



Universidade Federal de Goiás
Instituto de Ciências Biológicas



Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução

**RIQUEZA E COMPOSIÇÃO DE MARIPOSAS ARCTIINAE (LEPIDOPTERA, NOCTUIDAE) EM
DIFERENTES FORMAÇÕES VEGETAIS EM UMA ÁREA DE CERRADO**

Carolina Moreno dos Santos

Orientadora: Viviane Gianluppi Ferro

Goiânia – GO

Maio de 2012

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS
TESES E
DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: ☒ **Dissertação** ☐ **Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação

Nome completo do autor: **Carolina Moreno dos Santos**

Título do trabalho: **Riqueza e composição de mariposas Arctiinae (Lepidoptera, Noctuidae) em diferentes formações vegetais em uma área de cerrado.**

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento ☒ **SIM** ☐ **NÃO**¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.



Assinatura do (a) autor (a)

Data: 17 / 10 / 2016

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

² A assinatura deve ser escaneada.

Universidade Federal de Goiás
Instituto de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução

**RIQUEZA E COMPOSIÇÃO DE MARIPOSAS ARCTIINAE (LEPIDOPTERA, NOCTUIDAE) EM
DIFERENTES FORMAÇÕES VEGETAIS EM UMA ÁREA DE CERRADO**

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Goiás como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Ecologia e Evolução para
obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Carolina Moreno dos Santos

Orientadora: Viviane Gianluppi Ferro

Goiânia – GO

Maio de 2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

GPT/BC/UFG

S237r Santos, Carolina Moreno dos.
Riqueza e composição de mariposas Arctiinae (Lepidoptera, Noctuidae) em diferentes formações vegetais em uma área de Cerrado [manuscrito] / Carolina Moreno dos Santos. – 2012.
96 f. : il., figs, tabs.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Viviane Gianluppi Ferro.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Instituto de Ciências Biológicas, 2012.
Bibliografia.
Inclui figuras, abreviaturas, siglas e tabelas.
Apêndice.

1. Lepidoptera (Mariposa). 2. Complexidade ambiental. 3. Bioma Cerrado. I. Título.

CDU: 595.78:504.3



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E EVOLUÇÃO
Campus II (Samambaia), ICB IV, segundo piso, Goiânia, Goiás.
Tel/fax: 62 3521 1203
Email: ecoevol@gmail.com

ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE Nº⁹²

Ata da reunião da banca examinadora da defesa de dissertação em nível de mestrado. Em dezessete de maio de 2012, às quatorze horas, no auditório II, ICB II, Campus II, UFG, reuniram-se os componentes da banca examinadora: Profa. Dra. Viviane Gianluppi Ferro – orientadora - Universidade Federal de Goiás, Prof. Dr. Heraldo Luiz de Vasconcelos - Universidade Federal de Uberlândia, Prof. Dr. Mário Almeida Neto - Universidade Federal de Goiás, para, em sessão pública, presidida pelo primeiro examinador citado, procederem à avaliação da defesa de dissertação intitulada: “Riqueza e composição de mariposas Arctiinae (Lepidoptera, Noctuidae) em diferentes formações de vegetação em uma área de cerrado”, em nível mestrado, área de concentração em Ecologia e Evolução, de autoria de **Carolina Moreno dos Santos**, discente do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução da Universidade Federal de Goiás. A sessão foi aberta pelo presidente que fez a apresentação formal dos membros da banca. A palavra a seguir foi concedida ao autor da dissertação que, em cerca de.....⁴⁰ minutos procedeu à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca argüiu ao examinado, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de argüição, procedeu-se à avaliação da defesa. Tendo-se em vista o que consta na Resolução nº 0834/2007 do Conselho de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cultura (CEPEC), que regulamenta o Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução e procedidas às correções recomendadas, a dissertação foi.....^{aprovada}., considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de Mestre em Ecologia e Evolução, na área de concentração em Ecologia e Evolução pela Universidade Federal de Goiás. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do programa da versão definitiva da dissertação, com as devidas correções. A banca examinadora recomenda a publicação de artigo (s) científico (s) oriundo (s) dessa dissertação



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E EVOLUÇÃO
Campus II (Samambaia), ICB IV, segundo piso, Goiânia, Goiás.
Tel/fax: 62 3521 1203
Email: ecoevol@gmail.com

29 em periódicos de circulação nacional e, ou, internacional, depois de procedidas as
30 modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades de pauta, às.....¹⁶ horas e
31⁴⁵ minutos encerrou-se a sessão de defesa, e para constar eu, Higo Figueiredo dos
32 Santos, Secretário Executivo da Universidade Federal de Goiás, lavrei a presente ata, que
33 após lida e aprovada, será assinada pelos membros da banca examinadora em três vias de
34 igual teor. Alteração do título ()SIM (X)NÃO, favor informar novo título:

35
36
37
38
39
40

41
42
43 Profa. Dra. Viviane Gianluppi Ferro
44 Universidade Federal de Goiás

45
46
47 Prof. Dr. Heraldo Luiz de Vasconcelos
48 Universidade Federal de Uberlândia

49
50
51 Prof. Dr. Mário Almeida Neto
52 Universidade Federal de Goiás

“NA VIDA TUDO SE APRENDE E COM O TEMPO SE APERFEIÇO A”

(Alailson Júnior)

AGRADECIMENTOS

Ao SENHOR meu Deus, agradeço por tudo. Neste caso em especial, O agradeço por ter me proporcionado cursar o meu mestrado ao lado de pessoas essenciais para minha capacitação profissional e pessoal.

À minha orientadora Viviane G. Ferro pela orientação sempre presente em todas as etapas do curso e da minha pesquisa. Por ter me ensinado a coletar, montar e identificar as lindas mariposas Arctiinae. Agradeço pela ajuda em cada detalhe deste trabalho. Eu sei que toda a ajuda será recompensada! Agradeço pela amizade, pela paciência, por conhecer minhas limitações, mas ainda assim me incentivar a prosseguir!

Agradeço a todos que me ajudaram nas coletas dos dados. Os momentos no campo foram, sem dúvida, os mais fascinantes de toda a minha jornada do mestrado. Apesar das dificuldades (exemplos: carros quebrados, ter que carregar baterias pesadas ao longo de uma trilha da mata estacional semidecídua e aos sons atemorizantes dos queixadas... srsrsr), as boas experiências vividas no campo me ensinaram muito e serão levadas por toda minha vida! Um agradecimento mais do que especial aos amigos: Vivi, Luciano, Vanessinha, Luiz Henrique (Luigi), Taynara, Carol Caiado, Adriano Jaskulski e Murilo.

Agradeço ao professor Marcus Vinícius Cianciaruso pela ajuda em delimitar as parcelas. Também agradeço aos pesquisadores que marcaram, mediram a altura e o perímetro e identificaram as espécies de plantas lenhosas: professor Marcus V. Cianciaruso, Lívia Laureto, Leandro Maracahipes e Edmar Almeida.

Todas as experiências do campo só foram possíveis devido ao financiamento do projeto PELD. Desta forma, agradeço a fonte financiadora CNPq (558187/2009-9) e ao coordenador do projeto, professor Adriano S. Melo. Também agradeço a Capes pela bolsa de mestrado, muito necessária para minha dedicação ao curso.

À Universidade Federal de Goiás e ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução pela estrutura física, principalmente ao laboratório de Ecologia de Insetos onde passei a maior parte do meu tempo durante o mestrado. Claro que a boa convivência com meus colegas de laboratório permitiram que o trabalho ficasse bem mais fácil. Desta forma, agradeço aos professores Viviane G. Ferro e Adriano S. Melo, e aos colegas Luiz, Carol Caiado, Luciano e Diogo.

Agradeço também a todos os professores da Pós, que sempre tem se empenhado em nos repassar o conhecimento que eles possuem.

Muito obrigada às pessoas que me ajudaram nas análises estatísticas: Leandro Juen, professores Adriano S. Melo e Viviane G. Ferro; Luciano, Víctor Landeiro, Miriam, Denis, Diogo, Karina, Livia, Sidney, Thiago, Sara, Daniel e Edmar. Agradeço ao professor Adriano S. Melo pela ajuda no meu delineamento amostral e a Carol Correa pela construção do mapa das minhas unidades amostrais.

Ao pessoal do Parque Nacional das Emas e do ICMBio por toda a ajuda e apoio durante as minhas coletas.

Agradeço aos pesquisadores que aceitaram participar da minha banca de defesa, pela leitura e análise crítica da dissertação: professores doutores Heraldo Luis de Vasconcelos, Mário Almeida Neto e Viviane G. Ferro (orientadora).

Aos amigos que eu fiz durante o mestrado. Muito obrigada por me ajudarem a manter a calma nos momentos de estresse, pelos momentos de cafezinho, pelas longas conversas e discussões científicas e não científicas, pelas caronas de volta pra casa, por dividirem parte de suas histórias comigo, pela confiança ... Enfim, obrigada por todos os nossos momentos de convivência: Lia, Vivi, Paulinho, Talita, Karina, Sara (minha companheira nas disciplinas de análises multivariadas!), Mirian, Lu, Carlos, Gabriel, Núbia, Dani, Daniel, xarás (Caiado e Correa) e Luigi.

Agradeço muito a minha família e amigos pelo amor, carinho, apoio, confiança... *Dadzinho* (Fernandes), *mamadi* (César), irmãos (Charles, Fernando e Patric), cunhadas (Poliana e Naara), sobrinho lindo (Gabriel, por enquanto...), avó (Nilza), tios, primos e amigos (Poliana, Pozinha, Fabiana, Aline, Sávia, Meirele, Acsa, Vanessa (my pastor), Sarah, Dairdes, Ana Carol, Desirrê, Leicyane, Dani, Gabi, Sharon, Camila, Emily, Flávio, Luiz Cláudio, Hermano, Neto, Felipe, Junior, Weslei, Edrael...).

A todos vocês, muito obrigada!! *Carol*.

SUMÁRIO

RESUMO	1
ABSTRACT	3
INTRODUÇÃO GERAL	5
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11
Capítulo I - <i>Caracterização da fauna de mariposas Arctiinae (Lepidoptera, Noctuidae) em diferentes formações vegetais em uma área de Cerrado</i>	14
RESUMO	15
INTRODUÇÃO	16
MÉTODOS	19
Área de estudo	19
Amostragem	21
Análises estatísticas	24
RESULTADOS	26
Abundância e riqueza de mariposas no PNE	26
Abundância e riqueza de mariposas nas formações vegetais	27
Composição de espécies nas formações vegetais	30
Intensidade de predação nas formações vegetais	35
DISCUSSÃO	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
ANEXO 1	51
Capítulo II - <i>Determinantes da riqueza e composição de espécies de mariposas Arctiinae (Lepidoptera, Noctuidae) ao longo de um gradiente de densidade de vegetação lenhosa em uma área de Cerrado</i>	54
RESUMO	55
INTRODUÇÃO	56
MÉTODOS	58
Amostragem das mariposas	59
Obtenção das variáveis ambientais	60
Análises estatísticas	62
Correlação entre as variáveis ambientais	62
Determinantes da riqueza de espécies	62

Determinantes da composição de espécies.....	64
RESULTADOS	65
Autocorrelação espacial	65
Determinantes da riqueza de mariposas Arctiinae	66
Determinantes da composição de espécies.....	67
DISCUSSÃO	70
Determinantes da riqueza de mariposas Arctiinae	70
Determinantes da composição de espécies.....	73
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
CONCLUSÕES GERAIS	86

RESUMO

O Bioma Cerrado apresenta um mosaico de formações vegetais que varia desde áreas abertas sem nenhum elemento arbustivo (campo limpo) até áreas que apresentam uma grande densidade de árvores altas (formações florestais). Este mosaico de vegetação que ocorre no Cerrado abriga uma alta biodiversidade de animais e contribui para a alta diversidade beta observada no bioma. Contudo, dados de ocorrência de espécies são escassos para a maioria dos grupos animais, principalmente para os invertebrados. Neste trabalho foram amostradas mariposas Arctiinae em diferentes formações vegetais do Cerrado. As mariposas Arctiinae representam uma das subfamílias de Lepidoptera mais ricas em espécies. Já foram descritas aproximadamente 11 mil espécies em todo o mundo, das quais cerca de 6000 ocorrem nos neotrópicos, 1400 no Brasil e 720 no Cerrado. Além de se alimentarem de angiospermas e gimnospermas, algumas espécies de Arctiinae também se alimentam de algas, líquens e musgos. Apesar de serem polípagas, muitas espécies de Arctiinae se alimentam de plantas que fornecem compostos secundários (principalmente alcaloides pirrolizidínicos), o que as tornam impalatáveis aos inimigos naturais. Desta forma, as variações na composição de espécies das plantas hospedeiras devem, pelo menos em parte, refletir a mudança da composição das espécies de mariposas. No primeiro capítulo desta dissertação a fauna das mariposas Arctiinae foi caracterizada em quatro formações vegetais (campo sujo, campo cerrado, cerrado sensu stricto e mata estacional semidecídua). As formações vegetais mais estruturalmente complexas apresentaram maior riqueza de espécies. A mata estacional semidecídua apresentou uma composição de espécies dissimilar com as demais formações vegetais. Houve uma correlação positiva entre o padrão de similaridade das mariposas e o padrão de similaridade da vegetação. Também foi testada a hipótese de que os habitats estruturalmente simples apresentam maior intensidade de predação porque disponibilizam menor quantidade de refúgios para as presas. Esta hipótese foi corroborada porque a fitofisionomia menos estruturalmente complexa (campo sujo) apresentou uma intensidade de predação nas lagartas artificiais duas vezes maior do que as formações vegetais estruturalmente complexas. No segundo capítulo desta dissertação, foi testado qual variável ambiental melhor determina a variação na riqueza e na composição de espécies de mariposas Arctiinae entre as formações vegetais do cerrado sensu lato (campo sujo, campo cerrado

e cerrado *sensu stricto*). A riqueza de arbóreas e arbustivas foi a variável que mais explicou a variação da riqueza de espécies. A composição das espécies de mariposas Arctiinae também foi influenciada pela riqueza de arbóreas e arbustivas, seguida pela cobertura de herbáceas, intensidade de predação e pelo coeficiente de variação da altura de plantas arbóreas e arbustivas. Os resultados obtidos sugerem que as características da vegetação são os principais preditores dos padrões de riqueza e composição das espécies de mariposas Arctiinae no Cerrado, o que reforça a importância de se investir em medidas de conservação de todas as formações vegetais que ocorrem neste Bioma.

