physical defence in early and late leaves in three heterophyllous birch species native to northern Japan. *Annals of Botany* 93: 141-147.
- Novotny, V. Basset, Y., Miller, S. E., Welblen, G. D., Bremer, B., Clzek, L. & Drozd, P. 2002. Low host specificity of herbivorous insects in a tropical forest. *Nature* 426: 841–843.

- OKI, Y. 2000. *Herbivoria foliar por lepidópteros em Byrsonima intermedia Juss. (Malpighiaceae) na ARIE Pé-de-Gigante, Santa Rita do Passa Quatro, SP.* Dissertação de Mestrado em Ciências, área de concentração em Entomologia. Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto, USP, SP. 137 p.
- Pizzamiglio, M. A. 1991. Ecologia das Interações Inseto Plantas. *In: Panizzi, A. & Parra, J. R. (eds). Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas.* São Paulo, Manole Ltda. 359 p.
- Price, P. W. 1991. Patterns in Communities Along Latitudinal Gradients. *In: Price, P.W.; Lewinsohn T. M.; Fernandes, G.W. & Benson, W. W. (Eds.) Plant-Animal interactions: evolutionary Ecology in tropical and temperate regions.* John Wiley & Sons, Inc. USA. 51-69.
- Proença, C. E. B., Munhoz, C. B. R., Jorge, C. L., Nóbrega, M. G. G. 2001. Listagem e nível de proteção de fanerógamas do Distrito Federal, Brasil. *In: Cavalcanti, T. B. & Ramos, A. E. (orgs). Flora do Distrito Federal.* Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. p. 89-359.
- Ratter, J. A. & Dargie, T. C. D. 1992. An analysis of the floristic composition of 26 cerrado areas in Brazil. *Edinb. J. Bot.* 49 (2):235-250.

- Roy, D. B.; Rothery, P.; Moss, D.; Pollard, E.; Thomas, J. A. 2001. Butterfly numbers and weather: predicting historical trends in abundance and the future effects of climate change. *Journal of Animal Ecology* 70: 201-217.
- Sauders, D., Hoobbs, R. & Margules, C. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 5:18-32.
- Schripsema, J.; Dagnino, D. & Gosmann, G. 1999. Alcalóides indólicos. *In*: Simões, C. M. O.; Schenkel, E. P.; Gosmann, G.; Mello, J. C. P; Mentz, L. A. & Petrovick, P. R. (Orgs.). *Farmacognosia da planta ao medicamento*. RS e SC, Editora da UFSC e da Universidade/UFRGS, cap 31, p. 679-706.
- Schowalter, T. D. 2000. *Insect Ecology: An ecosystem approach*. New York. Academic Press. 483 p.
- Scriber, J. M. 2002. Evolution of insect-plant relationships: chemical constraints, coadaptations, and concordance of insect/plant traits. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 104: 217-235.
- SMA - SP. 1997. "Cerrado: Bases para a conservação e uso sustentável das áreas de cerrado do estado de São Paulo". Série PROBIO-SP.

Summerville, K. S. & Crist, T. O. 2003. Determinants of lepidopteran community composition and species diversity in eastern deciduous forests: roles of season, eco-region and patch size. *Oikos* 100 (1): 134-148.

Summerville K. S.; Metzler, E. H. & Crist, T. O. 2001. Diversity of lepidoptera in Ohio Forests at local and regional scales: how heterogeneous is the fauna? *Annals of the Entomological Society of America* 94 (4): 583-591.

CAPÍTULO 2

Relação entre a herbivoria e os nutrientes e as defesas químicas em espécies de Malpighiaceae

Introdução

A resistência das plantas ao ataque por insetos é devida às características nutritivas, morfo-anatômicas e às substâncias secundárias ou, mais provavelmente, à uma combinação desses fatores (Edwards & Wratten, 1981). Estas defesas mudam no decorrer do tempo, como por exemplo, a rugosidade e a quantidade de toxinas em folhas em maturação que são substituídas por tecidos lignificados, tornando as plantas pouco palatáveis (Coley, 1988). Ou seja, a susceptibilidade da planta ao ataque por fitófagos está relacionada com suas características químicas e morfológicas, além das condições ambientais.

As espécies vegetais tropicais apresentam defesas físicas e químicas, e características fenológicas, aparentemente, relacionadas com uma história evolutiva de alta pressão de herbivoria (Coley & Aide, 1991).

Em áreas de cerrado ocorrem um alto investimento em defesas quantitativas, principalmente no período de seca quando as plantas sofrem estresse hídrico (Jones & Coleman, 1991; Salatino, 1993).

No bioma de cerrado, a família Malpighiaceae é considerada uma das mais freqüentes e amplamente citada em trabalhos envolvendo a relação com insetos. No entanto, poucos avaliam as características químicas vegetais deste grupo no contexto da interação inseto-planta.

As espécies desta família apresentam taninos, geralmente do tipo condensado, e alguns gêneros produzem alcalóides do grupo indol, especialmente de β -carbolina e grupos triptofanos (Cronquist, 1981; Allen &

Holmestedt, 1980), e algumas espécies como *Byrsonima verbascifolia* produzem triterpenóides (Gottlieb et al., 1975).

Os taninos condensados, que são amplamente encontrados em plantas lenhosas e produzidos em grande quantidades, atuam como defesa contra a herbivoria por generalistas (Feeny, 1976) e apresentam efeito inibitório sobre bactérias e fungos (Bernays & Chapman, 1994; Santos & Mello, 1999). Os terpenóides e os alcalóides são produzidos em menor quantidade e atuam, geralmente, sobre os herbívoros especialistas (Feeny, 1976). Os alcalóides indólicos, cerca de 2000 estruturas atualmente conhecidas, apresentam várias atividades biológicas importantes e são considerados tóxicos devido à sua intensa atividade, geralmente sobre um ou mais receptores específicos (Schripsema et al. 1999). Algumas espécies de lepidópteros possuem a habilidade de seqüestrar e utilizar os alcalóides como defesa contra os predadores (Hartmann, 1999) ou para síntese de feromônios necessários ao acasalamento na fase adulta (Henriques et al., 1999).

É importante ressaltar que a necessidade de nutrientes varia de espécie para espécie de herbívoro. Em geral, o nitrogênio é considerado um fator limitante, uma vez que a sua indisponibilidade interfere no seu desenvolvimento e reprodução, e as substâncias secundárias são mediadoras da relação entre plantas e insetos (Scriber, 1984).

O objetivo deste trabalho foi analisar a concentração de nitrogênio e as principais defesas, os taninos e os alcalóides, das espécies de

Malpighiaceae encontradas em duas áreas de cerrado do Estado de São Paulo e correlacioná-las com a herbivoria.

Material e Métodos

O estudo foi realizado, no período de março de 2001 a junho de 2003, em duas Reservas de cerrado do Estado de São Paulo: Reserva do Cerrado Pé-de-Gigante e a de Corumbataí. Estas reservas estão melhor descritas no Capítulo 1.

Nos levantamentos de Batalha (1997) e Fidelis (1999) na Reserva Cerrado Pé-de-Gigante, estimou-se 17 espécies de Malpighiaceae, sendo as mais abundantes as dos gêneros *Byrsonima* e *Banisteropsis*. César e colaboradores, estimaram, em 1988, na Reserva de Corumbataí, um predomínio do gênero *Byrsonima*. Na área não foram descritos outros gêneros de Malpighiaceae. No entanto, observações pessoais na Reserva de Corumbataí, demonstraram que o gênero *Banisteropsis* também é bastante abundante.

A partir dos trabalhos de Batalha (1997) e observações pessoais, foram selecionadas as espécies mais abundantes na Reserva de Cerrado Pé-de-Gigante: *Byrsonima intermedia*, *Byrsonima coccolobifolia*, *Banisteropsis pubipetala*, *Banisteropsis stellaris*, *Byrsonima verbascifolia* e *Byrsonima crassa*. Já na Reserva de Corumbataí, a partir dos trabalhos de César *et. al.* (1988) e observações pessoais, as espécies mais abundantes encontradas foram: *Byrsonima intermedia*, *Byrsonima coccolobifolia*,

Banisteropsis stellaris, *Banisteropsis argyrophylla*, *Banisteropsis adenopoda*, *Byrsonima crassa*.

Para efeitos comparativos, o estudo químico foram selecionadas as espécies mais abundantes e que são comuns às duas áreas: *Byrsonima intermedia*, *Byrsonima coccolobifolia* e *Banisteropsis stellaris*.

Análises Qualitativas

Os materiais vegetais de cada espécie foram coletados separadamente nas duas áreas, posteriormente secos à temperatura de 40°C e pulverizados para as análises qualitativas de taninos e alcalóides. Para as análises de glicosídeos cianogênicos foram utilizadas folhas frescas. As análises qualitativas foram usadas como avaliação preliminar para identificar a presença de classes de compostos secundários nas folhas sadias de todas espécies vegetais estudadas (Costa, 1972).

Taninos

Foram preparados 20 ml de um extrato aquoso a 5% de folhas secas e pulverizadas, as quais foram fervidas por 15 minutos e filtradas. Algumas gotas foram colocadas sobre papel de filtro, intersectando com uma gota de solução de cloreto férrico 1%. A alteração da cor para azul nessa faixa de intersecção, indica a presença de taninos hidrolisáveis. A mudança de cor para o verde indica a presença de taninos condensados.

A cor verde dos taninos condensados pode camuflar a presença de taninos hidrolisáveis de coloração azul, e por isto foi realizado outro teste. Água destilada foi acrescentada ao extrato filtrado até atingir um volume de 20 ml. Posteriormente, a solução foi misturada com 20 ml de formol-ácido clorídrico 2:1 e fervida durante 30 minutos. A formação de precipitado indica a presença de taninos condensados. O sobrenadante foi filtrado e a partir de algumas gotas do filtrado foi repetido o ensaio com cloreto férrico a 1% para atestar a presença de taninos hidrolizáveis.

Glicosídeos cianogênicos

Para detecção de glicosídeos cianogênicos foi utilizado extrato aquoso 5% de folhas frescas fragmentadas. O extrato foi colocado em um erlenmeyer fechado com tampa onde foi fixado um pedaço de papel de filtro, previamente embebido em solução de ácido pícrico e seco. Após adição de algumas gotas de clorofórmio, o frasco foi levado ao banho-maria. A mudança de cor do papel picrossódico de amarelo para vermelho escuro indica a presença destes glicosídeos.

Alcalóides indólicos do tipo β -carbolina

Dois gramas de material pulverizado foram adicionados a um erlenmeyer contendo 50 ml de ácido clorídrico 0,16M e levado para um aparelho de ultra-som por duas horas. Posteriormente, o material foi filtrado em papel de filtro. Em seguida, adicionou-se 10 ml de diclorometano absoluto sobre a solução filtrada e agitou-se por 5 minutos em balão.