ABSTRACT

The Cerrado Biome presents a mosaic of vegetation ranging from open areas with no shrub component (grassland) to areas with a high density of tall trees (forests formations). This mosaic of vegetation that occurs in the Cerrado harbors a high biodiversity of different groups of animals and enables to this biome presents high beta diversity in the region. However, data of species occurrence are lacking for most groups of animals, especially for the invertebrates. In this work, Arctiinae moths were sampled in different vegetation formations of the Cerrado. Arctiinae are one of the richest subfamilies of Lepidoptera. About 11.000 species were described in worldwide, 6.000 in the Neotropics, 1.400 in Brazil and 720 in the Cerrado. Most larvae of Arctiinae are polyphagous. In addition to eating the green angiosperm and gymnosperm tissues, their ranks include species that consume algae, lichens, liverworts and mosses. Despite being polyphagous, the most species of Arctiinae feed mainly on the plant species that provide secondary metabolites (mainly pyrrolizidine alkaloids) that offer to them chemical protection against natural enemies. Thus, variations in the host plant species composition reflect at least partially in the variations in the moths species composition. In the first chapter of this dissertation, the Arctiinae moth fauna was characterized in four vegetation formations (dirty grassland, closed grassland, cerrado *sensu stricto* and semideciduous forest). Moths species richness was significantly higher in vegetation formations more structurally complex. The moth species composition in semideciduous forest was significantly dissimilar from the others vegetation formations. There was a positive correlation between the moths similarity patterns and the plants similarity patterns. In the first chapter was also tested the premise that structurally simple habitats presents a higher intensity of predation because they available less quantity of refuges for prey. This premise was corroborated because the predation intensity on artificial caterpillars was twice higher in the dirty grassland than in the structurally complex vegetation. In the second chapter of this dissertation was tested which environmental variable best determines the variation in Arctiinae species richness and composition between the vegetation formations of the cerrado *sensu lato* (dirty grassland, closed grassland and cerrado *sensu stricto*). The trees richness was the most determinant of moths species richness. The moth species composition was influenced by the trees richness, followed by herbs density, predation intensity and by the variation coefficient

of tree height. The results that the vegetation characteristics are the best predictors of the variations in the moths species richness and composition indicate that it is necessary to invest in conservation measures of all vegetation formations that occurs in the Cerrado.

INTRODUÇÃO GERAL

O bioma Cerrado se estende através de uma área de 2,5 milhões de km² ao longo do platô do Brasil central e faz parte do corredor de vegetação xérica, que inclui a Caatinga no Nordeste do Brasil e o Chaco na Argentina, Paraguai e Bolívia (Oliveira-Filho e Ratter 1995). O corredor de vegetação xérica do Cerrado ainda se conecta e divide duas regiões de florestas úmidas: a floresta Amazônica e a Mata Atlântica (Oliveira-Filho e Ratter 1995, Silva et al. 2006). O Cerrado é composto por um mosaico de formações vegetais que varia desde áreas abertas sem nenhum elemento arbustivo (campo limpo) até áreas que apresentam grande densidade de árvores altas (formações florestais) (Oliveira-Filho e Ratter 2002). De acordo com estes autores, as formações vegetais que compreende o cerrado *sensu lato* são o campo limpo, campo sujo, campo cerrado, cerrado *sensu stricto* e cerradão. Nesta sequência, estas formações vegetais representam um gradiente de vegetação que aumenta em densidade de arbóreas e diminui em densidade de herbáceas e subarbustos (Oliveira-Filho e Ratter 2002). No bioma Cerrado também ocorrem formações florestais que não são consideradas pertencentes ao cerrado *sensu lato*, como por exemplo, as matas estacionais decíduas e semidecíduas, as matas sempre verdes, as matas de vale e as matas de galeria (Oliveira-Filho e Ratter 2002). Os principais fatores que diferenciam as formações de cerrado *sensu lato* e florestais são a resistência ao fogo (Bond 2008, Geiger et al. 2011), a disponibilidade de água e os níveis de macronutrientes no solo (Ruggiero et al. 2002, Pinheiro e Monteiro 2006, Bond 2008).

Este mosaico de vegetação que ocorre no Cerrado abriga uma alta biodiversidade de animais e contribui para que este bioma apresente uma alta diversidade beta na região (Myers et al. 2000, Silva et al. 2006). Já foram registradas

161 espécies de mamíferos, 837 espécies de aves, 120 espécies de répteis e 150 espécies de anfíbios (Myers et al. 2000). Contudo, dados de ocorrência de espécies são escassos para a maioria dos grupos animais, principalmente para os invertebrados (Cavalcanti e Joly 2002, Silva et al. 2006). Estimativas foram feitas para alguns grupos de insetos. Por exemplo, das espécies que ocorrem nos neotrópicos, aproximadamente 35% das abelhas, 23% dos cupins, 13% das borboletas (Cavalcanti e Joly 2002) e 12% das mariposas Arctiinae (Ferro et al. 2010) ocorrem no Cerrado.

As mariposas Arctiinae, comumente chamadas de mariposas tigre, representam uma das subfamílias de Lepidoptera mais ricas em espécies (Heppner 1991). Já foram descritas aproximadamente 11 mil espécies em todo o mundo, seis mil nos neotrópicos (Watson e Goodger 1986) e 1400 no Brasil (Ferro e Diniz 2010). Para o bioma Cerrado, foram registradas 723 espécies (Ferro et al. 2010). As mariposas Arctiinae representam um dos grupos de insetos herbívoros muito utilizados como bioindicadores (Brown Jr. 1997, Kitching et al. 2000), porque respondem rapidamente à mudanças ambientais, são usualmente abundantes, facilmente amostradas com armadilhas luminosas e sua taxonomia é relativamente bem conhecida (Kitching et al. 2000). A maioria das larvas de Arctiinae são polípagas (Singer e Bernays 2009). Além de se alimentarem de angiospermas e gimnospermas, algumas espécies de Arctiinae também se alimentam de algas, líquens e musgos (Wagner 2009). As diferenças na morfologia e nas características de história de vida que ocorrem nas distintas tribos e subtribos desta subfamília de mariposas refletem em suas escolhas por distintas plantas hospedeiras (Hilt e Fiedler 2006). Desta forma, as variações na composição de suas comunidades devem, pelo menos em parte, refletir a mudança da composição das espécies de plantas que elas se alimentam (Kitching et al. 2000, Brehm 2009).

A subfamília Arctiinae é composta por três tribos: Lithosiini, Arctiini e Syntomini (classificação segundo Lafontaine e Fibiger 2006) sendo que a última não ocorre no neotrópico (Heppner 1991). Cerca de 1170 espécies de Lithosiini e 4758 espécies de Arctiini ocorrem no neotrópico (Heppner 1991). A grande maioria das espécies pertencentes a tribo Lithosiini é representada por mariposas pequenas (Weller et al. 2009). As mariposas desta tribo se alimentam principalmente de briófitas, líquens e algas (Weller et al. 2009) e são, geralmente, mais associadas a formações vegetais em estágio inicial de sucessão (Hilt e Fiedler 2006). Já a tribo Arctiini é composta por várias subtribos que apresentam mariposas de tamanho pequeno a médio que se alimentam de uma grande variedade de plantas, incluindo gramíneas, herbáceas, arbustos e árvores (Weller et al. 2009). Por serem polífagas, elas podem ocorrer em diferentes formações vegetais (Singer e Bernays 2009). Entretanto, algumas espécies de Arctiini possuem dieta restrita, como por exemplo, algumas espécies pertencentes às subtribos Callimorphina e Ctenuchina (Weller et al. 2009). As espécies de Callimorphina se alimentam principalmente das espécies de plantas que fornecem compostos secundários (principalmente os alcaloides pirrolizidínicos), que as tornam impalatáveis contra os inimigos naturais (Weller et al. 2009). Já algumas espécies de Ctenuchina se alimentam principalmente de folhas mortas de árvores de florestas (Kitching et al. 2000), e, por isso, geralmente são mais associadas a formações florestais (Hilt e Fiedler 2006). A figura 1 mostra algumas espécies de mariposas Arctiinae.



Figura 1. Imagens de algumas espécies de mariposas Arctiinae. Letra (A) *Agaraea semivitre*a, (B) *Idalus lineosus*, (C) *Robinsonia dewitzi*, (D) *Heliura tetragramma*, (E) *Pheia haemopera*, (F) *Amaxia dyuna*, (G) *Ripha strigosa*, (H) *Viviennea salma*, (J) *Cresera optima*, (K) *Ripha pulcherrima*, (L) *Lepidokirbyia vittipes*, (M) *Aclytia flavigutta*, (N) *Nyridela acroxantha* e (O) *Lepidoneiva erubescens*.

A principal fonte de mortalidade para as lagartas de Lepidoptera são seus inimigos naturais (Bowers 2009). Contudo, os efeitos dos predadores nos estágios larvais dos arctíneos geralmente não são bem conhecidos (Bowers 2009). A grande maioria das espécies de Arctiinae sinaliza sua impalatabilidade através de coloração de advertência (Figura 1) tanto no estágio larval quanto no estágio adulto (Simmons 2009) e algumas espécies, principalmente das subtribos Ctenuchina e Euchromiina (Weller et al. 2009), mimetizam animais impalatáveis, tais como outros lepidópteros, vespas ou besouros (Simmons 2009). Outro sinal de defesa dos arctíneos adultos é a emissão de sinais ultrasônicos (Weller et al. 1999) quando são ameaçados por morcegos (Conner et al. 2009).

Apesar deste grupo de mariposas ser razoavelmente bem conhecido no Brasil, o padrão de ocorrência das espécies de Arctiinae no Bioma Cerrado encontra-se bastante enviesado porque a maioria das espécies descritas são aposemáticas e com baixa especificidade no Bioma (espécies não endêmicas) (Ferro e Diniz 2008). Desta forma, as futuras amostragens em áreas de Cerrado podem revelar novas espécies, inclusive endêmicas do Bioma (Ferro e Diniz 2008). Além disso, as amostragens nas diferentes formações vegetais podem revelar o padrão de distribuição das espécies e quais são as principais variáveis ambientais (bióticas e abióticas) que melhor determinam a variação da riqueza e da composição de espécies de mariposas Arctiinae ao longo do mosaico de vegetação que ocorre no Cerrado (Ferro e Diniz 2007).

No primeiro capítulo desta dissertação, a fauna das mariposas Arctiinae foi caracterizada em quatro formações vegetais do bioma Cerrado (campo sujo, campo cerrado, cerrado *sensu stricto* e mata estacional semidecídua), testando especificamente (1) se as formações vegetais estruturalmente mais complexas são mais ricas em espécies; (2) se há uma dissimilaridade de composição de espécies entre as formações

vegetais; (3) se existe uma correlação positiva entre a composição de espécies vegetais e a composição de espécies de mariposas; e (4) se a intensidade de predação em lagartas artificiais é maior nas formações vegetais estruturalmente simples.

No segundo capítulo desta dissertação, foi testado qual variável ambiental melhor determina a variação na riqueza e na composição de espécies de mariposas *Arctiinae* nas formações vegetais do cerrado *sensu lato* (campo sujo, campo cerrado e /cerrado *sensu stricto*). Pelo fato deste grupo de insetos herbívoros serem sensíveis a mudanças na estrutura da vegetação (Kitching et al. 2000), neste trabalho foram testadas as seguintes variáveis: riqueza, densidade, coeficiente de variação do perímetro, e coeficiente de variação da altura das plantas arbóreas e arbustivas e a cobertura de herbáceas. Também foi testada uma variável que mede a intensidade de predação nas diferentes formações vegetais e verificada qual a sua relação com a riqueza e com a composição de espécies deste grupo de insetos herbívoros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bond, W. J. 2008. What limits trees in c4 grasslands and savannas? *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 39:641–659.
- Bowers, M. D. 2009. Chemical defenses in woolly bears: sequestration and efficacy against predators and parasitoids, *In* W. E. Conner (ed.), *Tiger Moths and Woolly Bears, Behavior, Ecology and Evolution of the Arctiidae*. Oxford University Press, New York, USA.
- Brown Jr., K. S. 1997. Diversity, disturbance, and sustainable use of Neotropical forests: insects as indicators for conservation monitoring. *J. Insect Conserv.* 1: 25-42.
- Brehm, G. 2009. Patterns of Arctiid diversity, *In* W. E. Conner (ed.), *Tiger Moths and Woolly Bears, Behavior, Ecology and Evolution of the Arctiidae*. Oxford University Press, New York, USA.
- Cavalcanti, R. B., e Joly, C. A. 2002. Biodiversity and conservation priorities in the Cerrado region, 351-367. *In* Oliveira, P.S. e R.J. Marquis (eds.). *The Cerrados of Brazil. Ecology and natural history of a Neotropical savanna*. Columbia University Press, New York USA.
- Conner, W. E., Hristov, N. I., e Barber, J. R. 2009, *In* W. E. Conner (ed.), *Tiger Moths and Woolly Bears, Behavior, Ecology and Evolution of the Arctiidae*. Oxford University Press, New York, USA.
- Ferro, V. G., e Diniz, I. R. 2007. Composição de espécies de Arctiidae (Insecta, Lepidoptera) em áreas de Cerrado. *Rev. Bras. Zool.* 24: 635-646.
- Ferro, V. G., e Diniz, I. R. 2008. Biological attributes affect the data of description of tiger moths (Arctiidae) in the Brazilian Cerrado. *Divers. Distrib.* 14: 472-482.
- Ferro, V. G., e Diniz, I. R.. 2010. Riqueza e composição de mariposas Arctiidae (Lepidoptera) no Cerrado, pp. 255-313. *In* I. R. Diniz, J. Marinho-Filho, R. B. Machado e R. B. Cavalcanti (eds.), *Cerrado, Conhecimento científico quantitativo como subsídio para ações de conservação*. Thesaurus, Brasília, DF.

- Ferro, V. G., A. S. Melo, e I. R. Diniz. 2010. Richness of tiger moths (Lepidoptera: Arctiidae) in the Brazilian Cerrado: how much do we know? *Zoologia* 27: 725-731.
- Geiger, E. K., Gotsch, S. G. Damasco, G., Haridasan, M., Franco, A. C., e Hoffmann, W. A. 2011. Distinct roles of savanna and forest tree species in regeneration under fire suppression in a Brazilian savanna. *J. Veg. Sci.* 22: 312– 321.
- Heppner, J. B. 1991. Faunal regions and the diversity of Lepidoptera. *Trop. Lepid.* 2: 1-85.
- Hilt, N., e Fiedler, K. 2006. Arctiid moth ensembles along a successional gradient in the Ecuadorian montane rain forest zone: how different are subfamilies and tribes? *J. Biogeogr.* 33: 108-120.
- Jeffries, M. J., e Lawton, J. H. 1984. Enemy free space and the structure of ecological communities. *Biol. J. Linn. Soc.*, 23: 269–286.
- Kitching, R. L., Orr, A. G., Thalib, L. Mitchell, H. Hopkins, M. S. e Graham, A. W. 2000. Moth assemblages as indicators of environmental quality in remnants of upland Australian rain forest. *J. Appl. Ecol.* 37: 284- 297.
- Lafontaine, J. D., e Figiber, M. 2006. Revised higher classification of the Noctuoidea (Lepidoptera). *Canada Entomol.*, 138: 610–635.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, G. G., Fonseca, G. A. B., e Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403: 853-858.
- Oliveira-Filho, A. T., e Ratter, J. A. 1995. A study of the origin of central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. *Edinb. J. Bot.*, 52: 141-194.
- Oliveira-Filho, A. T., e J. A. Ratter. 2002. Vegetation physiognomies and Woody flora of the Cerrado Biome. 91-120. *In* Oliveira, P.S. e R.J. Marquis (eds.), *The Cerrados of Brazil. Ecology and natural history of a Neotropical savanna.* Columbia University Press, New York USA.
- Pinheiro, M. H. O., e Monteiro, R. 2006. Contribution of forest species to the floristic composition of a forested savanna in southeastern Brazil. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 49: 763-774.

- Ruggiero, P. G. C., Batalha, M. A., Pivello, V. R., e Meirelles, S. T. 2002. Soil-vegetation relationships in cerrado (Brazilian savanna) and semideciduous forest, Southeastern Brazil. *Plant Ecol.* 160: 1–16.
- Silva, J. F., M. R. Fariñas, J. M. Felfili, e C. A. Klink. 2006. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil. *J. Biogeogr.* 33: 536-548.
- Simmons, R. 2009. Adaptative coloration and mimicry, *In* W. E. Conner (ed.), *Tiger Moths and Wolly Bears, Behavior, Ecology and Evolution of the Arctiidae*. Oxford University Press, New York, USA.
- Singer, M. S., e E. A. Bernays. 2009. Specialized generalists: Behavioral and evolutionary ecology of polyphagous wooly bear caterpillars, *In* W. E. Conner (ed.), *Tiger Moths and Wolly Bears, Behavior, Ecology and Evolution of the Arctiidae*. Oxford University Press, New York, USA.
- Wagner, D. L. 2009. The immature stages: structure, function, behavior and ecology, *In* W. E. Conner (ed.), *Tiger Moths and Wolly Bears, Behavior, Ecology and Evolution of the Arctiidae*. Oxford University Press, New York, USA.
- Watson, A., e D. T. Goodger. 1986. Catalogue of the Neotropical tiger-moths. *Occas. Pap. Syst. Entomol.* 1: 1-70.
- Weller, S. J., Jacobson, N. L., e Conner, W. E. 1999. The evolution of chemical defences and mating systems in tiger moths (Lepidoptera: Arctiidae). *Biol. J. Linn. Soc.* 68: 557-578.
- Weller, S., DaCosta, M. Simmons, R., Dittmar, K., e Whiting M. 2009. Evolution and taxonomic confusion in Arctiidae, *In* W. E. Conner (ed.), *Tiger Moths and Wolly Bears, Behavior, Ecology and Evolution of the Arctiidae*. Oxford University Press, New York, USA.

Capítulo I

CARACTERIZAÇÃO DA FAUNA DE MARIPOSAS ARCTIINAE (LEPIDOPTERA, NOCTUIDAE) EM DIFERENTES FORMAÇÕES VEGETAIS EM UMA ÁREA DE CERRADO¹

¹As citações e as referências estão de acordo com as normas da Revista *Environmental Entomology*

RESUMO

Os habitats mais estruturalmente complexos apresentam uma maior riqueza de espécies animais porque de acordo com a hipótese da complexidade ambiental estes locais fornecem uma grande variedade de microhabitats, uma maior amplitude microclimática e diversas formas de explorar os recursos ambientais. Distintas formações vegetais podem abrigar distintas assembléias de espécies animais, permitindo que haja uma grande dissimilaridade de composição de espécies em um gradiente sucessional de vegetação. A alta complexidade ambiental que ocorre no bioma Cerrado é representada por várias formações vegetais que varia de ambientes florestais até ambientes sem nenhum elemento arbóreo. Esta grande complexidade ambiental contribui para a elevada riqueza e diversidade beta observada no bioma. Neste trabalho foi caracterizada a fauna de mariposas Arctiinae em quatro formações vegetais do Cerrado (campo sujo, campo cerrado, cerrado *sensu stricto* e mata estacional semidecídua). A pesquisa foi realizada no Parque Nacional das Emas, sudoeste do Estado de Goiás, Brasil. As unidades de amostragem consistiram de 40 parcelas de 10x10 m (seis em campo sujo, 14 em campo cerrado, 10 em cerrado *sensu stricto* e 10 em mata estacional semidecídua). As mariposas adultas foram coletadas em cada parcela através de uma armadilha luminosa Luís de Queiroz. Também foi testado se ocorre uma maior intensidade de predação nas formações vegetais estruturalmente simples porque de acordo com a hipótese da complexidade ambiental os habitats mais estruturalmente complexos fornecem mais refúgios para as presas contra os inimigos naturais. Para isso, foi realizado um experimento com lagartas artificiais confeccionadas com massa de modelar e contabilizado o número de lagartas com marcas de ataque nas diferentes parcelas. Foram coletados no total 1.509 indivíduos de duas tribos (Arctiini e Lithosiini), representados em 73 espécies. Cinco espécies foram novos registros para o Cerrado, 12 para o estado de Goiás e 43 para o Parque Nacional das Emas. A riqueza de espécies foi significativamente maior no cerrado *sensu stricto* e na mata estacional semidecídua do que nas demais formações vegetais. A mata estacional semidecídua apresentou uma composição de espécies de mariposas Arctiinae bastante dissimilar das demais formações vegetais. Esse resultado pode ser explicado pelo fato das áreas de mata apresentarem espécies vegetais, tipos de solo e microclima bastante distintos das formações do cerrado *sensu lato*. A similaridade da fauna foi positivamente correlacionada com a similaridade da vegetação, indicando que as parcelas que apresentam uma composição de espécies vegetais similares apresentam uma composição similar de espécies de mariposas com as quais elas se associam. A intensidade de predação na formação vegetal estruturalmente simples (campo sujo) foi duas vezes maior do que nas demais formações vegetais. O fato de termos encontrado maior riqueza de espécies e menor intensidade de predação nas formações vegetais estruturalmente complexas corrobora a hipótese da complexidade ambiental de que habitats mais estruturalmente complexos fornecem mais recursos e refúgios possibilitando que mais espécies coexistam.

Palavras-chave: Complexidade ambiental; dissimilaridade faunística; intensidade de predação

INTRODUÇÃO

Ecólogos tem demonstrado que os habitats mais estruturalmente complexos apresentam uma maior riqueza de espécies animais (MacArthur e MacArthur 1961, Bazzaz 1975, Lawton 1983, Tews et al. 2004) porque de acordo com a hipótese da complexidade ambiental estes locais fornecem uma grande variedade de microhabitats, uma maior amplitude microclimática e diversas formas de explorar os recursos ambientais (Bazzaz 1975). Além disso, os habitats mais estruturalmente complexos também apresentam maior riqueza de espécies porque fornecem mais refúgios para as presas contra os inimigos naturais (Price et al. 1980, Sih et al. 1985, Sanders et al. 2008) e de acordo com uma das premissas da hipótese do espaço livre de inimigos naturais (Jeffries e Lawton 1984), as presas habitam preferencialmente ambientes onde são menos vulneráveis tanto visual quanto quimicamente a parasitóides e predadores.

Distintas formações vegetais podem abrigar distintas assembléias de espécies animais, permitindo que haja uma grande dissimilaridade de composição de espécies em um gradiente sucessional de vegetação (Silva et al. 2006). A alta complexidade ambiental que ocorre no bioma Cerrado é representada por várias formações vegetais (Oliveira-Filho e Ratter 2002) que variam desde habitats estruturalmente simples até habitats estruturalmente complexos (a complexidade ambiental se refere ao desenvolvimento de estrato vertical entre as formações vegetais, de acordo com August 1983). Estas formações vegetais formam um gradiente em densidade de arbustos e árvores, variando desde áreas abertas, sem nenhum elemento arbustivo/arbóreo (campo limpo) até áreas fechadas, com uma cobertura de 50 a 90% de árvores de até 12 m de altura (cerradão). Entre esses dois extremos existem as formações vegetais denominadas campo sujo (com alta densidade de gramíneas e baixa densidade de arbustos e árvores), campo cerrado (também com alta densidade de herbáceas, mas maior densidade de

árvores do que o campo sujo) e cerrado sensu stricto (com maior densidade de árvores e arbustos, mas com menor densidade de vegetação herbácea do que o campo cerrado) (Oliveira- Filho e Ratter 2002). As pastagens sazonais são compostas por formações vegetais que passam por períodos alternados de excesso e escassez de água e englobam principalmente as veredas e os campos úmidos que ocorrem nos vales e os campos rupestres que ocorrem em topos de planaltos e serras (Oliveira-Filho e Ratter 2002). As formações florestais ocorrem em solos mais úmidos e férteis (Pinheiro e Monteiro 2010). Estas englobam principalmente as matas estacionais decíduas e semidecíduas, matas de galeria, matas ciliares e matas sempre verdes. As matas estacionais semidecíduas são consideravelmente ricas em espécies vegetais e compartilham espécies com o cerradão (Pinheiro e Monteiro 2006) e com outros biomas brasileiros (Floresta Amazônica e Mata Atlântica) (Oliveira- Filho e Ratter 2002).

Esta alta complexidade ambiental que ocorre no Cerrado contribui para a elevada riqueza e diversidade beta observada no bioma (Silva et al. 2006), já que cada formação vegetal apresenta uma composição de espécies de animais característica (ex. Ferro e Diniz 2007). Já foram registradas no bioma 837 espécies de aves, 161 de mamíferos, 150 de anfíbios e 120 de répteis (Myers et al. 2000). Contudo, a maioria dos grupos taxonômicos, principalmente de invertebrados, são ainda pobremente conhecidos (Cavalcanti e Joly 2002). Estimativas foram feitas para alguns grupos de insetos. Por exemplo, das espécies que ocorrem nos neotrópicos, aproximadamente 35% das abelhas, 23% dos cupins e 13% das borboletas ocorrem no Cerrado (Cavalcanti e Joly 2002).

Entre o grupo dos insetos, a Ordem Lepidoptera é uma das mais ricas em espécies descritas (Heppner 1991) e uma das mais utilizadas em monitoramentos de alterações na estrutura da vegetação (Brown Jr. 1997). Arctiinae é uma das subfamílias

de Lepidoptera que apresenta maior riqueza de espécies. Ocorrem 10945 espécies no mundo, 5931 nos neotrópicos (Heppner 1991) e cerca de 1400 no Brasil (Ferro e Diniz 2010). No bioma Cerrado foram registradas 723 espécies (Ferro et al. 2010).

O objetivo principal do presente estudo foi caracterizar as assembléias de mariposas Arctiinae em quatro formações vegetais (campo sujo, campo cerrado, cerrado *sensu stricto* e mata estacional semidecídua) de uma área de Cerrado. Especificamente foram investigadas quatro questões. A primeira foi se a riqueza de espécies e a abundância de indivíduos são maiores nas formações vegetais mais estruturalmente complexas do que nas formações vegetais menos estruturalmente complexas. De acordo com a hipótese da complexidade ambiental (Bazzaz 1975) espera-se que as formações vegetais mais estruturalmente complexas apresentem maior riqueza de espécies e maior abundância de indivíduos porque nestas há maior disponibilidade de recursos, grande variedade de microhabitats, maior amplitude microclimática e maior quantidade de refúgios para as presas permitindo que um maior número de espécies coexista.

A segunda questão foi verificar a similaridade da fauna entre as quatro formações vegetais. Espera-se que a composição de espécies de mariposas na mata estacional semidecídua seja dissimilar das formações não florestais porque a área de mata apresenta espécies vegetais, microclima e solos diferentes das formações vegetais de cerrado *sensu lato*. Espera-se que as formações vegetais do cerrado *sensu lato* também apresente uma dissimilaridade da composição de espécies entre si porque estas formações vegetais apresentam um gradiente crescente de densidade de vegetação arbórea.

A terceira questão foi testar se existe uma correlação positiva entre o padrão de similaridade das mariposas entre as parcelas amostrais e o padrão de similaridade da vegetação, ou seja, verificar se pares de parcelas com vegetação mais similar

apresentariam uma fauna também mais semelhante. Espera-se confirmar essa expectativa, pois os arctíneos dependem da vegetação tanto na fase larval (folhas) quanto na fase adulta (néctar floral) e diferentes espécies de mariposas buscam diferentes sítios de oviposição e usam diferentes espécies de plantas como alimento. Desta forma, se a espécie de planta que serve de sítio de oviposição ou de fonte alimentar para os adultos está presente na parcela há maior chance de capturar determinada espécie de mariposa que é associada com a espécie de planta em questão.