Esperou-se a solução decantar e separou-se em recipientes diferentes, a fase aquosa e a fase com diclorometano. Esta última foi descartada. Efetuou-se mais duas extrações sobre a fase aquosa utilizando-se o diclorometano. Posteriormente, o hidróxido de amônio foi acrescentado com auxílio de um conta-gotas sobre a solução aquosa para ajustar o pH entre 9 e 11, utilizando-se papel de tornassol. Efetuou-se extrações da solução com 3 porções de diclorometano, utilizando-se um rota-evaporador aquecido a temperatura de 30°C. Com o material resultante para cada espécie de planta efetuou-se uma análise em cromatográfica em camada delgada (CCD) (Ademar Alves da Silva Filho, comunicação pessoal; Schripsema *et al.*, 1999).

Para realizar a CCD, utilizou-se uma placa de 5 por 20 cm com sílica gel GF (fase estacionária), apoiada sobre um papel de filtro de mesmo tamanho, em frasco cúbico de vidro contendo diclorometano (30 ml), acetato de etila (10 ml), metanol (10 ml) e 15 ml de hidróxido de amônio (fase móvel). Uma alíquota do alcalóide indólico β -carbolina, isolada de *Nectandra megapotamica* (Lauraceae) foi usada como padrão para comparação. Os reveladores utilizados foram o reagente de Dragendorff e a luz ultra-violeta.

Análises quantitativas

De março de 2001 a junho de 2003, mensalmente, dez folhas novas e cinco maduras de cada um dos cinco indivíduos de cada espécie foram coletadas em cada área, secas à temperatura ambiente e, posteriormente, pulverizadas. Foram consideradas como folhas novas, as menores folhas, as

mais claras, mais maleáveis, típicas da fase de expansão, e como folhas maduras, as expandidas completamente.

Para a quantificação de taninos foi usado o método de Hagerman & Buttlar (1978). Acrescentou-se a 200 mg de material pulverizado, 5 ml de éter etílico. Após a mistura ser mantida por 15 minutos, o éter foi descartado e adicionou 5 ml de metanol. Aguardou-se em repouso por 15 minutos e, em seguida, centrifugou-se por 5 minutos a 2000 rpm e descartou-se o precipitado. Do sobrenadante utilizou-se 1 ml ao qual acrescentou-se 2 ml de solução de proteína (com 3 mg de albumina de soro bovino por ml de solução). Depois de 15 min em repouso, centrifugou-se durante 15 minutos a 5000 rpm. Descartou-se o sobrenadante e lavou-se o tubo com uma solução tampão sem mexer o precipitado que, posteriormente, foi completamente dissolvido em 4 ml de solução SDS-trietanolamina e, em seguida, adicionou-se 1 ml de cloreto férrico. Deixou-se em repouso entre 15 e 30 minutos e procedeu-se a leitura da absorbância em espectrofotômetro a 510 nm. Os teores de taninos das amostras foram expressos em massa seca, relacionando-se as absorbâncias obtidas com uma curva padrão feita com ácido tânico.

Para a determinação do nitrogênio total foi usado o sistema de Kjeldahl (Allen *et al.*, 1974). Em um tubo de ensaio foram colocadas 0,3 gramas de folhas secas e pulverizadas, 0,5 gramas de catalisador misto e 5 ml de ácido sulfúrico concentrado. Levou-se a amostra ao digestor e a cada quinze minutos elevou-se a temperatura em 50 graus até atingir-se a temperatura de 350 °C na qual permaneceu durante 2:30 h. Após o

resfriamento, transferiu-se o material para um balão de 50 ml, completando-se o volume com água destilada. Adicionou-se 4 ml da solução preparada com 15 ml de hidróxido de sódio em cada tubo de um total de 3 réplicas.

As misturas foram levadas à destilação por 10 minutos. Acrescentou-se ao destilado 10 ml de solução a 2% de ácido bórico e três gotas de indicador misto (mistura de soluções de vermelho metal 0,66% e de verde de bromocresol 0,33% em etilenoglicol). Titulou-se a solução com ácido clorídrico a 0,05 N até a mudança de cor de verde para rosa.

Os teores de nitrogênio foram expressos em porcentagem do peso seco calculados pela fórmula:

$$N\% = (V_a - V_b) \cdot F \cdot N \cdot mE \cdot d \cdot 100 / P ,$$

onde: V_a = volume em mililitros de ácido clorídrico usado na titulação da amostra

V_b = volume em mililitros de ácido clorídrico usado na titulação do branco

F = fator de correção do ácido

N = normalidade do ácido (0,05 N)

mE = miliequivalente-grama do nitrogênio (0,014)

d = número de diluições da amostra (12,5)

P = peso da amostra em gramas

Herbivoria

Mensalmente, foram selecionados e marcados aleatoriamente três ramos de 20 indivíduos de cada espécie vegetal. Em cada ramo foram sorteadas cinco folhas que foram fotografadas individualmente com o uso de câmera digital Sony. O índice de herbivoria foi calculado através da somatória da área perdida em relação à área total utilizando o software SIARCS, desenvolvido pela EMBRAPA (Leoni, 1997).

Os dados de herbivoria foram agrupados de acordo com os obtidos nas estações seca (abril a setembro) e chuvosa (outubro a março) para facilitar a análise e discussão.

Os índices de herbivoria em porcentagem foram categorizados (Tabela 1), seguindo os modelos de Dirzo (1995).

Tabela 1. Categoria de herbivoria foliar (Dirzo, 1995).

Porcentagem de herbivoria	Categoria
0-5%	1
5-10%	2
15-25%	3
25-50%	4
75-100%	5

Análises estatísticas

As análises estatísticas dos teores de nitrogênio e tanino foram realizadas através da utilização do pacote SigmaStat (Jandel Scientific Corporation), com testes de variância não paramétricos (ANOVA on Ranks-Kruskal Wallis), e para comparações, foi usado o teste Student-Newman-Keuls.

Analizou-se a correlação entre os teores de taninos, nitrogênio e a herbivoria utilizando a Correlação de Pearson .

Resultados

Análises qualitativas

As análise demonstraram a ausência de glicosídeos cianogenéticos nas amostras de todas as espécies coletadas. Os alcalóides do tipo indol β -carbolina foram detectados apenas em *Banisteriopsis stellaris* encontradas nas duas reservas de cerrado. Em relação ao tipo de tanino, os testes demonstraram serem condensados para todas espécies.

Análises quantitativas

Quanto ao teor de tanino, durante a estação seca, observou-se variação significativa entre as espécies de *Malpighiaceae* ($p=0,00007$; Fig. 1,

Tab. 2). Nas folhas novas, os maiores teores de tanino foram observados em *Byrsonima intermedia*, *Byrsonima verbascifolia* e *Byrsonima crassa*. Nas folhas maduras, *Banisteriopsis adenopoda* e *Banisteriopsis argyrophylla* apresentaram teores significativamente menores em relação as demais espécies analisadas. Em geral, as folhas novas apresentaram menores teores de tanino que as folhas maduras, com exceção de *Byrsonima intermedia* e *Byrsonima verbascifolia*.

Na estação chuvosa, observou-se variação no teor de tanino entre as espécies de Malpighiaceae ($p=0.00125$; Fig. 2, Tab. 3). Nas folhas novas, os maiores teores de tanino foram encontradas em *Byrsonima intermedia*. Nas folhas maduras, *Byrsonima intermedia*, *Byrsonima verbascifolia* e *Byrsonima crassa* apresentaram os maiores teores. As folhas novas apresentaram maiores teores de tanino que as folhas maduras na estação chuvosa nas espécies *Byrsonima intermedia*, *Byrsonima coccolobifolia*, *Banisteriopsis stellaris*, *Banisteriopsis pubipetala*, *Banisteriopsis argyrophylla*. As espécies *Banisteriopsis adenopoda*, *Byrsonima crassa* e *Byrsonima verbascifolia* não apresentaram diferenças significativas entre os teores de tanino encontrados nas folhas maduras e nas folhas novas.

Observou-se também que as folhas novas das espécies estudadas apresentaram maiores teores de taninos na estação chuvosa e as folhas maduras apresentaram, em sua maioria, maiores teores de taninos na estação seca.

Capítulo 1: Composição de lagartas em Malpighiaceae

Tabela 2. Valores medianos dos teores de tanino, em porcentagem de peso seco, encontrados em espécies de Malpighiaceae no cerrado da Gleba Pé-de-Gigante (Santa Rita do Passa Quatro, SP) e da Reserva de Corumbataí (Corumbataí, SP), durante a estação seca.

Espécies de Malpighiaceae	Novas	Maduras
<i>Byrsonima intermedia</i>	14,50 a ¹	22,82 a ¹
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	6,25 b ¹	11,78 a ²
<i>Byrsonima verbascifolia</i>	14,50 a ¹	17,47 a ¹
<i>Byrsonima crassa</i>	11,20 a ¹	16,10 a ²
<i>Banisteriopsis stellaris</i>	4,46 c ¹	16,91 a ²
<i>Banisteriopsis pubipetala</i>	6,50 b ¹	14,60 a ²
<i>Banisteriopsis adenopoda</i>	2,67 d ¹	5,34 b ²
<i>Banisteriopsis argyrophylla</i>	3,80 c ¹	9,80c ²

Os valores medianos seguidos de letras diferentes na mesma coluna (espécies) e números diferentes na mesma linha (estágios de desenvolvimento) apresentam diferenças significativas ($p \leq 0.05$). Student-Newman-Keuls. (n= 250 amostras por espécie)

Tabela 3. Valores medianos dos teores de tanino, em porcentagem de peso seco, encontrados em espécies de Malpighiaceae no cerrado da Gleba Pé-de-Gigante (Santa Rita do Passa Quatro, SP) e da Reserva de Corumbataí (Corumbataí, SP), na estação chuvosa.

Espécies de Malpighiaceae	Novas	Maduras
<i>Byrsonima intermedia</i>	25,20 a ¹	15,30 a ²
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	13,25 b ¹	7,45 b ²
<i>Byrsonima verbascifolia</i>	15,70 b ¹	18,25 a ¹
<i>Byrsonima crassa</i>	14,15 b ¹	17,10 a ¹
<i>Banisteriopsis stellaris</i>	12,15 b ¹	6,80 b ²
<i>Banisteriopsis pubipetala</i>	18,50 c ¹	6,45 b ²
<i>Banisteriopsis adenopoda</i>	8,35 d ¹	11,25 c ¹
<i>Banisteriopsis argyrophylla</i>	13,28 b ¹	4,20 d ²

Os valores medianos seguidos de letras diferentes na mesma coluna (espécies) e números diferentes na mesma linha (estágios de desenvolvimento) apresentam diferenças significativas ($p \leq 0.05$). teste Student-Newman-Keuls. (n= 250 amostras por espécie).

Capítulo 1: Composição de lagartas em *Malpighiaceae*

Figura 1. Valores medianos dos teores de tanino, em porcentagem de peso seco (% p.s.), encontrados nas folhas novas e maduras de espécies de Malpighiaceae no cerrado da Gleba Pé-de-Gigante (Santa Rita do Passa Quatro, SP) e da Reserva de Corumbataí (Corumbataí, SP), na estação seca.