A última questão foi avaliar a intensidade de predação entre as formações vegetais. Espera-se que a intensidade de predação seja maior nas formações vegetais estruturalmente simples do que em formações vegetais estruturalmente complexas, corroborando uma das premissas da hipótese do espaço livre de inimigos naturais (Jeffries e Lawton 1984), de que habitats estruturalmente complexos fornecem para as presas mais refúgios contra predadores e parasitóides (Sih et al. 1985).

MÉTODOS

Área de estudo

As coletas foram realizadas no Parque Nacional das Emas (PNE), localizado entre os municípios de Mineiros e Chapadão do Céu, no Estado de Goiás, Centro-Oeste do Brasil (17°49'-18°28'S e 52°39'-53°10'W; Figura 1) (França et al. 2007). O PNE possui 132.941 ha de extensão e cerca de 80% desta área é composta por campos limpos e campos sujos. Aproximadamente 15% da área do PNE é composta por campo cerrado e cerrado *sensu stricto* e 5% da área restante é composta por campos úmidos, veredas e matas estacionais (França et al. 2007). O clima da região é do tipo Aw na classificação de Köppen, ou seja, o clima é úmido tropical com três a seis meses de seca no inverno e um verão chuvoso, o que impõe uma forte sazonalidade na vegetação (Ramos-Neto e

Pivello 2000). A pluviosidade anual varia de 1,200 a 2,000 mm, concentrada entre setembro e março, e a temperatura média anual é de 24,6°C (Ramos-Neto e Pivello 2000).

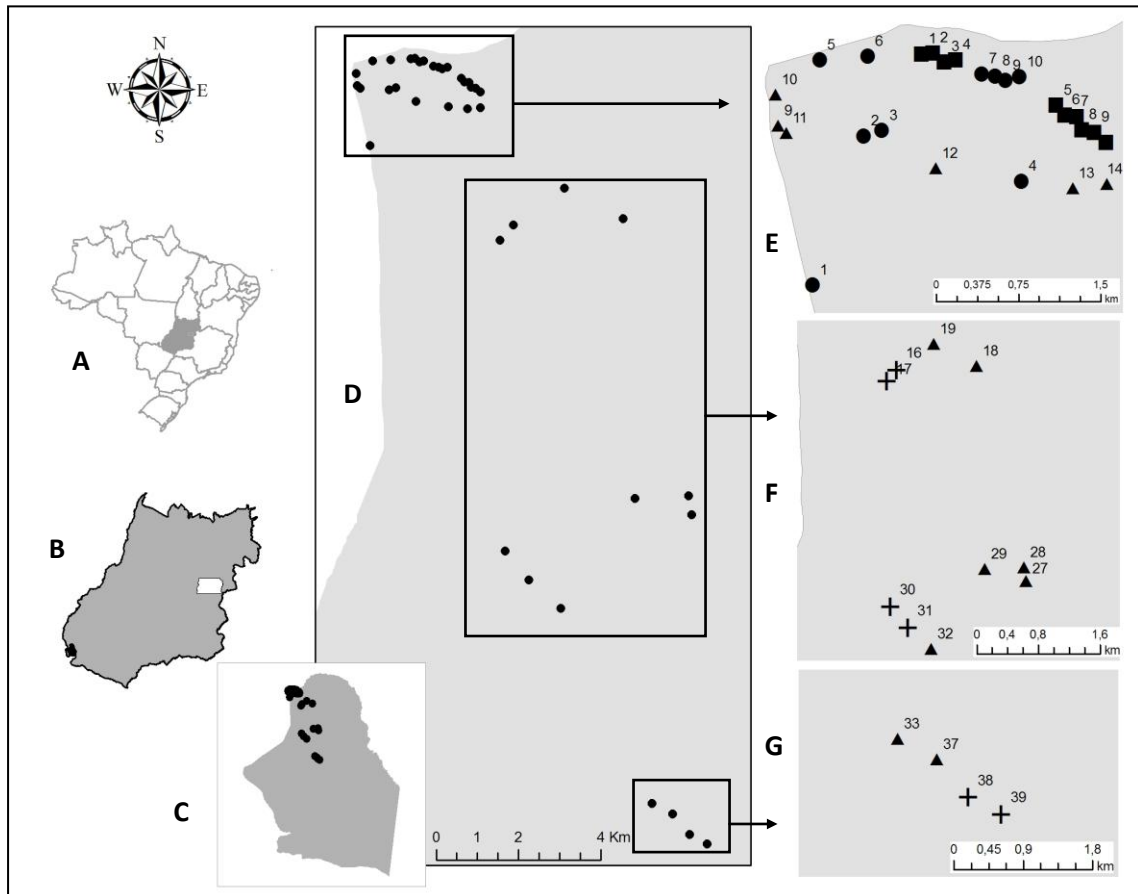


Figura 1. Mapa da área de estudo. Mapa do Brasil mostrando a localização do Estado de Goiás em cinza (A); mapa de Goiás indicando a localização do PNE em preto (B); área do PNE mostrando a localização das parcelas (pontos pretos) onde foram feitas as amostragens (C); maior aumento de C (D); maior aumento dos quadrados indicados em D (E, F, G). Os símbolos indicam o tipo de formação vegetal: mata estacional semidecídua (■), cerrado *sensu stricto* (●), campo cerrado (▲) e campo sujo (+). Os números representam o código das parcelas amostradas (ver Tabela 1).

Amostragem

As unidades de amostragem consistiram de 40 parcelas de 10x10 m, distribuídas em quatro formações vegetais: mata estacional semidecídua (n = 10 parcelas), cerrado *sensu stricto* (n = 10 parcelas), campo cerrado (n = 14 parcelas) e campo sujo (n = seis parcelas) (Figura 1; Tabela 1). Em cada parcela, as mariposas foram coletadas a partir do anoitecer até o amanhecer através de uma armadilha luminosa do tipo Luiz de Queiroz (cada armadilha possui uma lâmpada negra Sylvania® de 15 W de potência). Em cada armadilha foi amarrado um saco plástico de coleta. No fundo do saco de coleta foi colocado um frasco mortífero e, acima deste, pedaços de caixas de ovos de papelão. O uso das caixas de ovos diminui a danificação das mariposas, facilitando a posterior identificação. A substância mortífera (hidróxido de amônia) foi acondicionada em um frasco de vidro de 100 ml forrado com algodão. Este frasco foi colocado aberto imediatamente antes de ligar a armadilha. As armadilhas foram suspensas a 1,5 m do solo no centro de cada parcela. A distância mínima entre as parcelas foi de 100 m para minimizar a captura de espécies provenientes das formações vegetais circundantes. Esta distância equivale ao raio de atração de uma lâmpada de 125 W (Muirhead-Thompson 1991), potência oito vezes maior que a utilizada neste estudo. As amostragens foram restritas a períodos de fase lunar nova e minguante porque nestas fases lunares as noites são mais escuras, e conseqüentemente, o raio de atração das armadilhas é maior (Yela e Holyoak 1997). As amostragens foram conduzidas durante as estações seca (junho a julho de 2010) e chuvosa (dezembro de 2010 a fevereiro de 2011). Em cada estação, as mariposas foram coletadas em todas as parcelas em duas noites não consecutivas para aumentar a representatividade da fauna, totalizando quatro noites de amostragem em cada parcela (duas na estação seca e duas na chuvosa) e 28 noites de amostragem em todas as coletas. Foram amostradas seis parcelas por noite e, para diminuir o efeito das

condições climáticas sobre as amostragens, duas parcelas de cada formação vegetal eram amostradas a cada noite.

Os indivíduos de Arctiinae foram identificados através da comparação com imagens digitais das espécies identificadas da Coleção Becker (onde a identificação foi confirmada através da comparação com os tipos) e com a literatura (Hampson 1898, 1900, 1901, 1914; Watson e Goodger 1986, Piñas-Rubio et al. 2000, Piñas-Rubio e Manzano 2003). Todos os indivíduos foram depositados na Coleção Zoológica da Universidade Federal de Goiás (Goiânia, Brasil).

A composição da vegetação arbórea foi avaliada em cada parcela com a finalidade de testar a hipótese de que existe uma correlação positiva entre a similaridade da vegetação e a das mariposas. Todas as árvores vivas com diâmetro na altura do solo maior que três cm nas formações de cerrado *sensu lato* (campo sujo, campo cerrado e cerrado *sensu stricto*) e as árvores com diâmetro na altura do peito maior que 10 cm na mata estacional semidecídua foram identificadas por especialistas.

Para testar a quarta questão, foram realizados experimentos com lagartas artificiais de Lepidoptera produzidas com massa de modelar não tóxica. Lagartas artificiais têm sido muito usadas para estimar os níveis de predação em vários sistemas (Loiselle e Farji-Brener 2002, Koh e Menge 2006, Posa et al. 2007), e, apesar delas não fornecerem uma estimativa natural dos níveis de predação, elas fornecem medidas relativas da predação através de diferentes habitats (Koh e Menge 2006). Em cada parcela, 30 lagartas de 1,5 cm de comprimento por 0,2 cm de diâmetro foram fixadas com cola super bonder[®] sobre as folhas de várias espécies de árvores ou arbustos, a cerca de um metro de altura. Após quatro dias as lagartas artificiais foram recolhidas. O número de lagartas recolhidas e o número de lagartas com marcas de ataque foram mensurados. A porcentagem de predação foi calculada em cada parcela tanto na estação

seca quanto na chuvosa. Posteriormente foi obtida a porcentagem de predação média anual de cada parcela e de cada formação vegetal.

Tabela 1. Descrição das 40 parcelas amostradas no Parque Nacional das Emas. Latitude e longitude (em graus decimais), altitude (m), riqueza (S) e abundância de Arctiinae e intensidade de predação (%) de cada parcela. Na primeira coluna, CSS indica cerrado *sensu stricto*, MT mata estacional semidecídua, CC campo cerrado e CS campo sujo.

Código	Latitude	Longitude	Altitude	S	Abundância	Predação
1CSS	-17,921	-53,006	874	15	47	5,21
2CSS	-17,909	-53,002	850	14	19	8,38
3CSS	-17,908	-53,000	844	20	54	7,30
4CSS	-17,912	-52,989	845	21	62	10,44
5CSS	-17,902	-53,005	823	13	25	13,33
6CSS	-17,902	-53,001	826	9	13	11,20
7CSS	-17,904	-52,992	818	18	80	9,75
8CSS	-17,904	-52,991	819	18	35	6,25
9CSS	-17,904	-52,990	830	15	44	11,94
10CSS	-17,904	-52,989	826	15	33	9,59
1MT	-17,902	-52,997	817	8	16	5,07
2MT	-17,902	-52,996	818	6	11	11,18
3MT	-17,903	-52,995	823	10	23	8,14
4MT	-17,902	-52,994	822	11	30	9,75
5MT	-17,906	-52,986	840	16	33	8,62
6MT	-17,907	-52,985	845	6	11	12,49
7MT	-17,907	-52,984	837	8	11	16,56
8MT	-17,908	-52,984	844	16	38	9,55
9MT	-17,908	-52,983	852	9	20	13,00
10MT	-17,909	-52,982	856	9	16	9,27
9CC	-17,908	-53,009	843	19	24	11,12
10CC	-17,905	-53,009	833	12	28	7,20
11CC	-17,908	-53,008	838	14	38	11,25
12CC	-17,911	-52,996	841	22	67	6,31
13CC	-17,913	-52,985	855	17	69	14,21
14CC	-17,912	-52,982	840	17	49	5,71
18CC	-17,936	-52,950	850	15	56	11,67
19CC	-17,930	-52,963	838	11	58	12,39
27CC	-18,000	-52,935	851	14	46	8,35
28CC	-17,996	-52,936	852	18	61	7,50
29CC	-17,996	-52,948	861	15	26	12,02
32CC	-18,020	-52,964	874	10	19	7,24
33CC	-18,062	-52,944	860	14	81	17,48

37CC	-18,064	-52,940	857	10	34	12,80
16CS	-17,938	-52,974	841	10	29	18,92
17CS	-17,941	-52,977	844	15	46	12,32
30CS	-18,008	-52,976	872	6	23	11,15
31CS	-18,014	-52,971	870	8	20	18,50
38CS	-18,068	-52,936	852	17	65	13,00
39CS	-18,070	-52,932	854	14	49	21,27

Análises estatísticas

Foi utilizado o estimador de riqueza não-paramétrico Jackknife de primeira ordem para estimar a riqueza total de Arctiinae na área de estudo e em cada formação vegetal. Curvas de rarefação baseada em indivíduos (Gotelli e Colwell 2001) foram feitas para comparar a riqueza de Arctiinae entre as quatro formações vegetais, já que o número de indivíduos diferiu consideravelmente entre estas. Foi realizada também uma ANOVA one-way seguida do teste a posteriori de Tukey para testar se a abundância de mariposas era significativamente maior em formações vegetais estruturalmente complexas do que nas formações vegetais estruturalmente simples.

A diferença na composição de Arctiinae entre as formações vegetais foi testada através de uma análise de escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS), utilizando o índice de Bray-Curtis como medida de distância. Os dados foram transformados ($\log + 1$) para diminuir os valores discrepantes da abundância de indivíduos. A diferença estatística na composição de espécies entre as formações vegetais foi avaliada com a análise de similaridade (ANOSIM).

Para verificar quais espécies caracterizam cada formação vegetal foi utilizado o Método Valor Indicador (Indicator Value Method – IndVal) (Dufrêne e Legendre 1997). Esta análise avalia o grau de especificidade (espécie que só ocorre em um habitat em particular) e de fidelidade (a frequência que a espécie ocorre em determinado tipo de habitat). Quanto maior o valor percentual do IndVal, maiores são os valores de

especificidade e de fidelidade da espécie e mais representativa ela é de determinado habitat. A matriz de abundância das espécies foi usada para identificar as espécies indicadoras. As espécies com IndVal estatisticamente diferente do acaso e com o valor percentual de IndVal maior que 70% foram consideradas como características da formação vegetal em questão e as espécies com valores de IndVal estatisticamente significativos mas com o valor percentual menor que 70% foram consideradas como detectoras (VanRensburg et al. 1999). As espécies detectoras são as que não possuem alta especificidade, e, por isso abrangem uma maior amplitude de estados ecológicos (McGeoch et al. 2002), ocorrendo em diferentes formações vegetais.

Foi realizado um teste de Mantel Parcial com 10000 aleatorizações para testar a significância estatística entre a dissimilaridade de Arctiinae e a dissimilaridade da vegetação arbórea, controlando o efeito da distância geográfica entre as parcelas. As matrizes de dissimilaridade da fauna e flora foram produzidas com o índice de Bray-Curtis e a matriz de distância entre as parcelas foi produzida com a distância euclidiana das coordenadas geográficas (em graus decimais) obtidas com o sistema de posicionamento global a partir de um instrumento de GPS Garmim 60CS.

A fim de testar se a intensidade de predação era maior em formações vegetais estruturalmente simples do que nas estruturalmente complexas foi feita uma ANOVA seguida do teste a posteriori de Tukey.

A rarefação por indivíduos foi feita no programa PAST (Hammer et al. 2001). As demais análises foram feitas no programa R (The R Development Core Team 2010).

RESULTADOS

Abundância e riqueza de mariposas no PNE

Um total de 1,509 indivíduos de Arctiinae foi coletado nas 40 parcelas, representando 73 espécies. Das 73 espécies coletadas, 57 foram identificadas em nível de espécie, 10 em nível de gênero e seis em nível de tribo (Anexo 1). Estimou-se, através do Jackknife de primeira ordem, uma riqueza de 90,55 espécies para a região amostrada (Tabela 2). Cinco espécies foram novos registros para o Cerrado (Ferro e Diniz 2010), doze foram novos registros para o estado de Goiás (Ferro e Diniz 2010) e 43 foram novos registros para o PNE (Ferro e Diniz 2007) (Anexo 1). A subtribo mais rica em espécies foi Phaegopterina (24 espécies, 32% do total), seguida de Euchromiina (20, 27%), Ctenuchina (11, 15%), Cisthenina (4, 5%), Lithosiina (3, 4%), Arctiina, Pericopina (2, 2% cada) e Callimorphina (1, 1%) (Anexo1).

Tabela 2. Riqueza observada e extrapolada (estimador Jackknife de primeira ordem), porcentagem da riqueza extrapolada coletada, abundância de indivíduos e quantidade de *singletons* por formação vegetal e em todo o PNE. Na primeira coluna, CS significa campo sujo, CC campo cerrado, CSS cerrado *sensu stricto*, MT mata estacional semidecídua e PNE Parque Nacional das Emas.

Formação vegetal	Riqueza observada	Riqueza extrapolada $\pm$ DP	Porcentagem da riqueza extrapolada que foi coletada	Abundância	Singletons
CS	34	48,1 $\pm$ 7,75	71%	232	6
CC	47	61,8 $\pm$ 5,85	76%	656	5
CSS	49	64,3 $\pm$ 5,94	76%	412	3
MT	42	58,2 $\pm$ 6,98	72%	209	3
PNE	73	90,5 $\pm$ 4,99	80%	1509	17

A espécie mais abundante foi *Lepidoneiva erubescens* (Butler, 1876) (com 301 indivíduos), seguida de *Pseudalus limonia* Schaus 1896 (161), *Parablavia sadima* (Schaus, 1896) (132), *Pheia seraphina* (Herrich-Schäffer, 1854) (108) e *Lophocampa*

pectina Schaus, 1896 (93). As demais espécies tiveram menos de 50 indivíduos. Dezesete espécies (23%) foram amostradas com apenas um indivíduo. A subtribo com maior número de indivíduos foi *Euchromina* (596), seguida de *Phaegopterina* (329), *Arctiina* (183), *Lithosiina* (140), *Ctenuchina* (134), *Cisthenina* (49), *Callimorphina* (37) e *Pericopina* (5) (Anexo 1). A espécie mais abundante do estudo, *L. erubescens* foi também a mais frequente, sendo coletada em todas as 40 parcelas. *P. seraphina* foi coletada em 29 parcelas, *P. limonia* em 24, *Aclytia heber* (Cramer, 1780) e *L. pectina* em 22 e *P. sadima* e *Pheia albsigna* (Walker, 1854) em 21 parcelas. As demais espécies foram coletadas em menos da metade das parcelas amostradas. Dezoito espécies foram coletadas em apenas uma parcela (Anexo 1).

Abundância e riqueza de mariposas nas formações vegetais

O cerrado *sensu stricto* (CSS) apresentou a maior riqueza observada, seguido de campo cerrado (CC), mata estacional semidecídua (MT) e campo sujo (CS) (Tabela 2). O mesmo padrão foi observado para a riqueza extrapolada (Tabela 2). As formações vegetais mais eficientemente amostradas (maior porcentagem da riqueza extrapolada que foi coletada) foram as mesmas que apresentaram maior riqueza observada (CSS e CC, Tabela 2). Contudo, quando o esforço amostral (medido como número de indivíduos) foi padronizado através da rarefação, as curvas mostraram maior riqueza de espécies no CSS e na MT em relação ao CC e ao CS (Figura 2).

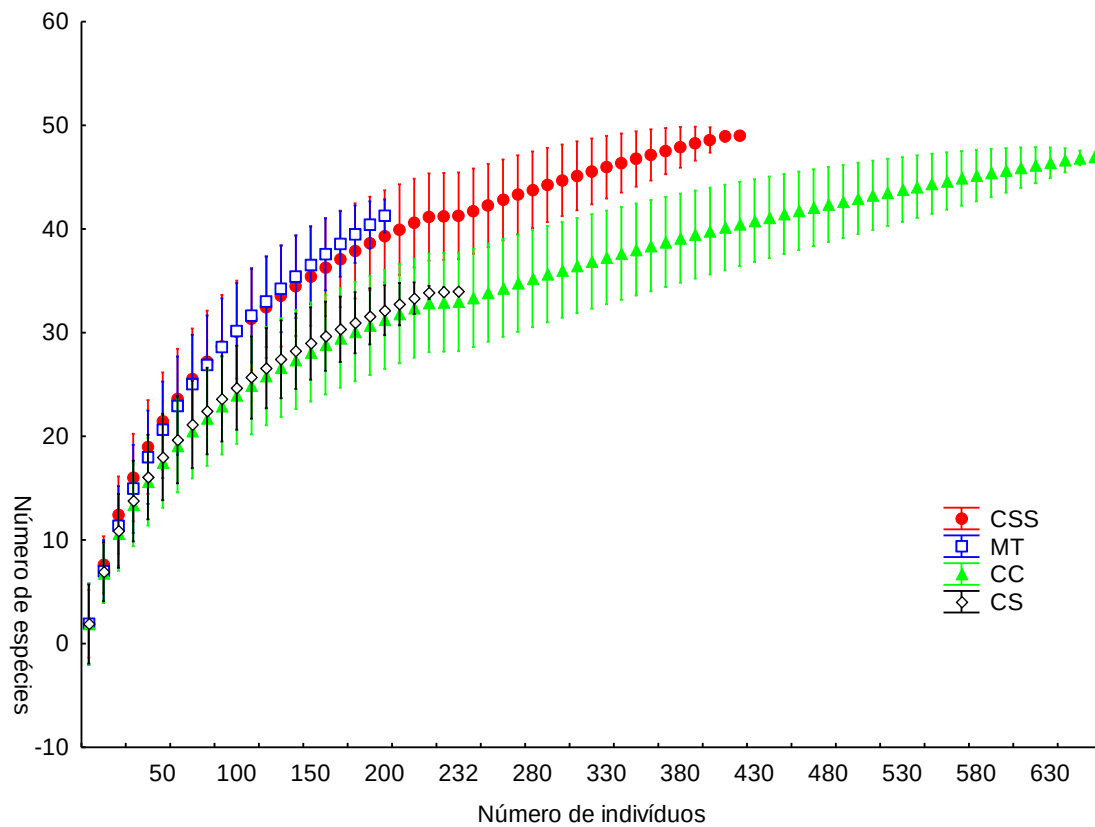


Figura 2. Curvas de rarefação baseada no número de indivíduos das quatro formações vegetais amostradas no Parque Nacional das Emas: cerrado *sensu stricto* (CSS), mata estacional semidecídua (MT), campo cerrado (CC) e campo sujo (CS). As barras indicam o intervalo de confiança a 95%.

A abundância total variou de 209 a 656 indivíduos por formação vegetal (Tabela 2). O número de indivíduos amostrados no CC foi significativamente maior do que o amostrado na MT ($F_{3,36} = 4,49$, $P < 0,009$; Figura 3).

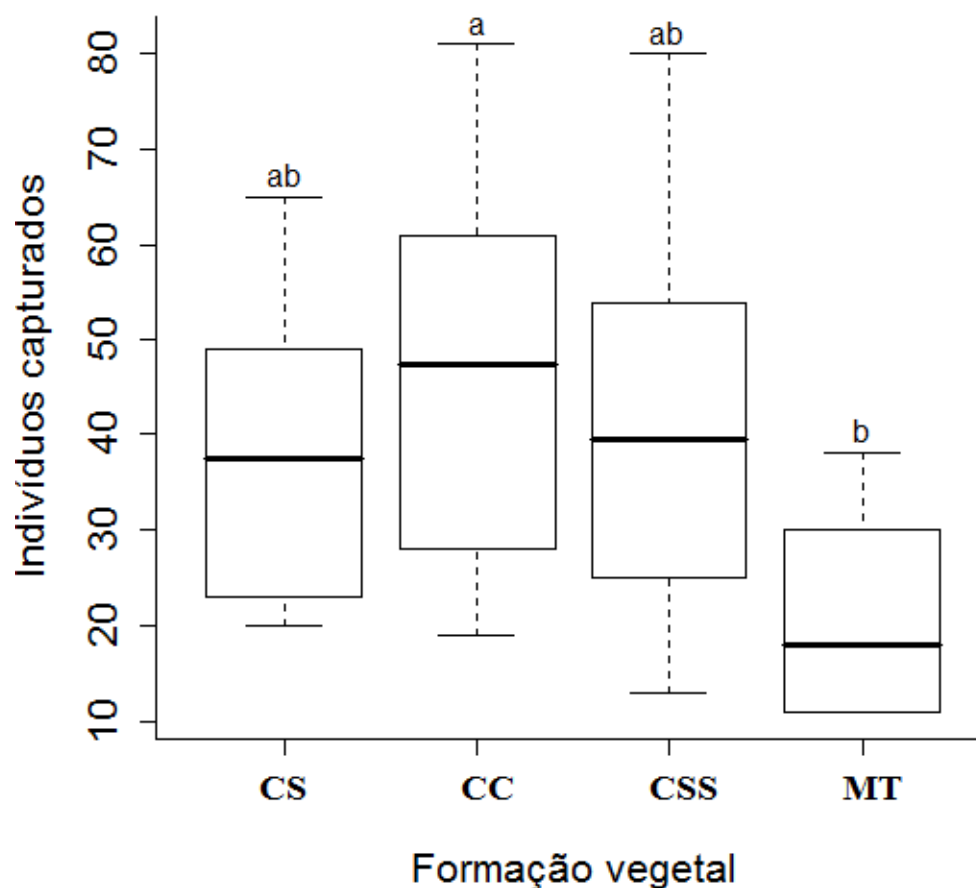


Figura 3. Abundância de Arctiinae nas quatro formações vegetais amostradas no Parque Nacional das Emas. Campo sujo (CS), campo cerrado (CC), cerrado *sensu stricto* (CSS) e mata estacional semidecídua (MT). Letras diferentes indicam diferença estatística ($F_{3,36} = 4,49$ $p = 0,009$).

As espécies mais abundantes no CC foram *L. erubescens*, com 160 indivíduos, e *P. limonia* com 93. No CSS a espécie mais abundante foi *P. sadima*, com 69 indivíduos, e *L. pectina* com 56. No CS as espécies mais abundantes foram *L. erubescens*, com 49 indivíduos, e *P. limonia* com 43. Na MT as espécies mais abundantes foram *L. erubescens*, com 47 indivíduos, e *Halysidota sannionis* (Rothschild, 1909) com 45 (Anexo 1).

A formação vegetal que apresentou maior número de *singletons* foi o CS, com seis espécies, seguida de CC, com cinco, CSS e MT, ambos com três (Tabela 2, Anexo 1).

Composição de espécies nas formações vegetais

A análise de NMDS (stress com três dimensões = 15,01) mostrou uma separação clara entre a fauna das parcelas de MT e a fauna das parcelas das formações de cerrado *sensu lato* (Figuras 4A, eixos 1 e 2; e 4B, eixos 1 e 3). A análise de similaridade corroborou esse resultado (ANOSIM Total: $r = 0,49$, $p = 0,001$, ANOSIM par a par entre MT e CSS $r = 0,68$, $p = 0,001$; MT e CC $r = 0,73$, $p = 0,001$; MT e CS $r = 0,64$, $p = 0,001$). Com relação às formações de cerrado *sensu lato* observa-se uma tendência para formação de outros três grupos conforme a similaridade de suas faunas (Figura 4A, eixos 1 e 2). Esses três grupos representam um gradiente decrescente de densidade de vegetação arbórea: cerrado *sensu stricto* (maiores valores no eixo 2), campo cerrado (valores intermediários) e campo sujo (menores valores). Na análise de ANOSIM cada formação vegetal de cerrado *sensu lato* diferiu uma da outra (ANOSIM par a par entre CC e CSS $r = 0,32$, $p = 0,001$; CC e CS $r = 0,21$, $p = 0,04$; CSS e CS $r = 0,55$, $p = 0,001$). Os eixos 2 e 3 da análise de NMDS não mostraram uma separação clara da fauna entre as diferentes formações vegetais (Figura 4C).