Figura 2. Valores medianos dos teores de tanino, em porcentagem de peso seco (% p.s.), encontrados em espécies de Malpighiaceae no cerrado da Gleba Pé-de-Gigante (Santa Rita do Passa Quatro, SP) e da Reserva de Corumbataí (Corumbataí, SP), na estação chuvosa.

Os teores de nitrogênio foram maiores nas folhas novas na estação seca na maioria da espécies ($p=0,002$; Fig. 3, Tab. 4). As folhas novas que apresentaram maiores teores de nitrogênio na estação seca foram *Byrsonima intermedia*, *Byrsonima coccolobifolia*, *Banisteriopsis pubipetala*, *Banisteriopsis stellaris*, *Banisteriopsis pubipetala*, *Banisteriopsis adenopoda* e *Banisteriopsis argyrophylla*. Não houve diferença no teor de nitrogênio entre as folhas maduras da estação seca para todas as espécies.

Na estação chuvosa, quatro espécies apresentaram teores de nitrogênio significativamente maiores nas folhas novas do que nas folhas maduras: *Byrsonima coccolobifolia*, *Byrsonima verbascifolia*, *Byrsonima crassa*, *Banisteriopsis stellaris* ($p=0,00033$; Fig. 4, Tab. 5). Observou-se também que não houve diferença nos teores nitrogênio entre as folhas novas de diferentes espécies e entre as folhas maduras, as espécies *Banisteriopsis pubipetala* e *Banisteriopsis adenopoda* apresentaram folhas com teores significativamente maiores.

Capítulo 1: Composição de lagartas em Malpighiaceae

Tabela 4. Valores medianos dos teores de nitrogênio, em porcentagem de peso seco, encontrados em espécies de Malpighiaceae no cerrado da Gleba Pé-de-Gigante (Santa Rita do Passa Quatro, SP) e da Reserva de Corumbataí (Corumbataí, SP), na estação seca.

Espécies de Malpighiaceae	Novas	Maduras
<i>Byrsonima intermedia</i>	2,30 a ¹	1,35 a ¹
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	2,50 a ¹	1,50 a ²
<i>Byrsonima verbascifolia</i>	1,13 b ¹	1,15 a ¹
<i>Byrsonima crassa</i>	1,10 b ¹	0,98 a ¹
<i>Banisteriopsis stellaris</i>	2,85 a ¹	1,38 a ²
<i>Banisteriopsis pubipetala</i>	2,45 a ¹	1,35 a ²
<i>Banisteriopsis adenopoda</i>	2,10 a ¹	1,12 a ²
<i>Banisteriopsis argyrophylla</i>	2,56 a ¹	1,10 a ²

Os valores medianos seguidos de letras diferentes na mesma coluna (espécies) e números diferentes na mesma linha (estágios de desenvolvimento) apresentam diferenças significativas ($p \leq 0.05$). teste Student-Newman-Keuls. (n= 250 amostras por espécie).

Tabela 5. Valores medianos dos teores de nitrogênio, em porcentagem de peso seco, encontrados em espécies de Malpighiaceae no cerrado da Gleba Pé-de-Gigante (Santa Rita do Passa Quatro, SP) e da Reserva de Corumbataí (Corumbataí, SP), na estação chuvosa.

Espécies de Malpighiaceae	Novas	Maduras
<i>Byrsonima intermedia</i>	2,98 a ¹	2,20 a ¹
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	2,03 a ¹	1,03 b ²
<i>Byrsonima verbascifolia</i>	2,25 a ¹	1,20 b ²
<i>Byrsonima crassa</i>	2,50 a ¹	0,93 b ²
<i>Banisteriopsis stellaris</i>	2,94 a ¹	1,38 b ²
<i>Banisteriopsis pubipetala</i>	2,37 a ¹	3,20 c ¹
<i>Banisteriopsis adenopoda</i>	2,69 a ¹	3,13 c ¹
<i>Banisteriopsis argyrophylla</i>	2,00 a ¹	2,13 a ¹

Os valores medianos seguidos de letras diferentes na mesma coluna (espécies) e números diferentes na mesma linha (estágios de desenvolvimento) apresentam diferenças significativas ($p \leq 0.05$). teste Student-Newman-Keuls. (n= 250 amostras por espécie).

Capítulo 1: Composição de lagartas em Malpighiaceae

Figura 3. Valores medianos dos teores de nitrogênio, em porcentagem de peso seco (% p.s.), encontrados em espécies de Malpighiaceae no cerrado da Gleba Pé-de-Gigante (Santa Rita do Passa Quatro, SP) e da Reserva de Corumbataí (Corumbataí, SP), na estação seca.

Figura 4. Valores medianos dos teores de nitrogênio, em porcentagem de peso seco (% p.s.), encontrados em espécies de Malpighiaceae no cerrado da Gleba Pé-de-Gigante (Santa Rita do Passa Quatro, SP) e da Reserva de Corumbataí (Corumbataí, SP), na estação chuvosa.

Herbivoria

Na estação seca, as folhas novas de *Byrsonima verbascifolia* e *Banisteriopsis stellaris* apresentaram danos foliares menores em relação às demais espécies de Malpighiaceae estudadas, enquanto que *Banisteriopsis adenopoda* e *B. argyrophylla*, sofreram danos maiores (Tab. 6). Neste mesmo período, a herbivoria nas folhas maduras foram sempre maiores que 25% em quase todas as espécies estudadas.

Na estação chuvosa, as folhas novas de *Byrsonima intermedia*, *B. argyrophylla* e *Banisteriopsis adenopoda* sofreram danos maiores que as demais espécies (Tab. 7). Observou-se também que as folhas maduras de *Banisteriopsis adenopoda* apresentaram maior herbivoria, em relação as outras espécies, nesse mesmo período.

Além disso, observou-se que a proporção de herbivoria foliar varia conforme a estação, seca ou chuvosa, dependendo da espécie e da idade foliar. As folhas novas de *Byrsonima intermedia*, *Byrsonima coccolobifolia*, *Byrsonima verbascifolia*, *Banisteriopsis stellaris* sofreram danos foliares maiores na estação chuvosa, enquanto que as folhas novas de *Byrsonima crassa*, *Banisteriopsis adenopoda* e *Banisteriopsis argyrophylla* apresentaram o mesmo padrão de herbivoria nas duas estações. Já as folhas maduras de *Byrsonima verbascifolia*, *Byrsonima crassa*, *Banisteriopsis stellaris* e *Banisteriopsis pubipetala* apresentaram danos maiores de herbivoria na estação seca, enquanto que em *Banisteriopsis adenopoda* isso ocorreu na estação chuvosa.

Capítulo 1: Composição de lagartas em Malpighiaceae

Tabela 6. Herbivoria foliar das espécies de Malpighiaceae encontradas nas Reservas Gleba Pé-de-Gigante e Reserva de Corumbataí durante a estação seca. Categorias de 1: 0-5%, 2: 5-10%, 3: 15 a 25%, 4: 25 a 50%; 5: 75 a 100% (Dirzo, 1995).

Espécies de Malpighiaceae	Novas	Maduras
<i>Byrsonima intermedia</i>	4	4
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	3	4
<i>Byrsonima verbascifolia</i>	1	5
<i>Byrsonima crassa</i>	2	5
<i>Banisteriopsis stellaris</i>	1	4
<i>Banisteriopsis pubipetala</i>	3	4
<i>Banisteriopsis adenopoda</i>	5	4
<i>Banisteriopsis argyrophylla</i>	5	4

Tabela 7. Herbivoria foliar das espécies de Malpighiaceae encontradas nas Reservas Gleba Pé-de-Gigante e Reserva de Corumbataí durante a estação chuvosa. Categorias de 1: 0-5%, 2: 5-10%, 3: 15 a 25%, 4: 25 a 50%; 5: 75 a 100% (Dirzo, 1995).

Espécies de Malpighiaceae	Novas	Maduras
<i>Byrsonima intermedia</i>	5	4
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	4	4
<i>Byrsonima verbascifolia</i>	2	4
<i>Byrsonima crassa</i>	2	3
<i>Banisteriopsis stellaris</i>	2	3
<i>Banisteriopsis pubipetala</i>	2	3
<i>Banisteriopsis adenopoda</i>	5	5
<i>Banisteriopsis argyrophylla</i>	5	4

Correlação dos teores de nitrogênio e tanino com a herbivoria

Não há nenhuma correlação entre os teores de nitrogênio e tanino com a herbivoria encontrada nas espécies de Malpighiaceae (Tab. 8).

Tabela 8. Correlação linear de Pearson entre a herbivoria e os teores de nitrogênio, de tanino e tanino/nitrogênio, e entre os teores de tanino e nitrogênio, das folhas novas e maduras com as espécies de Malpighiaceae estudadas durante as estações seca e chuvosa. r = coeficiente de Pearson, $n=32$, p = probabilidade de não Ter diferença entre os grupos.

Folhas	NOVAS				MADURAS			
	seca		chuvosa		seca		chuvosa	
Correlação	r	p	r	p	r	p	r	p
nitrogênio e herbivoria	0,35	0,40	-0,03	0,95	-0,13	0,77	0,37	0,37
tanino e herbivoria	-0,41	0,32	0,02	0,96	-0,53	0,18	-0,21	0,61
tanino e nitrogênio	-0,64	0,09	0,26	0,96	0,25	0,56	-0,34	0,42
relação tanino/nitrogênio e herbivoria	-0,54	0,17	-0,01	0,99	-0,55	0,16	-0,48	0,23

Discussão

As análises fitoquímicas qualitativas evidenciaram a presença de alcalóides indólicos em *Banisteriopsis stellaris* (Malpighiaceae) e taninos condensados nas espécies de Malpighiaceae estudadas. Esses resultados estão de acordo com as descrições feitas por Cronquist (1981), segundo o qual as Malpighiaceae apresentam taninos e em alguns gêneros já foram encontrados alcalóides do grupo indol como o β -carbolina em *Banisteriopsis*.

Os alcalóides indólicos são considerados altamente tóxicos devido a sua interação com receptores específicos (Schripsema *et al.*, 1999). É provável que a presença destas substâncias em folhas de *Banisteriopsis stellaris* esteja relacionada com a menor herbivoria encontrada nesta espécie (Tab. 6 e 7). A presença de alcalóides minimiza os danos foliares, uma vez que seleciona os insetos herbívoros que são especialistas (Feeny, 1976), capazes de se detoxificar desta substância (Schripsema *et al.*, 1999).

Já os taninos condensados (defesas quantitativas) são largamente distribuídos entre as angiospermas, especialmente as arbóreas. Essas substâncias se encontram em compartimentos subcelulares ou nas paredes das células e, quando o tecido vegetal sofre danos, ocorre a reação tanínica. Nessa reação os taninos ligam-se às proteínas solúveis originando complexos insolúveis, tornando as proteínas vegetais indigeríveis. Além disso, é comum no cerrado espécies que, devido à baixa disponibilidade de nutrientes no solo, investem mais em defesas quantitativas, como taninos (Salatino, 1993).