A análise de Mantel Parcial mostrou uma relação positiva entre a dissimilaridade (distância de Bray-Curtis) da fauna e a dissimilaridade da vegetação mesmo após ter retirado o efeito da distância geográfica entre as parcelas ($r = 0,48$, $p < 0,001$).

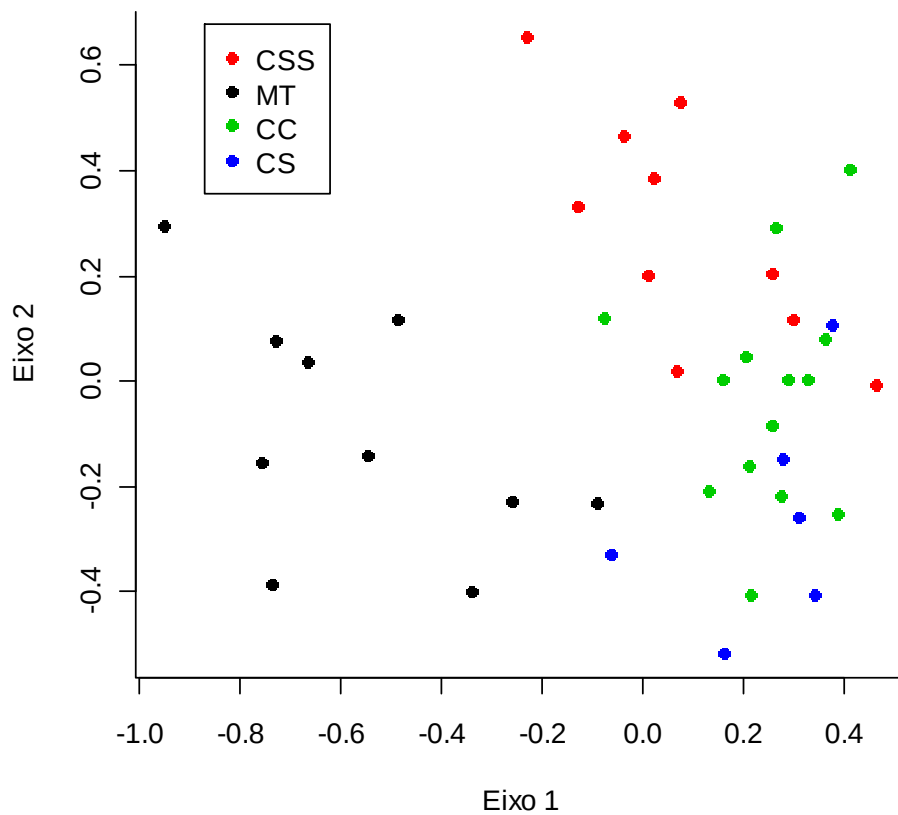


Figura 4A. Análise de ordenação por NMDS (eixos 1 e 2) das parcelas amostradas no Parque Nacional das Emas, utilizando o índice de similaridade quantitativo de Bray-Curtis como medida de distância. CSS indica cerrado *sensu stricto*, MT mata estacional semidecídua, CC campo cerrado e CS campo sujo.

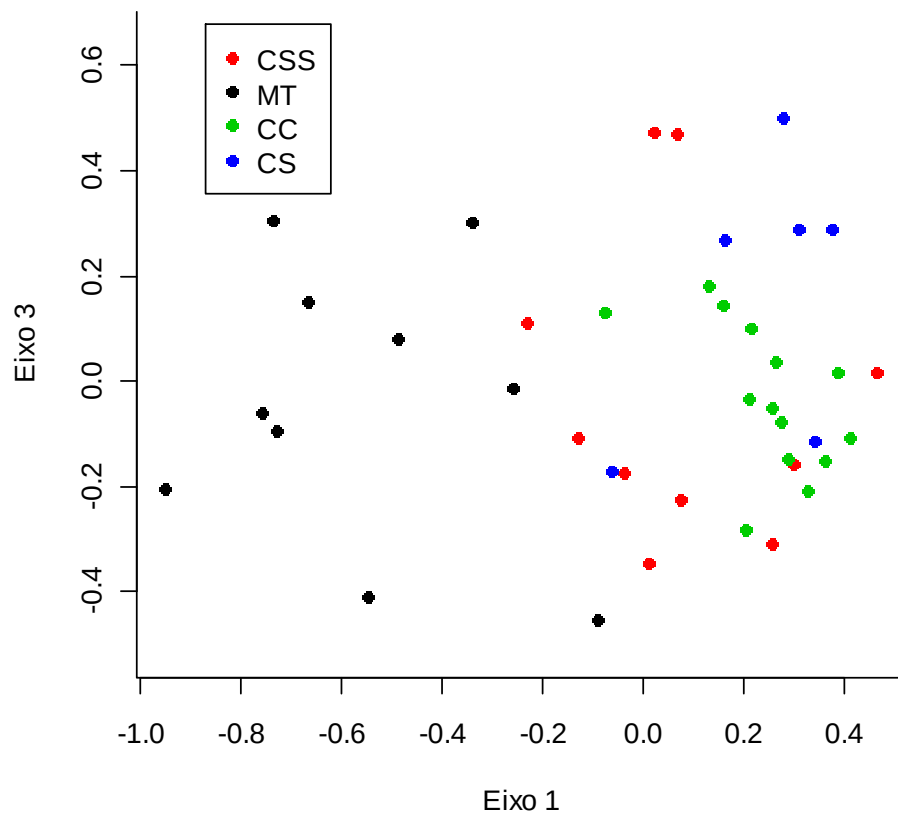


Figura 4B. Análise de ordenação por NMDS (eixos 1 e 3) das parcelas amostradas no Parque Nacional das Emas, utilizando o índice de similaridade quantitativo de Bray-Curtis como medida de distância. CSS indica cerrado *sensu stricto*, MT mata estacional semidecídua, CC campo cerrado e CS campo sujo.

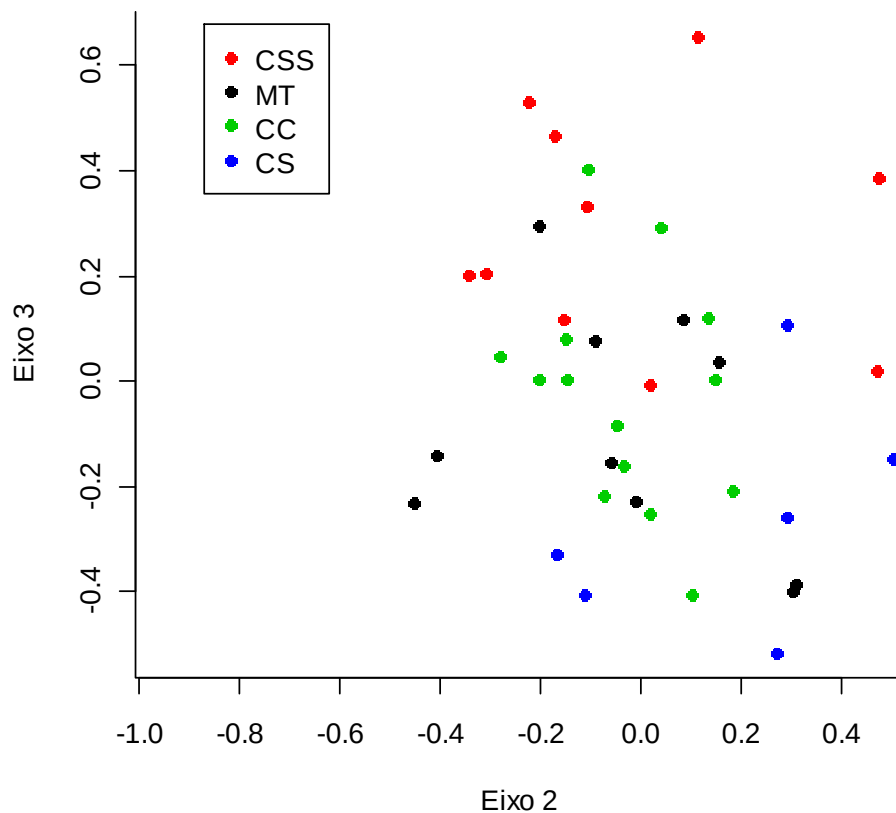


Figura 4C. Análise de ordenação por NMDS (eixos 2 e 3) das parcelas amostradas no Parque Nacional das Emas, utilizando o índice de similaridade quantitativo de Bray-Curtis como medida de distância. CSS indica cerrado *sensu stricto*, MT mata estacional semidecídua, CC campo cerrado e CS campo sujo.

A maioria das espécies foi amostrada em um grande número de parcelas. Um total de 24,6% das espécies (18 espécies) ocorreu nas quatro formações vegetais, 19,1% (14 espécies) ocorreu em três e 20,5% (15 espécies) em duas. As formações vegetais que apresentaram mais espécies em comum foram CSS e CC (37 espécies). A formação vegetal que apresentou maior porcentagem de espécies exclusivas foi a MT (19,0% de suas espécies), seguida do CS (17,6%), CC (10,6%), e CSS (6,1%) (Figura 5, Anexo 1).

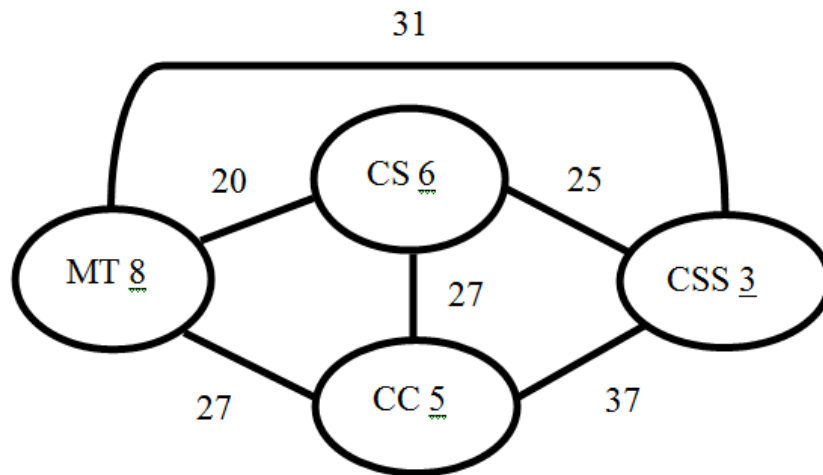


Figura 5. Diagrama de Venn indicando a quantidade de espécies raras (que foram amostradas somente em uma formação vegetal) (números sublinhados dentro dos círculos) e a quantidade de espécies compartilhadas entre as formações vegetais (números próximos às linhas). Mata estacional semidecídua (MT), campo cerrado (CC), cerrado *sensu stricto* (CSS) e campo sujo (CS).

Das 73 espécies coletadas, 12 foram consideradas indicadoras. Destas, 11 foram detectoras (apresentaram valores de IndVal menor do que 70%). O CSS apresentou quatro espécies detectoras, seguido de CS (três), CC e MT (ambas com duas) (Tabela 3). A única espécie considerada característica foi *Halysidota sannionis* (Rothschild, 1909) encontrada na MT (valor indicador igual a 100%) (Tabela 3).

Tabela 3. Espécies de Arctiinae com IndVal significativo. Cerrado *sensu stricto* (CSS), campo cerrado (CC), campo sujo (CS) e mata estacional semidecídua (MT).

Formação vegetal	Espécie	IndVal (%)	p
CSS	<i>Cisthene subruba</i>	40	0,019
CSS	<i>Cisthene triplaga</i>	60	0,002
CSS	<i>Lophocampa pectina</i>	50	0,007
CSS	<i>Parablavia sadima</i>	50	0,016
CC	<i>Lepidoneiva erubescens</i>	30	0,036
CC	<i>Phoenicoprocta</i> sp, 1	30	0,049
CS	<i>Lithosiini</i> sp, 4	30	0,011
CS	<i>Pheia</i> sp, 1	20	0,029
CS	<i>Pseudalus limonia</i>	40	0,044
MT	<i>Echeta Juno</i>	60	0,002
MT	<i>Halysidota sannionis</i>	100	0,001
MT	<i>Melese Dorothea</i>	30	0,023

Intensidade de predação nas formações vegetais

A média da intensidade de predação foi maior na formação vegetal menos estruturalmente complexa (CS) do que nas demais formações vegetais ($F_{3,36} = 5,52$, $p = 0,003$, Figura 6).

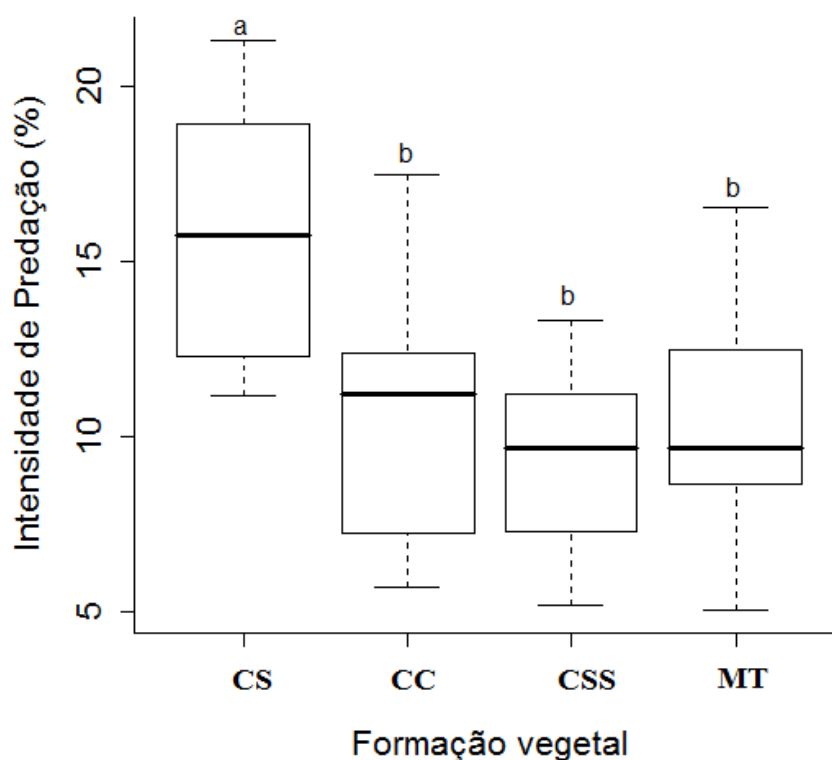


Figura 6. Intensidade média de predação (medida como a porcentagem de lagartas artificiais recolhidas com marca de ataque) nas quatro formações vegetais amostradas no Parque Nacional das Emas. Campo cerrado (CC), campo sujo (CS), cerrado *sensu stricto* (CSS) e mata estacional semidecídua (MT). Letras diferentes indicam diferença estatística ($F_{3,36} = 5,52$, $p = 0,003$).

DISCUSSÃO

Foram coletadas 73 espécies de Arctiinae no PNE representando aproximadamente 10% da fauna do Cerrado (Ferro et al. 2010) e 5% da fauna brasileira (Ferro e Diniz 2010). O elevado número de novos registros de distribuição (incluindo cinco para o Cerrado), a existência de pelo menos mais 20 espécies na área de estudo (de acordo com o estimador Jackknife de primeira ordem) e a possibilidade de algumas das 16 espécies não identificadas em nível específico serem novas para a ciência reforçam a importância de conservar o PNE e seu entorno. Contudo, apesar de ser bem

preservado, o PNE representa um grande fragmento circundado por uma matriz composta de monoculturas extensivas de soja, milho, algodão e cana. Esta matriz de monoculturas pode funcionar como barreiras de dispersão dos indivíduos e, consequentemente, causar problemas associados a populações pequenas e isoladas, tais como, endogamia, deriva genética e maior suscetibilidade a eventos estocásticos futuros. Ainda, a utilização de inseticidas nas lavouras pode causar uma maior mortalidade de insetos nas bordas do parque, afetando, por exemplo, a polinização de plantas entomófilas. Além disso, a invasão de espécies invasoras, como por exemplo, a braquiárea, pode reduzir a vegetação nativa devido, por exemplo, à competição interespecífica (Almeida-Neto et al. 2010), ocasionando uma menor disponibilidade de plantas hospedeiras. Todos estes fatores podem afetar as assembléias de insetos herbívoros e polinizadores. Desta forma, dentre as ações prioritárias para a conservação do PNE estão a criação de novas Unidades de Conservação no seu entorno, visando abranger áreas de vegetação distintas das encontradas no interior do PNE e a conservação de corredores ecológicos entre as unidades de conservação para a fauna da região (Rodrigues et al. 2002).

Nossa primeira premissa de que as formações vegetais mais estruturalmente complexas possuem maior riqueza de espécies de mariposas Arctiinae foi corroborada. Este resultado também foi encontrado para outras famílias de lepidópteros (Beck et al. 2002, Krauss et al. 2003, Pöyry et al. 2009) e de outros insetos fitófagos (Murdoch et al. 1972, Lawton 1983). Em um trabalho também realizado no Cerrado, Ribas et al. (2003) encontraram uma relação positiva entre a riqueza de espécies de formigas arborícolas e a riqueza e densidade de árvores. De fato, essa relação positiva entre a riqueza de espécies animais e a maior complexidade do hábitat é o padrão mais comumente encontrado na literatura (Tews et al. 2004). A resposta para essa relação positiva é

explicada pela hipótese da complexidade do hábitat que prediz que as áreas mais estruturalmente complexas fornecem mais nichos, possibilitando que um maior número de espécies coexistam (Bazzaz 1975). Especificamente para os adultos de Arctiinae, as formações vegetais mais complexas (MT e CSS) podem fornecer um maior número de sítios de oviposição, abrigos e de fontes de alimento (néctar).

Apesar de apresentar uma alta riqueza rarefeita de espécies, a MT apresentou menor abundância de indivíduos do que as demais formações vegetais. Outros trabalhos também encontraram uma menor abundância de Arctiinae em matas primárias do que em áreas de vegetação em sucessão secundária (Kitching et al. 2000, Hilt e Fiedler 2005) e de plantação de eucalipto (Hawes et al. 2009). Estes autores sugerem que a menor abundância encontrada nas formações florestais é devido ao menor raio de atração das armadilhas luminosas nas áreas com vegetação densa. Porém, nós não acreditamos que o menor raio de atração da armadilha luminosa nas nossas parcelas de MT seja o principal fator responsável pela baixa abundância de indivíduos. A armadilha utilizada em nosso estudo apresenta um sensor de luminosidade, possibilitando o acendimento automático da lâmpada ao anoitecer e o seu desligamento ao amanhecer. Pelo fato da vegetação de MT ser mais densa, a lâmpada da armadilha nas parcelas da MT acendia em média 30 min antes e desligava 30 min depois (portanto 1 h a mais) do que as das parcelas de cerrado *sensu lato*, diminuindo a influência do menor raio de atração da luz em ambientes mais densos. Nós sugerimos que a menor abundância em MT pode ser devido a dois motivos principais. O primeiro é que a área da MT é pequena e isolada (representada por dois fragmentos) e já é bastante conhecido na literatura que as áreas menores conseguem abrigar uma menor quantidade de indivíduos e o isolamento diminui a possibilidade de imigração de novos indivíduos (Fahrig 2003). O segundo é que parte de um dos fragmentos da MT foi queimada três meses antes da

segunda amostragem e, apesar de não ter sido muito afetada pelo fogo porque a maior umidade do solo das formações florestais a protegem contra os focos de incêndio muito intensos (Lindenmayer et al. 1999), ainda assim houve uma mudança no microclima (maior insolação pela morte e perda de folhas de alguns indivíduos) o que pode ter afetado na abundância das espécies de Arctiinae que são características das formações florestais.

Nós esperávamos que nas formações do cerrado *sensu lato* houvesse um incremento de indivíduos ao longo do gradiente de densidade arbórea, por causa do acréscimo na quantidade de recursos disponíveis, mas isso não foi observado. Isso provavelmente foi influenciado pelo diferente esforço amostral entre as formações vegetais (seis parcelas em CS, 14 em CC e 10 em CSS).

No geral, a maioria das espécies apresentou baixa abundância de indivíduos. Esse padrão da maioria das espécies ocorrerem em baixas abundâncias é comum nas comunidades de insetos em ambientes tropicais, e pode ser devido a várias razões, incluindo artefatos da amostragem ou simplesmente por ser uma característica típica da espécie (Novotný e Basset 2000). Há uma menor probabilidade de encontrar espécies que ocorrem em baixas abundâncias em futuras amostragens, dificultando a detecção de espécies indicadoras (McGeoch et al. 2002). Ainda assim, todas as formações vegetais apresentaram algumas espécies com valor de IndVal significativo, porém com uma proporção menor do que 70%, sendo consideradas detectoras. De acordo com McGeoch et al. (2002), as espécies detectoras podem ser mais úteis no monitoramento das mudanças ambientais porque estas apresentam diferentes graus de preferência por diferentes habitats e são menos vulneráveis do que as espécies características. Desta forma, elas podem ser mais úteis em indicar a direção em que as mudanças ambientais estão ocorrendo. Ao contrário das espécies características que são restritas a um estado

ecológico único, porque ocorrem em somente uma formação vegetal específica. O fato de termos encontrado uma maior quantidade de espécies detectoras do que características pode ser porque a maioria das espécies de Arctiinae é polífaga (Singer e Bernays 2009) e ocorre em diferentes formações vegetais, apresentando baixa especificidade. A única espécie considerada característica (que apresentou alta especificidade e alta fidelidade) foi *Halysidota sannionis*, encontrada na MT. Esse resultado pode ser devido ao fato desta espécie de mariposa se alimentar de plantas hospedeiras que ocorrem somente na MT. Contudo, não há dados sobre a biologia desta espécie que comprove este fato. Desta forma, seria muito interessante testar sobre a escolha alimentar desta espécie em trabalhos futuros.

A MT apresentou uma composição de mariposas bastante distinta das demais formações vegetais, corroborando nossa segunda premissa. Esse resultado era esperado, pois as formações florestais apresentam tipos de solos (Oliveira-Filho e Ratter 2002, Ruggiero et al. 2002), microclima e a maioria das espécies vegetais distintos das formações de cerrado *sensu lato* (Oliveira-Filho e Ratter 2002). Outros grupos de espécies animais, por exemplo, besouros (Almeida e Louzada 2009), lagartos (Nogueira et al. 2009), mamíferos (Johnson et al. 1999, Rodrigues et al. 2002) e aves (Silva 1997), também apresentaram uma dissimilaridade da fauna entre formações florestais e não florestais do Cerrado. Estudos paleopalinológicos comprovaram que a região do Brasil central era mais úmida a 25,000 a 33,000 anos atrás e era coberta por florestas que se retraíram com o clima seco que predominou principalmente no máximo glacial do Pleistoceno de 13,000 a 17,000 anos atrás (Ledru 1993). Concomitantemente com a retração das formações florestais houve a expansão da vegetação de cerrado, com algumas espécies vicariantes originadas das espécies florestais (Pinheiro e Monteiro 2010). Nos dias atuais, as formações florestais que ainda existem no Cerrado situam-se

em áreas de solos mais férteis, principalmente próximos a cursos de água (Pinheiro e Monteiro 2010). A maior similaridade da flora arbórea das florestas estacionais semidecíduas presentes no Cerrado com as florestas dos biomas úmidos (Mata Atlântica e Amazônia) do que com formações de cerrado *sensu lato* (cerradão) (Oliveira-Filho e Ratter 1995) reforça essa conexão da vegetação florestal durante o Quaternário e fornece argumentos para a hipótese de que as formações florestais do Cerrado seriam relictos de florestas úmidas (Pinheiro e Monteiro 2010). Os dados com Arctiinae corroboram a idéia de que a mata estacional semidecídua difere com a maioria das formações de cerrado *sensu lato* (Ferro e Diniz 2007). Além disso, a alta similaridade das espécies vegetais (Oliveira-Filho e Ratter 2004) e animais (Camargo e Becker 1999, Brown Jr. e Gifford 2002, Rodrigues et al. 2002, Ferro e Diniz 2010) entre o bioma Cerrado, a Mata Atlântica e a Amazônia indicam que as formações florestais atuam como corredores ecológicos para migração dos indivíduos entre estes três biomas (Oliveira-Filho e Ratter 1995). Isso explica a importância de se preservar as formações florestais que ocorrem no Cerrado. Contudo, estas áreas estão cada vez mais ameaçadas pela expansão da agricultura (Klink e Machado 2005) e pela proposta do novo código florestal de reduzir as APPs (Áreas de Proteção Permanente) nas propriedades rurais.

A composição da fauna também diferiu entre as três formações vegetais do cerrado *sensu lato*. O campo sujo apresentou menores valores do eixo 2 na análise de NMDS seguido de campo cerrado com valores intermediários e cerrado *sensu stricto* com maiores valores. Esse resultado foi comprovado pelas diferenças estatísticas da análise de similaridade (ANOSIM). Desta forma, o padrão de similaridade das mariposas seguiu o gradiente de densidade arbórea/arbustiva das formações do cerrado *sensu lato*. Além do mais, também foi verificado que as parcelas com vegetação mais similar apresentam uma fauna mais semelhante. Este resultado indica que as espécies de

mariposas possuem associações com as espécies de plantas (Futuyama e Gould 1979), ou seja, se a espécie de planta que serve de sítio de oviposição está presente na parcela existe maior chance de capturar as espécies de mariposas que são associadas a ela. Essa associação pode ser devido não só pela busca do sítio de oviposição ou da fonte de néctar, mas também da busca por outras características das plantas, como por exemplo compostos secundários específicos (Futuyama e Gould 1979). As associações entre herbívoros e plantas hospedeiras são mais fortes em espécies especialistas, mas também ocorre nas generalistas (Futuyama e Gould 1979), já que estas não conseguem se alimentar de todas as espécies de plantas que existem no ambiente. Todos esses resultados reforçam que esse grupo de mariposas responde às características da vegetação (forças bottom-up) (Ferro e Diniz 2007, Ferro e Teston 2009). Outros trabalhos também verificaram o importante papel da vegetação nos padrões de riqueza e de diversidade beta dos Arctiinae (Hilt e Fiedler 2005, 2006; Ferro e Diniz 2007, Ferro e Teston 2009, Hawes et al. 2009) e de outros grupos de mariposas (Brown Jr. e Gifford 2002, Axmacher et al. 2009, Hawes et al. 2009).