Os teores de taninos encontrados nas espécies estudadas nas duas áreas de cerrado ressaltam que dentro de uma mesma família, a produção dessa defesa varia bastante entre as espécies, com a fase de desenvolvimento e com a estação do ano (Tab. 2 e 3). Vários trabalhos, como os de Almeida (1990), de Coley *et al.* (1985) e de Feeny (1970), já salientaram que os fatores, principalmente genéticos e ambientais e a idade do tecido influenciam na produção de taninos.

A partir dos resultados obtidos, observou-se que os teores de taninos foram maiores nas folhas do gênero *Byrsonima* (Fig. 1 e 2). *Byrsonima intermedia*, *Byrsonima verbascifolia* e *Byrsonima crassa* foram as espécies, entre as estudadas, que apresentaram sempre uma das maiores concentrações de tanino nas suas folhas em diferentes estações e fase do desenvolvimento, provavelmente estas características estão relacionadas com as características genéticas relacionadas ao gênero e a cada espécie. Leoni (1997) e Oki (2000) também encontraram em seus trabalhos concentrações de tanino muito altas em *Byrsonima intermedia*.

A presença de maiores teores de tanino (Tab. 2 e 3) e menores de nitrogênio (Tab. 4 e 5) nas folhas maduras na estação seca, na maioria das espécies de *Malpighiaceae* estudadas, parece estar associada com os fatores ambientais peculiares ao cerrado. Segundo Coley & Barone (1996), nas regiões tropicais, as plantas apresentam um alto investimento em defesas quantitativas provavelmente relacionadas com o tempo de permanência das folhas na planta. Geralmente, plantas de ambiente de alta luminosidade apresentam uma alta taxa de fotossíntese e, desta maneira, mais carbono disponível para investir em defesas como taninos (Bryant *et al.*, 1983). Além disso, o estresse hídrico, comum durante o período de seca no cerrado, aumenta a relação C/N e, desta maneira, a produção de substâncias de defesas com base em carbono, as quantitativas (Salatino, 1993). Assim, é provável que a produção de maiores teores de tanino e menores de nitrogênio nas folhas maduras no período de seca tenha relação

com o tempo de permanência dessas folhas na planta e também com o estresse hídrico.

Comparando-se os dados das tabelas 2 e 3, as folhas novas coletadas durante a estação chuvosa apresentaram maiores teores de tanino que as coletadas durante a seca. É provável, que nas folhas novas das espécies estudadas, os maiores teores de taninos encontrados na estação chuvosa, esteja relacionada com a pressão de herbívoros que também é maior nesse período. A maior pressão de herbívoros aumenta os riscos de danos e potencializa os benefícios das defesas, favorecendo a seleção do tipo de defesa e sua quantidade (Coley & Barone, 1996).

Em trabalho anterior (Oki, 2000), observou-se que na estação chuvosa ocorre um aumento dos índices de herbivoria e de diversidade de fitófagos associada a *Byrsonima intermedia*. Esta situação é comum a outras espécies de cerrado como verificado por Barosela (1999) em *Xylopia aromatica* (Annonaceae) e por Pais (1998) em *Didymopanax vinosum* (Araliaceae).

As folhas novas são consideradas um recurso alimentar efêmero (Aide, 1993) e é comum o investimento em defesas químicas e a presença de maiores teores de nitrogênio que as folhas maduras (Coley, 1983; Coley & Aide, 1991). A presença de maiores concentrações de tanino nas folhas novas no período de alta diversidade de fitófagos pode reduzir o superconsumo dessas folhas. No entanto, para as espécies estudadas, somente um acompanhamento mais detalhado da herbivoria e da

composição e abundância de todos os herbívoros associados a cada uma das espécies, permitiria conclusões a este respeito.

Em relação à herbivoria, notou-se que as folhas novas de *Byrsonima verbascifolia* apresentaram os menores danos na estação seca, período em que suas folhas apresentaram as maiores concentrações de tanino (Tab. 3) e menores de nitrogênio (Tab.5). Sabe-se que os taninos condensados são eficazes em concentrações relativamente altas (Harborne, 1991). Segundo Feeny (1970), os taninos presentes reduzem drasticamente a disponibilidade de nitrogênio que, em sua maioria, está na forma de proteína. A proteína disponível numa folha para o consumo dos herbívoros pode ser medida melhor não pelo seu teor, mas por sua relação com o tanino. Assim, é provável que a alta relação entre tanino e nitrogênio nas folhas *Byrsonima verbascifolia* tenha influenciado a baixa herbivoria encontrada nesta espécie. Outras barreiras também podem estar envolvidas como a densidade de tricomas que será discutida no Capítulo 3. Além disso, esta espécie apresenta triterpenóides (Gottlieb *et al.*, 1975) que podem estar também minimizando os danos causados por insetos.

Os maiores níveis de danos foliares nas folhas novas de *Byrsonima intermedia*, *Banisteriopsis adenopoda* e *Banisteriopsis argyrophylla* na estação chuvosa podem estar relacionados com a maior diversidade de herbívoros neste período. Em muitas espécies, as folhas novas são mais vulneráveis aos herbívoros que as maduras por serem mais ricas nutricionalmente e menos fibrosas (Coley & Aide, 1991).

A herbivoria relacionada com teores de nitrogênio e taninos varia com os fitófagos envolvidos. Alguns herbívoros que se alimentam de folhas com alto teor de tanino, apresentam pH elevado no trato digestivo que reduz o seu efeito deletério, por reduzir a capacidade de formação de complexos proteína-tanino (Schultz & Lechowicz, 1986). Esta capacidade é comum em lagartas, onde o pH do intestino é geralmente elevado e mais alto ainda em espécies que se alimentam em folhas ricas de tanino (Berembaum, 1980).

Assim, embora as correlações entre a herbivoria e os teores de tanino e nitrogênio nas folhas novas e maduras das espécies de *Malpighiaceae* nas estações chuvosa e seca não tenham sido encontradas neste trabalho (Tab. 9), esses resultados não descartam a possibilidade de que os teores de tanino e nitrogênio influenciem na relação entre lagartas e estas espécies. Além disso, segundo Almeida (1990), raramente a ação de aleloquímicos é devida a uma única substância, sendo comum que o efeito ocorra por ação conjunta de várias substâncias, pois, geralmente, as concentrações de cada uma está abaixo do mínimo necessário para que atuem isoladamente.

Os resultados dão indícios de que, embora os teores de tanino e de nitrogênio, sejam variáveis importantes nas interações entre insetos e plantas, provavelmente outros fatores igualmente importantes estão envolvidos, e que precisariam ser avaliados. Para melhor esclarecer as relações de herbivoria seriam necessários estudos mais apurados sobre a diversidade de herbívoros que se alimentam dessas espécies de *Malpighiaceae* ao longo do ano e o perfil químico total de cada espécie

vegetal. Nas discussões e considerações finais será realizada uma análise conjunta da fauna com as variáveis estudadas.

Bibliografia

Aide, T. M. 1993. Patterns of leaf development and herbivory in a tropical understory. *Ecology* 74 (2): 455-466.

Allen, R. F. & Holmstedt, B. R. 1980. The simple β -carboline alkaloids. *Phytochemistry* 19: 1573-1582.

Allen, S. E., Grimshaw, H. M., Parkinson, J. A. & Quarmby, C. 1974. Chemical analysis of ecological materials. Blackwell Scientific Publication, Oxford, 565 p.

Almeida, F.S. 1990. Alelopatia, a defesa das plantas. *Ciência Hoje* 11 (62):40-45.

Barosela, J. R. 1999. *Herbivoria foliar em Xylopia aromatica (Lam.) Mart. de três fisionomias de cerrado e sua relação com o teor de taninos, valor nutritivo e entomofauna associada*. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de São Carlos. 72 p.

- Batalha, M. A. 1997. *Análise da vegetação da ARIE Cerrado Pé-de-Gigante (Santa Rita do Passa Quatro, SP)*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 187 p.
- Berembaum, M. 1980. Adaptive significance of midgut pH in larval Lepidoptera. *American Naturalist*. 115: 138-146.
- Bernays, E. A. & Chapman, R. F. 1994. *Host-Plant Selection by Phytophagous Insects* Chapman & Hall, Inc. USA. 310p.
- Bryant, J. P.; Chapin, F. S. & Klein, D. R. 1983. Carbon/nutrient balance of boreal plants in relation to vertebrate herbivory. *Oikos* 40:357-368.
- César, O.; Pagano, S. N.; Leitão Filho, H. F.; Monteiro, R.; Silva, O. A.; Marinis, G.; Shepherd, G. J. 1988. Estrutura fitossociológica do estrato arbóreo de uma área de vegetação de cerrado do município de Corumbataí (Estado de São Paulo). *Naturalia* 13: 91-101.
- Coley, P. D. 1983. Herbivory and defensive characteristics of three species in a lowland tropical forest. *Ecol. Monogr.* 53: 209-233.
- Coley, P. D. 1988. Effects of plant growth rate and leaf lifetime on the amount and type of anti-herbivore defense. *Oecologia*. 74(4):531-536.

Coley, P.D. & Aide, T.M. 1991. Comparison of herbivory and plant defenses in temperate and tropical broad-level forest. *In*: Price, P.W.; Lewinsohn T. M.; Fernandes, G. W. & Benson, W. W. (eds.) *Plant-animal interactions: evolutionary ecology in tropical and temperate regions*. John Wiley & Sons, Inc. USA. 25-49.

Coley, P. D. & Barone, J. A. 1996. Herbivory and plant defenses in tropical forests. *Annual Review of Ecology and Systematics* 27: 305-335.

Coley, P. D.; Bryant, J. P.; Chapin, F. S. 1985. Resource availability and plant antiherbivore defense. *Science* 230 (4728): 895-899.

Costa, A. F. 1972. *Farmacognosia*. Vol. I, II, III, 4. edição, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 318 p.

Cronquist, A. 1981. *An integrated system of classification of flowering plants*. The New York Botanic Garden. Columbia University Press New York. 1262p.

Dirzo, R. & Dominguez, C. 1995. Plant-animal interaction in Mesoamerican tropical dry forests. *In*: Medina, E. B. & Mooney, H. (eds.). *Seasonality Dry Tropical Forests*, Cambridge University Press. Cambridge.

Edwards, P. J. & Wratten, S. D. 1981. Ecologia das interações entre insetos e plantas. Coleção *Temas de biologia*, vol. 27. São Paulo. EPU. 71p.

Feeny, P. 1970. Seasonal changes in oak leaf tannins nutrients as a cause of spring feeding by winter moth caterpillar. *Ecology* 51: 565-81.

Feeny, P. 1976. Plant appearance and chemical defense. *Recent. Adv. Phytochem.* 10: 1-40.

Fidelis, A. T. 1999. *Fitossociologia de uma Área de Cerrado stricto sensu na ARIE – Cerrado Pé-de-Gigante, Santa Rita do Passa Quatro, SP.* Monografia de Bacharelado. Departamento de Biologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, SP. 71p.

Gottlieb, O. R.; Mendes, P. H.; Magalhães, M. T. 1975. Triterpenoids from *Byrsonima verbascifolia*. *Pytochemistry* 14: 1456.

Hagerman, A. E. & Buttlar, L. G. 1978. Protein precipitation method for the quantitative determination of tannins. *J. Agric. Food Chem.* 16 (4): 809-812.

Harborne, J. B. 1991. *Phytochemistry Methods. A guide to modern techniques of plant analysis*. Chapman and Hall . 2 ed. 37-220.

Hartmann, T. 1999. Chemical ecology of pyrrolizidine alkaloids. *Planta* 207: 483-495.

Henriques, A. T.; Kerber, V. A. & Moreno, P. R. H. 1999. Alcalóides: Generalidades e Aspectos Básicos. In: Simões, C. M. O.; Schenkel, E. P.; Gosmann, G.; Mello, J. C. P; Mentz, L. A. & Petrovick, P. R. (orgs.). *Farmacognosia da planta ao medicamento*. RS e SC, Editora da UFSC e da Universidade/UFRGS, cap 29, p 641-677.

Jones, C. G. & Coleman, J. S. 1991. Plant stress and insect herbivory: toward and integrated perspective. In: *Response of plants to multiple stresses*. Mooney, H. A.; Winnwr, W.E.; Pell, E. J. & Chu, E. (eds). Academic Press, Inc. New York, p. 249-280.

Leoni, E. V. 1997. *Relação de herbivoria com teores de taninos, nitrogênio, água e peso específico foliar em duas espécies da família Mapighiaceae, em um Cerrado do Município de São Carlos, SP*. Dissertação de mestrado do Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de São Carlos. 73 p.

Oki, Y. 2000. *Herbivoria foliar por lepidópteros em Byrsonima intermedia Juss. (Malpighiaceae) na ARIE Pé-de-Gigante, Santa Rita do Passa*

Quatro, SP. Dissertação de Mestrado em Ciências, área de concentração em Entomologia. Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto, USP, SP. 137 p.

Pais, M. P. 1998. *Valor nutritivo e investimento em defesas em folhas de Didymopanax vinosum E. March. e sua relação com a herbivoria em três fisionomias de Cerrado*. Dissertação de mestrado do Programa de Pós Graduação em Entomologia. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto. USP, SP. 93 p.

Salatino, A. 1993. Chemical ecology and the theory of oligotrophic escleromorfism. *An. Acad. Bras. Ci.* 65 (1): 1-13.

Santos, S. C. & Mello, J.C.P. 1999. Taninos. *In*: Simões, C. M. O.; Schenkel, E. P.; Gosmann, G.; Mello, J. C. P; Mentz, L. A. & Petrovick, P. R. (orgs.). *Farmacognosia da planta ao medicamento*. RS e SC, Editora da UFSC e da Universidade/UFRGS, cap 24, p 517-544.

Schultz, J. C. & Lechowicz, M. J. 1986. Host plant, larval age, and feeding behavior influence midgut pH in the gypsy moth (*Lymantria dispar*). *Oecologia* 71: 133-137.

Scriber, J. M. 1984. Host – plant suitability. *In*: Bell, W. J & Cardé. R. T. (eds.) *Chemical Ecology of Insects*. Sinauer, Sunderland, 159-202.

Schripsema, J.; Dagnino, D & Gosmann, G. 1999. Alcalóides indólicos. *In*:
Simões, C. M. O.; Schenkel, E. P.; Gosmann, G.; Mello, J. C. P;
MENTZ, L. A. & Petrovick, P. R. (orgs.). *Farmacognosia da planta ao medicamento*. RS e SC, Editora da UFSC e da Universidade/UFRGS,
cap 31, p 679-706.

CAPÍTULO 3

***Densidade de tricomas em Malpighiceae em duas
Reservas de Cerrado do Estado de São Paulo e sua
relação com a herbivoria***

Introdução

Os tricomas, que comumente se apresentam em grande densidade em folhas de plantas de ambiente de cerrado, são bem descritos na literatura. Dados comparativos entre as espécies são de grande importância para o conhecimento de seu papel na evolução das plantas que tem sido analisado sob aspectos fisiológicos, como importante barreira contra a perda de água (Fahn, 1982) e proteção contra os raios ultra-violetas (Liakoura et al., 1997), e ecológicos, como mecanismo de defesa contra os insetos (Payne, 1978; Woodman & Fernandes, 1991; Fernandes, 1994).

Os tricomas são formados principalmente durante a fase juvenil de crescimento e expansão das folhas (Fahn, 1982). As características morfológicas dessas estruturas epidérmicas variam de acordo com a família, gênero ou espécie vegetal (Woodson *et al.*, 1980). A densidade de tricomas nas folhas varia entre as espécies (Woodson *et al.*, 1980), com a idade da folha (Fernandes, 1994) e com fatores ambientais como fotoperíodo e umidade relativa do ar (Liakoura *et al.*, 1997). As folhas novas são geralmente mais pubescentes que as maduras (Woodman & Fernandes, 1991). Vários trabalhos demonstram que a pubescência das folhas, assim como a presença de tricomas glandulares, minimizam os danos causados pela maioria dos insetos fitófagos (Fernandes, 1994; Payne, 1978).

O trabalho teve como objetivo comparar a morfologia e as densidades de tricomas nas folhas jovens e maduras de sete espécies de Malpighiaceae

presentes em duas Reservas de Cerrado do Estado de São Paulo e a sua relação com a herbivoria.

Material e Métodos

O estudo foi realizado em duas Reservas de cerrado do Estado de São Paulo, a Reserva de Cerrado Pé-de-Gigante e a Reserva de Corumbataí (vide Cap. 1).

A partir do levantamento dos trabalhos de Batalha (1997) e Fidelis (1999) na Reserva Cerrado Pé-de-Gigante e de César *et al.* (1988) na Reserva de Corumbataí selecionou-se espécies com maior densidade nas duas Reservas. As espécies estudadas foram: *Byrsonima intermedia*, *Byrsonima coccolobifolia*, *Byrsonima crassa*; *Banisteropsis stellaris* e *Banisteropsis adenopoda*, nas duas reservas e *Banisteropsis pubipetala* da Reserva Pé-de-Gigante e *Banisteropsis argyrophylla* da Reserva de Corumbataí.

Histologia

Coletou-se cinco folhas novas e cinco maduras de cinco indivíduos de cada espécie estudada, no mês de junho de 2004. As amostras foram fixadas em FAA50 e a epiderme foi destacada utilizando-se a técnica de dissociação em solução de Jeffrey (Johansen, 1940). A montagem das lâminas foi realizada utilizando-se de cortes paradérmicos, abaxiais e

adaxiais, de regiões diferentes da folha corados com safranina 10% (Foster, 1934 *apud* Kraus & Arduin, 1997).

A contagem foi feita analisando-se os cortes em uma objetiva de 10X em microscópico óptico com o uso de rede micrométrica ocular. Os tricomas, e/ou apenas as suas bases, foram projetados dentro da escala de cada campo e contados e foram expressos em número de tricomas por mm².

Análises estatísticas

As análises estatísticas das densidades de tricomas foram realizadas através da utilização do pacote SigmaStat (Jandel Scientific Corporation), com testes de variância não paramétricos (ANOVA on Ranks-Kruskal Wallis).

Realizou-se uma correlação de Pearson entre a densidade de tricomas e a herbivoria do grupo de Malpighiaceae estudado.

Resultados e Discussão

As espécies estudadas apresentam tricomas em forma de "T" como descrito por Cronquist (1981) e Barroso (1984) para Malpighiaceae. Baseado no trabalho Woodson *et al.* (1980, Fig.1), *Byrsonima intermedia* apresentou o tipo B em ambas as faces abaxial e adaxial (Fig.2), *Banisteriopsis stellaris* apresentou os tipos A e B na face abaxial (Fig.3 a e b), *Banisteriopsis argyrophylla* (Fig. 4) apresentou o tipo A na fase abaxial e o tipo D e C na

face adaxial e *Banisteriopsis adenopoda* apresentou o tipo C e G (Fig. 5 a e b) e *B. crassa* apresentou o tipo J em ambas as faces (Fig. 6). Em *Byrsonima coccolobifolia* não foram encontrados tricomas nas duas faces (Fig. 7) e *Banisteriopsis pubipetala* apresentou somente na face abaxial do tipo A (Fig. 8). As formas encontradas foram semelhantes entre as espécies. Além disso, os indivíduos de mesma espécie apresentaram os mesmos tipos de tricomas nas duas Reservas.

A estrutura e a densidade dos tricomas estão relacionadas à adaptação ao ambiente, uma vez que influenciam, por exemplo, na quantidade de luz absorvida ou refletida (Shepherd *et al.*, 1995; Karabourniotis & Bornman, 1999), na pressão de vapor de ar em contato com as folhas (Martin & Juniper, 1970; Juniper & Jeffre, 1983), na quantidade de agrotóxicos e poluentes atmosféricos que podem penetrar na folha (Salatino *et al.*, 1986) e na magnitude da transpiração foliar (Martin & Juniper, 1970; Juniper & Jeffre, 1983). Ainda, segundo vários autores, os tricomas são eficientes como estrutura de defesa ao ataque por insetos fitófagos (Payne, 1978; Woodman & Fernandes, 1991; Fernandes, 1994).

Nas plantas que passam por período de seca severa, como as do cerrado, a grande quantidade de tricomas pode formar uma densa camada e exercer uma importante barreira contra a perda de água (Fahn, 1982; Woodman & Fernandes, 1991), mantendo as folhas mais vigorosas do que seria sem a presença dos mesmos. Além disso, a densidade dos tricomas influencia na seleção das folhas pelos fitófagos e pode variar conforme a idade foliar e espécie vegetal (Coley, 1983; Woodman & Fernandes, 1991).

Figura 1. Formas de tricomas frequentemente encontradas em Malpighiaceae, segundo Woodson *et al.* (1980).

Figura 2 Corte paradérmico à folha de *Byrsonima intermedia* de Corumbataí, SP. Destacando-se **a**, **b**, **d**, **e** e **f**- superfície abaxial de folha madura; **c**- superfície abaxial de folha nova; **B**-base do tricoma, **Est**-estômato e **Tr**-tricoma. Coloração safranina.

Figura 3a. Corte paradérmico à folha de *Banisteriopsis stellaris* de Corumbataí, SP. Destacando-se **a**, **b**, **c** e **d** - superfície adaxial de folha nova, **Tr**-tricoma e **B**-base do tricoma. Coloração safranina.

Figura 3b . Corte paradérmico à folha de *Banisteriopsis stellaris* de Corumbataí, SP. Destacando-se **a**, **b** e **c** - superfície abaxial de folha nova; **d**, **e** e **f** - superfície abaxial de folha madura, **Tr**-tricoma e **Est**-estômato. Coloração safranina.

Figura 4. Corte paradérmico à folha de *Banisteriopsis argyrophylla* de Corumbataí, SP. Destacando-se **a**, **c** e **g**- superfície abaxial de folha nova; **b**, **d**, **e** e **f** -superfície abaxial de folha madura; **h** - superfície adaxial de folha madura; **Tr**-tricoma e **Est**-estômato. Coloração safranina.

Figura 5a. Corte paradérmico à folha de *Banisteriopsis adenopoda* de Corumbataí, SP. Destacando-se **a**, **b** e **c** - superfície abaxial de folha nova, **d** - superfície adaxial de folha nova, **e** - superfície abaxial de folha nova e **d** - superfície abaxial de folha madura, **B**-base e **Tr**-tricomas. Coloração safranina.

Figura 5b. Corte paradérmico à folha de *Banisteriopsis adenopoda* da Reserva Pé-de-Gigante (Santa Rita do Passa Quatro, SP). Destacando-se **a** e **b** - superfície abaxial de folha nova, **c** e **d** - superfície adaxial de folha nova, **B**-base do tricoma e **Tr**-tricoma. Coloração safranina.

Figura 6. Corte paradérmico à folha de *Byrsonima crassa* da Reserva Pé-de-Gigante (Santa Rita do Passa Quatro, SP). Destacando-se **a**, **b** e **c** - superfície abaxial de folha nova; **d**, **e** e **f** - superfície abaxial de folha madura; **g** - superfície adaxial de folha madura; **B**-base e **Tr**-tricoma. Coloração safranina.

Figura 7. Corte paradérmico à folha de *Byrsonima coccolobifolia* da Reserva Pé-de-Gigante (Santa Rita do Passa Quatro, SP). Destacando-se **a**, **b** e **c**- superfície adaxial de folha nova; **d** e **e** - superfície adaxial de folha madura e **Est**-estômato. Coloração safranina.

Figura 8. Corte paradérmico à folha de *Byrsonima pubipetala* da Reserva Pé-de-Gigante (Santa Rita do Passa Quatro, SP) e Corumbataí, SP. Destacando-se **a** e **b** - superfície adaxial de folha nova; **c** e **d** - superfície abaxial de folha nova e **Est**-estômato. Coloração safranina.

Entre as espécies estudadas verificou-se que a densidade de tricomas nas folhas foi significativamente diferente ($p=0,00015$, $n=100$ a 200 folhas por espécie, Fig. 9). A espécie mais pubescente encontrada nas duas Reservas foi *Byrsonima crassa* enquanto que *Byrsonima coccolobifolia* mostrou-se completamente glabra ($p<0,05$). Os resultados encontrados parecem concordar com as observações de Diniz *et al.* (2000) sobre a presença de folhas pubescentes em *Byrsonima crassa* e glabras para *Byrsonima coccolobifolia* em cerrados de Brasília.

Comparando-se indivíduos presentes em cada local de coleta verificou-se que *Banisteriopsis argyrophylla* apresentou-se como a mais pilosa na Reserva de Corumbataí ($p<0.01$) e *Byrsonima crassa* a mais pubescente na Reserva Pé-de-Gigante ($p<0.01$). Nota-se também, nessas espécies, que a riqueza de lagartas é menor que nas demais espécies nos dois locais (Cap. 1). A alta pubescência nessas espécies parece ser um dos fatores importantes que influencia sua seleção pelos herbívoros, segundo Diniz *et al.* (2000). Segundo estes autores, algumas espécies de lagartas, como a *Gonioterma exquisita*, utilizam os tricomas de algumas espécies de Malpighiaceae, como *Byrsonima crassa* e *Byrsonima verbascifolia*, pubescentes, para construir seus abrigos.

Figura 9. Densidade de tricomas em folhas novas (N) e maduras (Mad) na porção adaxial (ADX) e abaxial (ABX) nas folhas novas e maduras de *Byrsonima intermedia* (Bint), *Byrsonima crassa* (Bcrassa), *Banisteriopsis stellaris* (Bst), *Banisteriopsis pubipetala* (Bpub), *Banisteriopsis adenopoda* (Bad), *Banisteriopsis argyrophylla* (Barg) na Gleba Pé-de-Gigante, Santa Rita do Passa Quatro (Sta) e na Reserva de Corumbataí, Corumbataí (Cor), SP.

Em relação à fase de desenvolvimento, as folhas jovens de todas as espécies pilosas estudadas apresentaram maior densidade de tricomas que as folhas maduras ($p < 0.05$). As folhas novas com maior densidade de tricomas que as maduras podem minimizar a infestação (Coley, 1983; Woodman & Fernandes, 1991). Estes autores observaram que à medida que a densidade de tricomas se reduzia com a idade da folha, aumentava o ataque por herbívoros. No entanto, realizando um teste de correlação (Tab. 1) não foi encontrada correlação entre a densidade de tricomas e a herbivoria foliar. Esse resultado indica que provavelmente existem outros fatores ambientais, como, por exemplo, a influência do terceiro nível trófico, envolvidos com a herbivoria. As espécies *B. crassa*, *B. pubipetala* e *B. stellaris* apresentaram maior densidade de tricomas nas folhas novas e menor herbivoria (Cap. 2).

Tabela 1. Correlação entre a herbivoria e a densidade de tricomas das folhas novas e maduras das espécies de Malpighiaceae coletadas na Reserva Pé-de-Gigante (Santa Rita do Passa Quatro, SP) e na Reserva de Corumbataí (Corumbataí, SP). r = coeficiente de Pearson. $n=32$.

Correlação	Reserva Pé-de-Gigante				Reserva de Corumbataí				
	Novas		Maduras		Novas			Maduras	
	r	p	r	p	r	p	n	r	p
densidade e herbivoria	-0.4	0.517	0.7	0.23	0.2	0.714	6	0.0857	0.9194

A densidade de tricomas variou entre as faces adaxial e abaxial das folhas, na maioria das espécies. A face abaxial foi mais pubescente em *Byrsonima crassa*, *Banisteriopsis stellaris*, *Banisteriopsis pubipetala*,

Banisteriopsis adenopoda e *Banisteriopsis argyrophylla*. A face adaxial das folhas jovens de *Byrsonima intermedia* apresentou-se mais densa em tricomas. Outras espécies de cerrado também apresentaram maior pilosidade na face inferior de suas folhas como é o caso de *Xylopia aromatica* (Annonaceae) e *Didymopanax vinosum* (Araliaceae) (Cerri, 1999).

A densidade em algumas espécies encontradas nas duas Reservas variaram de acordo com a localidade. As folhas de *Byrsonima intermedia* e *Banisteriopsis stellaris* apresentaram maior pilosidade na área de Corumbataí. As folhas de *Banisteriopsis adenopoda* foram mais pilosas na área de Santa Rita do Passa Quatro. Já *Byrsonima crassa* e *B. coccolobifolia* não apresentaram diferenças de densidade de tricomas em suas folhas em função da localidade. A diferença na densidade de tricomas por localidade pode estar relacionada com os fatores ambientais aos quais estão sujeitas e a expressão genotípica de cada espécie. Segundo Karabourniotis & Bornman (1999), a quantidade da luz recebida ao longo do dia influencia na densidade dos tricomas e na sua forma em uma mesma espécie. Estes autores observaram que os indivíduos que sofriam maior incidência de luz apresentavam maior pilosidade e os tricomas mais espessos. É provável que uma pequena diferença na quantidade de luz para algumas espécies, devido a características do ambiente, como relevo, cobertura vegetal (Dudley & Schmitt, 1996) e estresse ambiental (Roy *et al.*, 1999) possam acarretar diferenças na densidade de tricomas. Segundo Roy *et al.* (1999), entre outros fatores que poderiam estar envolvidos com a

densidade de tricomas, estão a disponibilidade de água, a temperatura e a quantidade de luz recebida durante a fase de desenvolvimento.

Em relação à umidade, à temperatura e ao fotoperíodo, verificou-se que as Reservas, por serem próximas, não apresentam grandes diferenças. No entanto, não se têm informações ambientais mais detalhadas, como o grau de incidência luminosa e a disponibilidade de água, aos quais as folhas estiveram sujeitas durante o seu desenvolvimento. Assim, de acordo com os resultados, pode-se afirmar que algumas diferenças ambientais (que não foram possíveis de serem identificadas) entre as Reservas influenciaram na densidade de tricomas, demonstrando plasticidade das espécies estudadas. A influência ambiental na densidade de tricomas também é descrita por Ramesar-Fortner *et al.* (1995). As diferenças de densidade de tricomas de um ambiente para outro pode levar a uma alteração das relações existentes entre plantas e herbívoros.

A partir dos resultados encontrados nesse trabalho, conclui-se que a densidade de tricomas nas folhas variou entre espécies e entre as localidades. Observou-se como padrão que a densidade de tricomas foi maior nas folhas novas, o que pode representar uma defesa física eficiente neste ecossistema. Observou-se também que não há uma correlação direta entre a densidade de tricomas das espécies estudadas com a herbivoria foliar. Alguns trabalhos relatam que algumas lagartas e alguns coleópteros selecionam espécies pubescentes e outras, selecionam espécies glabras (Diniz *et al.*, 2000). Assim, pode-se dizer que a herbivoria pode ser melhor

compreendida se analisada conjuntamente com a composição de seus herbívoros.

É provável também que a densidade de tricomas seja apenas um dos aspectos envolvidos na relação de herbivoria, como relatado para teores de nitrogênio e taninos no Cap. 2. Assim, o grau de proteção de uma espécie vegetal contra a herbivoria só pode ser analisada pelo conjunto de defesas e pelas características e adaptações fisiológicas de seus herbívoros. Existem outros fatores, além daqueles que envolvem as plantas, como o terceiro nível trófico, que podem estar influenciando a herbivoria.

No capítulo seguinte, serão avaliadas e discutidas conjuntamente a influência da densidade de tricomas, das substâncias secundárias (alcalóides e taninos) e dos teores de nitrogênio destas espécies de Malpighiaceae estudadas na fauna de lepidópteros encontrada.

Bibliografia

Barroso, G. M. 1984. *Sistemática de Angiospermas do Brasil. Vol 2*. Viçosa, UFV, Imp. Univ. 377p.

Batalha, M. A. 1997. *Análise da vegetação da ARIE Cerrado Pé-de-Gigante (Santa Rita do Passa Quatro, SP)*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 187 p.

- Cerri, A. 1999. Características anatômicas de *Didymopanax vinosum* E. March e *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. e sua relação com a herbivoria foliar em diferentes fisionomias de cerrado. Monografia. FFLCLRP. 51p.
- César, O.; Pagano, S. N.; Leitão Filho, H. F.; Monteiro, R.; Siva, O. A.; Marinis, G.; Shepherd, G. J. 1988. Estrutura fitossociológica do estrato arbóreo de uma área de vegetação de cerrado do município de Corumbataí (Estado de São Paulo). *Naturalia* 13: 91-101.
- Coley, P. D. 1983. Herbivory and defensive characteristics of three species in a lowland tropical forest. *Ecol. Monogr.* 53: 209-233.
- Cronquist, A. 1981. *An integrated System of classification of flowering plants*. The New York Botanic Garden. Columbia University Press New York. 1262 p.
- Diniz, I. R.; Macedo, R. H. & Hay, J. D. 2000. Natural History of herbivores feeding on *Byrsonima* species. *Brazilian Journal of Ecology* 2:49-54.
- Dudley, S. A., and J. Schmitt. 1996. Testing the adaptive plasticity hypothesis: Density-dependent selection on manipulated stem length in *Impatiens capensis*. *American Naturalist* 147:445-465.
- Fahn, A. 1982. *Plant Anatomy*, 3 ed. Pergamon Press. 544p.

Fernandes, G. W. 1994. Plant mechanical defenses against insect herbivory.

Revta. bras. Ent. 38: 421-433.

Fidelis, A. T. 1999. *Fitossociologia de uma Área de Cerrado stricto sensu na*

ARIE – Cerrado Pé-de-Gigante, Santa Rita do Passa Quatro, SP.

Monografia de Bacharelado. Departamento de Biologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, SP. 71p.

Johansen, D. A. 1940. *Plant Microtechnique*, 1nd edn. New York: McGraw-Hill

Book Company.

Juniper, B. E. & Jeffre, C. E. 1983. Plant surfaces. Arnold, London.

Karabourniotis, G., Bornman, J. F. 1999. Penetration of UV-A, UV-B and blue

light through the leaf trichome layes of two xeromorphic plants, olive

and oaks measured by optical fibre microprobes. *Physiologia*

Plantarum 105: 655-661.

Kraus, J. E. & Arduin, M. 1997. Manual Básico de Métodos em Morfologia

Vegetal Seropédica, RJ: EDUR. 198p.

Karabourniotis, G. & Bornman, J. F. 1999. Penetration of UV-A, UV-B and

blue light through the leaf trichome layes of two xeromorphic plants,

olive and oaks, measured by optical fibre microprobes. *Physiologia Plantarum* 105 (4): 655-661.

Liakoura, V, Stefanou, M., Manetas, Y., Cholevas, C., Karabourniotis, G. 1997. Trichome density and its UV-B protective potential are affected by shading and leaf position on the canopy. *Environmental and Experimental Botany* 38: 223-229.

Martin, J. T. & B. E. Juniper. 1970. The cuticles of plants. St. Martin's Press, New York, N.Y.

Payne, W. W. 1978. A Glossary of plant hair terminology. *Brittonia* 30: 239-255.

Ramesar-Fortner, N. S., Aiken, S. G. & Dengler, N. G. 1995. Phenotypic plasticity in leaves of four species of Arctic *Festuca* (Poaceae). *Can. J. Bot.* 73: 1810-1823.

Roy, B. A.; Stanton, M. L. & Eppley, S. M. 1999. Effect of environmental stress on leaf hair density and consequences for selection. *J. Evo. Biol.* 12: 1089-1103.

- Salatino, A.; Montenegro, G. & Salatino, M. L. F. 1986. Microscopia eletrônica de varredura de superfícies foliares de espécies lenhosas do cerrado. *Revta brasil. Bot.* 9: 117-124.
- Shepherd, T.; Robertson, G. W.; Griffith, D. W.; Birch, A. N. E. & Duncan, G. 1995. Effects of environment on the composition of epicuticular wax from kale and swede. *Phytochemistry* 40: 407-417.
- Woodson Jr., R. E., Schery, R. W., Cuatrecasas, J., Croat, T. B., Vivaldi, J. 1980. Flora of Panama. Part VI. Family 93. Malpighiaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 67 (4): 851-945.
- Woodman R. L., Fernandes G.W. 1991. Differential mechanical defense: herbivory, evapotranspiration, and leaf-hairs. *Oikos* 60: 11-19.

DISCUSSÕES E
CONSIDERAÇÕES GERAIS

As interações entre os herbívoros e recursos vegetais são bastante complexas e têm influência em vários níveis tróficos e em todo o funcionamento do ecossistema (Oom *et al.*, 2004).

Vários fatores estão envolvidos nas relações encontradas em um ecossistema entre eles: fatores abióticos (solo, clima, poluição, heterogeneidade de habitats), bióticos (composição florística, fenologia, arquitetura, densidade e distribuição das plantas, inimigos naturais, etc.) e intrínsecos (comportamentais e genéticos). Pelos dados apresentados nos capítulos 1, 2 e 3, foram encontradas diferenças na composição da fauna de lepidópteros associadas às plantas e, também, nas características das espécies de Malpighiaceae como a densidade de tricomas, teores de nitrogênio e de taninos.

Pelos dados apresentados no Cap.1, algumas espécies de lepidópteros ocorreram em uma espécie de Malpighiaceae, como é o caso dos licenídeos encontrados somente em *Byrsonima intermedia*. A alta similaridade da fauna de lepidópteros foi observada entre *Byrsonima intermedia*, *Byrsonima coccolobifolia* e *Banisteriopsis pubipetala*, sugerindo que há entre estas espécies vegetais algumas características químicas e morfológicas semelhantes. Comparando-se a composição de lagartas em três espécies de Malpighiaceae (*Byrsonima intermedia*, *Byrsonima coccolobifolia* e *Banisteriopsis stellaris*) das duas áreas, a diversidade foi maior na Reserva Pé-de-Gigante, sendo que a maior similaridade da fauna encontrada em *Byrsonima intermedia* e a menor, em *Banisteriopsis stellaris*. As diferenças encontradas na composição de lagartas entre os locais

indicaram a existência de fatores ambientais que poderiam afetar as espécies vegetais e, em consequência, as relações de herbivoria. Notou-se também que a similaridade da fauna destas Reservas estudadas com as Reservas de Brasília foi de 14,7% e que algumas espécies que ocorreram apenas em uma espécie de Malpighiaceae em São Paulo, foram polípagas em Brasília.

Com intuito de compreender as relações da fauna de lagartas com as espécies de Malpighiaceae, procurou-se investigar algumas das características químicas, como os teores de nitrogênio e tanino (Cap. 2), presença e ausência de alcalóides, que têm sido amplamente discutidas na literatura por sua relação com a herbivoria e, ainda, a densidade de tricomas (Cap. 3), que poderia influenciar na seleção da fonte alimentar pelos herbívoros, e relacioná-las posteriormente.

Pelos resultados apresentados no Cap. 2, foi possível observar alguns padrões nas espécies de Malpighiaceae estudadas: 1. As folhas novas apresentaram maiores teores de nitrogênio que as maduras na maioria das espécies da estação seca e em quatro espécies da estação chuvosa; 2. Os teores de taninos foram maiores no gênero *Byrsonima*; 3. Há uma tendência dos teores de nitrogênio serem maiores nas espécies do gênero *Banisteriopsis*, embora não se encontrou diferenças significativas ($p=0.0638$). 4. Os teores de taninos foram maiores no gênero *Byrsonima*. A perda de área por herbivoria variou entre as espécies e com a fase de desenvolvimento foliar, não sendo possível estabelecer padrões para as espécies estudadas. Além disso, também não foram encontradas

correlações entre a herbivoria e os teores de nitrogênio e de taninos no grupo de espécies vegetais estudado. Comparando-se os teores de nitrogênio e tanino (Tab. 1 deste capítulo final), entre as populações de *Byrsonima intermedia*, *Byrsonima coccolobifolia* e *Banisteriopsis stellaris* das duas Reservas estudadas neste trabalho, observou-se que *Byrsonima intermedia* e *Banisteriopsis stellaris* apresentaram maiores teores de nitrogênio e taninos e menor herbivoria na Reserva Pé-de-Gigante e em *Byrsonima coccolobifolia*, os maiores teores de nitrogênio e taninos e menor herbivoria na Reserva de Corumbataí.

Pelos dados apresentados no Cap. 3, *B. argyrophylla* foi a mais pubescente e *Byrsonima coccolobifolia* apresentou-se completamente glabra. Os padrões observados foram: 1. As folhas mais novas apresentaram maiores densidades de tricomas que as maduras. 2. A densidade de tricomas é maior na face abaxial, sendo exceção *Byrsonima intermedia*. No entanto, não foi possível encontrar uma correlação da densidade de tricomas com a herbivoria. Comparando-se as densidades de tricomas entre as Reservas, observou-se que *Byrsonima intermedia* e *Banisteriopsis stellaris* apresentaram maiores densidades na Reserva de Corumbataí, onde também foi observada maior herbivoria. É provável que a presença de tricomas em maior quantidade tenha influenciado positivamente na seleção por seus herbívoros como já observado por outros autores (Diniz *et al.*, 2001), que relataram que *Gonioterma exquisita* (Elaschistidae) seleciona as espécies de *Byrsonima* mais pilosas.

Com objetivo de compreender quais das características vegetais (teores de nitrogênio, tanino e a densidade de tricomas) estudadas têm relação com a fauna de lepidópteros encontrada nas três espécies mais freqüentes nas duas reservas estudadas: *Byrsonima intermedia*, *Byrsonima coccolobifolia*, *Banisteriopsis stellaris*, foi realizada uma Análise de Correspondência Canônica (CCA), realizando 100 permutações com os dados, usando o Programa de Análise de Multivariada de Dados Ecológicos - PCORD 4 for Windows versão 4.20 (McCune & Melford, 1999). Na matriz principal da CCA inseriu-se o número de indivíduos de cada espécie de lepidóptero encontrada em cada espécie vegetal, conforme os dados apresentados na tabela 1 do Cap. 1. Na matriz secundária inseriu-se os dados referentes os valores médios do teor de nitrogênio, teor de tanino, densidade de tricomas, ausência ou presença de alcalóides, encontrados nestas espécies (Tab. 1).

Na análise CCA, o eixo 1 explicou 27,3 % da variação, o eixo 2 um adicional de 12,2 % e o eixo 3, somente 4%. O eixo 1 separou a fauna em dois grupos, um grupo associado à presença de alcalóide na espécie vegetal e o outro com a ausência do mesmo. Este resultado sugere que os alcalóides tiveram efeito na fauna encontrada em *Banisteriopsis stellaris* em relação às demais espécies. Sabe-se que os alcalóides indólicos são considerados tóxicos para maioria dos insetos (Schripsema *et al.*, 1999). Assim, é provável que somente as espécies de lagartas que apresentam características morfológicas e fisiológicas que permitem suplantar estas substâncias, se alimentem dessa espécie vegetal.

O eixo 2 separou as espécies conforme a densidade de tricomas e os teores de nitrogênio e de taninos (Fig. 1). O teste de Monte Carlo demonstrou diferenças significativas entre as espécies e as variáveis deste eixo (Tab. 3). Estas variáveis também se correlacionaram positivamente com o eixo (Fig. 1 e Tab. 4). Observou-se também que quanto maior os teores de nitrogênio e taninos, maior o número de espécies associadas. Em *Byrsonima intermedia*, os teores foram maiores na Reserva Pé-de-Gigante do que na Reserva de Corumbataí, onde se observou maior número de espécies de lepidópteros associados, enquanto que em *Byrsonima coccolobifolia*, estes teores foram maiores na Reserva de Corumbataí onde, também, o número de espécies foi maior.

Estes resultados sugerem que os teores de nitrogênio encontrados nestas espécies também são importantes na relação com a fauna de lepidópteros. Sabe-se que o nitrogênio é uma fonte alimentar vital para o desenvolvimento e sobrevivência dos insetos (Scriber & Slansky, 1981). Além disso, segundo White (1993), a distribuição e abundância dos herbívoros é determinada mais pela qualidade do alimento do que pela quantidade do mesmo. Segundo alguns autores os insetos selecionam alimentos que são nutricionalmente melhores (Bernays & Chapman, 1994), incluindo alguns trabalhos com lagartas que têm comprovado a preferência destes herbívoros por plantas com maior teor de nitrogênio (Hódar *et al.*, 2002). Entretanto, outros fatores estão envolvidos nesta seleção e uma das conclusões bastante interessante, foi baseada em uma espécie de mariposa (Pyralidae) cuja lagarta prefere as folhas mais velhas, menos nutritivas, mas

que são mais eficientes na construção de abrigos do que as folhas jovens nutricionalmente superiores (Damman, 1987). Essa discussão mostra a complexidade das análises que têm que ser abordadas quando se trabalha com relações entre insetos e plantas.

Algumas espécies vegetais, ao sofrerem intensa herbivoria, aumentam a produção de taninos como forma de defesa (Santos & Mello, 1999), uma vez que quanto maior a concentração de taninos, menor é a disponibilidade do recurso protéico (Fenny, 1970). Assim, é provável que a maior riqueza de e abundância lepidópteros encontrada na Reserva Pé-de-Gigante em *Byrsonima intermedia* tenha influenciado no maior teor encontrado nas folhas que o observado na Reserva de Corumbataí. Além disso, a maioria das larvas de lepidópteros apresenta um pH alto no trato digestivo que reduz o efeito deletério desta substância (Berembaum, 1980).

Pela análise de CCA, pode-se sugerir que a fauna tenha sido afetada mais pelas características das espécies de plantas do que pelas características inerentes às Reservas, permitindo a formação de três grupos. A pilosidade das folhas, por exemplo, interfere na seleção de muitas espécies de lagartas (Andrade *et al.*, 1995; Diniz *et al.*, 2001). Em *Byrsonima coccolobifolia*, espécie de folhas glabras, e em *Byrsonima intermedia* foram encontradas *Gonioterma indecora* (Elaschistidae) que seleciona plantas glabras ou pouco pilosas (Diniz *et al.*, 2001).

As diferenças quantitativas observadas (densidade de tricomas, teores de nitrogênio e taninos) em *Byrsonima intermedia*, *Byrsonima coccolobifolia* e *Banisteriopsis stellaris* entre as Reservas não permitem

conclusões definitivas sobre a influência dessas características na distribuição populacional dos lepidópteros.

Estas complexas relações entre lepidópteros e Malpighiaceae encontradas neste estudo sugerem que são importantes investigações complementares, entre elas:

1. Como somente as lagartas foram utilizadas nesse estudo e sabe-se que há muitos outros grupos de insetos herbívoros igualmente importantes e que, ainda, os danos foliares foram analisados de forma global, sugere-se a caracterização e a quantificação da herbivoria por grupos de herbívoros, incluindo a abscisão foliar devida a herbívoros (quase nunca considerada nos trabalhos de herbivoria). Certamente são observações difíceis que exigem um desenho experimental complexo. Sugere-se observações de campo e experimentos em laboratório para confirmação.

2. Um outro aspecto importante e que necessita de estudos continuados seria a análise de amplitude de dieta, que depende não só de fatores locais como também dos regionais. Sendo assim, fica difícil em uma avaliação local os estudos desses aspectos e as conclusões sobre associações com outras espécies de plantas.

3. Um outro aspecto que não fez parte do escopo desse trabalho é o papel dos inimigos naturais nas populações de insetos herbívoros e, conseqüentemente, na herbivoria (Price, 1987). Sabe-se que os predadores tem grande impacto nos insetos que se alimentam externamente das plantas (Atlegrim, 1989; Marquis & Whelan, 1994), assim como, os parasitóides

(Lawton & McNeil, 1979). Portanto, há necessidade e é extremamente importante relacionarmos os três níveis tróficos fazendo uma síntese das forças “top–down” e “botton–up” nas populações e comunidades ecológicas (Hunter & Price, 1992).

4. Realizar um estudo completo do perfil químico dessas espécies vegetais a fim de se verificar se substâncias de outras classes além de taninos e alcalóides podem estar envolvidas nestas relações.

5. Isolar os alcalóides indólicos de *Banisteriopsis stellaris* e realizar bioensaios, testando a influência dessas substâncias na escolha pelas espécies de lepidópteros confirmando seu papel nesta relação.

6. Realizar bioensaios, testando as espécies de lepidópteros que ocorreram apenas em uma das Reservas com folhas coletadas nas duas áreas. Se estes herbívoros não se alimentarem da espécie de outro local, poderíamos sugerir mais fortemente a influência de outros fatores sobre a fauna.

Tabela 1. Dados incluídos na Matriz secundária a Análise do Coorespondência Canônica (CCA- Pcord 4)

	Nitrogênio(*100)	tanino	alcalóide	densidade de tricomas
B.int (Pé)	278	15	ausência	26
B.int (Co)	232	8	ausência	77
B.coc (Pé)	138	5	ausência	0
B.coc (Co)	197	12	ausência	0
B.st (Pé)	215	14	presença	12
B.st (Co)	180	8	presença	53

B.int = *Byrsonima intermedia*; B. coc = *Byrsonima coccolobifolia*; B. st = *Banisteriopsis stellaris*; Pé= Reserva Pé-de-Gigante, Santa Rita do Passa Quatro, SP; Co= Reserva de Corumbataí, Corumbataí, SP.

Tabela 2. Escores do Gráfico de Ordenação (CCA – Pcord 4) das figuras 1 e 2.

Espécies	eixo1	eixo 2	eixo 3
B.int (Pé)	-0.44957	0.67643	0.64794
B.int (Co)	-0.28092	0.32250	-1.22531
B.coc (Pe)	-0.14204	-2.03654	0.35433
B.coc (Co)	-0.03760	-1.26259	-0.11427
B.st (Pe)	4.55328	1.26450	2.98042
B.st (Co)	4.37914	-0.70426	-14.94937

B.int = *Byrsonima intermedia*; B. coc = *Byrsonima coccolobifolia*; B. st = *Banisteriopsis stellaris*; Pé= Reserva Pé-de-Gigante, Santa Rita do Passa Quatro, SP; Co= Reserva de Corumbataí, Corumbataí, SP.

Tabela 3. Teste de Monte Carlos : Correlação entre as espécies com as características das plantas. (CCA – Pcord4).

Axis	Real data		Randomized data			p
	Spp-Env	Corr.	Monte Carlo test, 99 runs	Mean	Minimum	Maximum
1	0.839	0.819	0.567	0.987	0.4900	
2	0.951	0.733	0.452	0.985	0.0500	
3	0.569	0.639	0.403	0.947	0.7300	

Tabela 4. Correlação de Person e Kendall com os eixos de ordenação(CCA - Pcord4).

Eixo:	1			2			3		
	r	r-sq	tau	r	r-sq	tau	r	r-sq	tau
n2*100	-,187	,035	-,333	,796	,633	,600	,270	,073	,200
t	,120	,014	,000	,706	,498	,552	,390	,152	,414
tri	,076	,006	-,138	,352	,124	,276	-,486	,236	-,276

Figura 1. Análise Correspondência Canônica (CCA-Pcord 4) das espécies de lepidópteros encontradas em *Byrsonima intermedia* (B.int), *Byrsonima coccolobifolia* (B.coc) e *Banisteriopsis stellaris* (B.st) das Reservas de Corumbataí (Co - Corumbataí) e Pé-de-Gigante (Pe -Santa Rita do Passa Quatro), SP, com a concentração de nitrogênio (n2) e tanino (t), densidade de tricomas (tri) e presença ou não de alcalóide.

Bibliografia

- Andrade, I.; Diniz, I. R. & Morais, H. C. 1995. The larva of *Cerconata achatina* (Zeller) (Lepidoptera, Stenomatinae, Oecophoridae): Biology and occurrence on food plants of the genus *Byrsonima* Rich. (Malpighiaceae). *Revta bras. Zoo.* 12 (4): 735-741.
- Atlegrim, O. 1989. Exclusion of birds from bilberry stands: impact on insect larval density and damage to the bilberry. *Oecologia* 79: 136–139.
- Berembaum, M. 1980. Adaptive significance of midgut pH in larval Lepidoptera. *American Naturalist*. 115: 138-146.
- Bernays, E. A. & Chapman, R. F. 1994. *Host-Plant Selection by Phytophagous Insects* Chapman & Hall, Inc. USA.
- Damman, H. 1987. Leaf quality and enemy avoidance by the larvae of a pyralid moth. *Ecology* 68: 88–97.
- Diniz, I. R.; Morais, H. C. & Hay, J. D. 2001. Natural History of Herbivores Feeding on *Byrsonima* Species. *Brazilian Journal of Ecology* 2:49-54.
- Feeny, P. 1970. Seasonal changes in oak leaf tannins nutrients as a cause of spring feeding by winter moth caterpillar. *Ecology* 51: 565-81.

- Hódar, J. A., Zamora, R. & Castro, J. 2002. Host utilisation by moth and larval survival of pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* in relation to food quality in three *Pinus* species. *Ecological Entomology* 27: 292-304.
- Hunter, M. D. & Price, P. W. 1992. Playing chutes and ladders: heterogeneity and the relative roles of bottom-up and top-down forces in natural communities . *Ecology* 73: 724–732.
- Lawton, J. H. & McNeil, S. 1979. Between the devil and the deep blue sea: on the problem of being an herbivore. *Symp. BR. Ecol. Soc.* 20: 223–244.
- Marquis, R. J. & Whelan, C. J. 1994. Insectivorous birds increase growth of White oak consumption of leaf-chewing insects. *Ecology* 75: 2007–2014.
- Price, P. W. 1987. The role of natural enemies in insect populations. *In*: P. Barbosa & J. C. Schultz (eds.). *Insect Outbreaks*. Academic Press, San Diego, California, USA. p. 287–312
- Oom, S. P.; Beecham, J. A.; Legg, C. J.; Hester. A. J. 2004. Foraging in a complex environment: from foraging strategies to emergent spatial properties. *Ecological complexity* 1: 299-327.

Santos, S. C. & Mello, J.C.P. 1999. Taninos. *In*: Simões, C. M. O.; Schenkel, E. P.; Gosmann, G.; Mello, J. C. P; Mentz, L. A. & Petrovick, P. R. (orgs.). *Farmacognosia da planta ao medicamento*. RS e SC, Editora da UFSC e da Universidade/UFRGS, cap 24, p 517-544.

Schripsema, J.; Dagnino, D & Gosmann, G. 1999. Alcalóides indólicos. *In*: Simões, C. M. O.; Schenkel, E. P.; Gosmann, G.; Mello, J. C. P; MENTZ, L. A. & Petrovick, P. R. (orgs.). *Farmacognosia da planta ao medicamento*. RS e SC, Editora da UFSC e da Universidade/UFRGS, cap 31, p 679-706.

Scriber, J. M. & Slanky JR, F. 1981. The nutritional ecology of immature arthropods. *Annu. Rev. Entomol.* 26:183-211.

White, T. C. R. 1993. *The inadequate environment. Nitrogen and the abundance of animals*. Springer-Verlag, Berlin.