As formações vegetais mais estruturalmente complexas apresentam maior riqueza de espécies porque além de disponibilizarem maior quantidade de recursos também disponibilizam mais abrigos para as presas contra os inimigos naturais (Bazzaz 1975). Este fato foi comprovado com o experimento de predação nas lagartas artificiais. As lagartas artificiais foram duas vezes mais predadas no CS do que nas formações vegetais estruturalmente complexas. Este resultado corrobora a quarta premissa deste trabalho, de que em áreas menos estruturalmente complexas as presas são mais vulneráveis a ataques de inimigos naturais, pois ficam mais expostas tanto visual quanto quimicamente (Price et al. 1980, Jeffries e Lawton 1984, Sih et al. 1985, Sanders et al. 2008). Outros trabalhos também encontraram maior intensidade de predação em

formações vegetais menos estruturalmente complexas (Loiselle e Farji-Brener, Posa et al. 2007). Posa et al. (2007), por exemplo, verificaram maior intensidade de predação de lagartas artificiais em áreas de pastagem do que em florestas de dossel fechado. Sanders et al. (2008), utilizando presas vivas, também encontraram maior intensidade de predação por formigas e aranhas em populações de cigarrinhas e gafanhotos em habitats estruturalmente simples (com menor densidade de vegetação). Estes resultados reforçam o fato de que a maior riqueza de espécies encontrada nas formações vegetais mais estruturalmente complexas (neste caso, CSS e MT) é devido a estes ambientes fornecerem mais recursos e refúgios para as espécies (Bazzaz 1975, Singer e Stireman 2005).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida-Neto, M., P. I. Prado, U. Kubota, J. M. Bariani, G. H. Aguirre e T. M. Lewinsohn. 2010. Invasive grasses and native Asteraceae in the Brazilian Cerrado. *Plant. Ecol.* 209: 109-122.
- Almeida, S. S. P., e J. N. C. Louzada. 2009. Estrutura da comunidade de Scarabaeinae (Scarabaeidae: Coleoptera) em Fitofisionomias do Cerrado e sua Importância para a Conservação. *Neotrop. Entomol.* 38: 32-43.
- August, P. V. 1983. The role of habitat complexity and heterogeneity in structuring tropical mammal communities. *Ecology* 64: 1495-1507.
- Axmacher, J. C., G. Brehm, A. Hemp, H. Tunte, H. V. M. Lyaruu, K. Muller-Hohenstein, e K. Fiedler. 2009. Determinants of diversity in afrotropical herbivorous insects (Lepidoptera: Geometridae): plant diversity, vegetation structure or abiotic factors? *J. Biogeogr.* 36: 337-349.
- Bazzaz, F. A. 1975. Plant species diversity in old-field successional ecosystems in Southern Illinois. *Ecology* 56: 485-488.
- Beck, J., C. H. Schulze, K. E. Linsenmair, e K. Fiedler. 2002. From forest to farmland: diversity of geometrid moths along two habitat gradients on Borneo. *J. Trop. Ecol.* 18: 33-51.
- Brown Jr., K. S. 1997. Diversity, disturbance, and sustainable use of Neotropical forests: insects as indicators for conservation monitoring. *J. Insect Conserv.* 1: 25-42.
- Brown Jr. K. S., e D. R. Gifford. 2002. Lepidoptera in the Cerrado landscape and the conservation of vegetation, soil, and topographical mosaics, pp, 201-222. *In* P. S. Oliveira e R. J. Marquis (eds.), *The cerrados of Brazil, Ecology and natural history of a neotropical savanna*. Columbia University Press, New York, U.S.
- Camargo, A. J. A., e V. O. Becker. 1999. Saturniidae (Lepidoptera) from the Brazilian Cerrado: Composition and biogeographic relationships. *Biotropica* 31: 696-705.
- Cavalcanti, R. B., e C. A. Joly, 2002. Biodiversity and conservation priorities in the Cerrado region, 351-367. *In* Oliveira, P.S. e R.J. Marquis (eds.). *The Cerrados of*

Brazil. Ecology and natural history of a Neotropical savanna. Columbia University Press, New York USA.

- Dufrêne, M., e P. Legendre. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecol. Monogr.* 67: 345-366.
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 34: 487-515.
- Ferro, V. G., e I. R. Diniz. 2007. Composição de espécies de Arctiidae (Insecta, Lepidoptera) em áreas de Cerrado. *Rev. Bras. Zool.* 24: 635-646.
- Ferro, V. G., e J. A. Teston. 2009. Composição de espécies de Arctiidae (Lepidoptera) no Sul do Brasil: relação entre tipos de vegetação e entre a configuração espacial do hábitat. *Rev. Bras. Entomol.* 53: 278-286.
- Ferro, V. G., e I. R. Diniz. 2010. Riqueza e composição de mariposas Arctiidae (Lepidoptera) no Cerrado, pp. 255-313. *In* I. R. Diniz, J. Marinho-Filho, R. B. Machado e R. B. Cavalcanti (eds.), *Cerrado, Conhecimento científico quantitativo como subsídio para ações de conservação*. Thesaurus, Brasília, DF.
- Ferro, V. G., A. S. Melo, e I. R. Diniz. 2010. Richness of tiger moths (Lepidoptera: Arctiidae) in the Brazilian Cerrado: how much do we know? *Zoologia* 27: 725-731.
- França, H., M. B. Ramos-Neto, e A. Setzer. 2007. O fogo no Parque Nacional das Emas. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF.
- Futuyama, D. J., e F. Gould. 1979. Associations of plants and insects in a deciduous forest. *Ecol. Monogr.* 49: 33-50.
- Gotelli, N. J., e R. K. Colwell. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecol. Lett.* 4: 379-391.
- Hammer, O., D. A. T. Harper, e P. D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontol. Electron.* 4: 1-9.
- Hampson, G. F. 1898. Catalogue of the Lepidoptera Phalaenae in the British Museum. Printed by order of the Trustees, London, ENG.

- Hampson, G. F. 1900. Catalogue of the Lepidoptera Phalaenae in the British Museum. Printed by order of the Trustees, London, ENG.
- Hampson, G. F. 1901. Catalogue of the Lepidoptera Phalaenae in the British Museum. Printed by order of the Trustees, London, ENG.
- Hampson, G. F. 1914. Catalogue of the Lepidoptera Phalaenae in the British Museum, Printed by order of the Trustees, Supplement 1, London, ENG.
- Hawes, J., C. S. Motta, W. L. Overal, J. Barlow, T. A. Gardner, e C. A. Peres. 2009. Diversity and composition of Amazonian moths in primary, secondary and plantatiaon forests. *J. Trop. Ecol.* 25: 281-300.
- Heppner, J. B. 1991. Faunal regions and the diversity of Lepidoptera. *Tropical Lepidoptera* 2: 1-85.
- Hilt, N., e K. Fiedler. 2005. Diversity and composition of Arctiidae moth ensembles along a successional gradient in the Ecuadorian Andes. *Divers. Distrib.* 11: 387-398.
- Hilt, N., e K. Fiedler. 2006. Arctiid moth ensembles along a successional gradient in the Ecuadorian montane rain forest zone: how different are subfamilies and tribes? *J. Biogeogr.* 33: 108-120.
- Jeffries, M. J., e J. H. Lawton. 1984. Enemy free space and the structure of ecological communities. *Biol. J. Linn. Soc.*, 23: 269–286.
- Johnson, M. A., P. M. Saraiva, e D. Coelho. 1999. The role of gallery forests in the distribution of Cerrado Mammals. *Rev. Bras. Biol.* 59: 421-427.
- Kitching, R. L., A. G. Orr, L. Thalib, H. Mitchell, M. S. Hopkins, e A. W. Graham. 2000. Moth assemblages as indicators of environmental quality in remnants of upland Australian rain forest. *J. Appl. Ecol.* 37: 284- 297.
- Koh, L. P., e D. N. L. Menge. 2006. Rapid assessment of Lepidoptera predation rates in Neotropical forest fragments. *Biotropica* 38: 132–134.
- Klink, C. A., e R. B. Machado. 2005. Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conserv. Biol.* 19: 707-713.

- Krauss, J., I. Steffan-Dewenter, e T. Tscharntke. 2003. How does landscape context contribute to effects of habitat fragmentation on diversity and population density of butterflies? *J. Biogeogr.* 30: 889-900.
- Lawton, J. H. 1983. Plant architecture and the diversity of phytophagous insects. *Ann. Rev. Entomol.* 28: 23-39.
- Ledru, M. P. 1993. Late quaternary environmental and climatic changes in Central Brazil. *Quatern. Res.* 39: 90-98.
- Lindenmayer, D. B., B. G. Mackey, I. C. Mullen, M. A. McCarthy, A. M. Gill, R. B. Cunningham, e C. F. Donnelly. 1999. Factors affecting stand structure in forests - are there climatic and topographic determinants? *For. Ecol. Manage.* 123: 55-63.
- Loiselle, B. A., e A. G. Farji-Brener. 2002. What's Up? An Experimental Comparison of Predation Levels between Canopy and Understory in a Tropical Wet Forest. *Biotropica*, 34: 327-330.
- MacArthur, R. H., e J. W. MacArthur. 1961. On bird species diversity. *Ecology*, 42: 594-598.
- McGeoch, M. A., B. J. V. Rensburg, e A. Botes. 2002. The verification and application of bioindicators: a case study of dung beetles in a savanna ecosystem. *J. Appl. Ecol.* 39: 661-672.
- Muirhead-Thompson, R. C. 1991. Trap responses of flying insects. Academic Press, London.
- Murdoch, W. W., F. C. Evans, e C. H. Peterson. 1972. Diversity and pattern in plants and insects. *Ecology* 53: 819-829.
- Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. da Fonseca, e J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- Nogueira, C., G. R. Colli, e M. Martins. 2009. Local richness and distribution of the lizard fauna in natural habitat mosaics of the Brazilian Cerrado. *Austral Ecol.* 34: 83-36.
- Novotný, V., e Y. Basset. 2000. Rare species in communities of tropical insect herbivores: pondering the mystery of singletons. *Oikos* 89: 564-572.

- Oliveira-Filho, A. T., e J. A. Ratter. 1995. A study of the origin of central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. *Edinb. J. Bot.* 52: 141-194.
- Oliveira-Filho, A. T., e J. A. Ratter. 2002. Vegetation physiognomies and Woody flora of the Cerrado Biome, 91-120. *In* Oliveira, P.S. e R.J. Marquis (eds.). *The Cerrados of Brazil. Ecology and natural history of a Neotropical savanna.* Columbia University Press. New York USA.
- Oliveira-Filho, A. T., e J. A. Ratter. 2004. Padrões florísticos das matas ciliares da região do Cerrado e a evolução das paisagens do Brasil central durante o quaternário tardio, 72-89. *In* R. R. Rodrigues e H. F. Leitão-Filho (eds.), *Matas ciliares conservação e recuperação.* Edusp, São Paulo, SP.
- Piñas-Rubio, F., S. Rab-Green, G. Onore, e P. I. Manzano, 2000. Mariposas Del Ecuador. Butterflies & moths of Ecuador. Family: Arctiidae, Subfamilias: Arctiinae y Pericopinae. Museo de Zoología, Centro de biodiversidad y ambient. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, EC.
- Piñas-Rubio, F., e P. I. Manzano, 2003. Mariposas del Ecuador, Arctiidae, Subfamília: Ctenuchinae. Conpañia de Jesús, Quito, EC.
- Pinheiro, M. H. O., e R. Monteiro. 2006. Contribution of forest species to the floristic composition of a forested savanna in southeastern Brazil. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 49: 763-774.
- Pinheiro, M. H. O., e R. Monteiro. 2010. Contribution to the discussion on the origin of the cerrado biome: Brazilian savanna. *Braz. J. Biol.* 70: 95-102.
- Posa, M. R. C., N. S. Sodhi, e L. P. Koh. 2007. Predation on artificial nests and caterpillar models across a disturbance gradient in Subic Bay, Philippines. *J. Trop. Ecol.* 23: 27–33.
- Pöyry, J., J. Paukkunen, J. Heliölä, e M. Kuussaari. 2009. Relative contributions of local and regional factors to species richness and total density of butterflies and moths in semi-natural grasslands. *Oecologia* 160: 577-587.

- Price, W. P., C. E. Bouton, P. Gross, B. A. McPherson, J. N. Thompson, e A. E. Weis, 1980. Interactions among three trophic levels: Influence of plants interactions between insect herbivores and natural enemies. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 11: 41-65.
- Ribas, C. R., J. H. Schoereder, M. Pic. e S. M. Soares. 2003. Tree heterogeneity, resource availability, and larger scale process regulating arboreal ant species richness. *Austral Ecol.* 28: 305-314.
- Ramos-Neto, M. B., e V. R. Pivello. 2000. Lightning fires in a Brazilian savanna National Park: rethinking management strategies. *Environ. Manage.* 26: 675-684.
- Rodrigues, F. H. G., L. Silveira, A. T. A. Jácomo, A. P. Carmignotto, A. M. R. Bezerra, D. C. Coelho, H. Garbogini, J. Pagnozzi, e A. Hass. 2002. Composição e caracterização da fauna de mamíferos do Parque Nacional das Emas, Goiás, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 19: 589-600.
- Ruggiero, P. G. C., M. A. Batalha, V. R. Pivello, e S. T. Meirelles. 2002. Soil-vegetation relationships in cerrado (Brazilian savanna) and semideciduous forest, Southeastern Brazil. *Plant Ecol.* 160: 1–16.
- Sanders, D., H. Nickel, T. Grutzner, e C. Platner. 2008. Habitat structure mediates top-down effects of spiders and ants on herbivores. *Basic Appl. Ecol.* 9: 152-160.
- Sih, A., P. Crowley, M. McPeck, J. Petranka, e K. Strohmeier. 1985. Predation, composition, and prey communities: A review of field experiments. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 16: 269-311.
- Silva, J. M. C. 1997. Endemic birds species and conservation in the Cerrado region, South America. *Biodivers. Conserv.* 6: 435-450.
- Silva, J. F., M. R. Fariñas, J. M. Felfili, e C. A. Klink. 2006. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil. *J. Biogeogr.* 33: 536-548.
- Singer, M. S., e J. O. Stireman. 2005. The tri-trophic niche concept and adaptive radiation of phytophagous insects. *Ecol. Lett.* 8: 1247–1255.
- Singer, M. S., e E. A. Bernays. 2009. Specialized generalists: Behavioral and evolutionary ecology of polyphagous wooly bear caterpillars, *In* W. E. Conner (ed.), *Tiger Moths and Wolly Bears, Behavior, Ecology and Evolution of the Arctiidae*. Oxford University Press, New York, USA.

- Tews, J., U. Brose, V. Grimm, K. Tielborger, M. C. Wichmann, M. Schwager, e F. Jeltsch, 2004. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *J. Biogeogr.* 31: 79-92.
- The R Development Core Team. 2010. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>
- VanRensburg, B. J., M. A. McGeoch, S. L. Chown, e A. S. V. Jaarsveld. 1999. Conservation of heterogeneity among dung beetles in the Maputaland Centre of endemism, South Africa. *Biol. Conserv.* 88: 145-153.
- Watson, A., e D. T. Goodger. 1986. Catalogue of the Neotropical tiger-moths. *Occas. Pap. Syst. Entomol.* 1: 1-70.
- Yela, J. L., e M. Holyoak. 1997. Effects of moonlight and meterological factors on light bait trap catches of Noctuid moths (Lepidoptera: Noctuidae). *Environ. Entomol.* 26:1283-1290.

ANEXO 1

Espécies de Arctiinae, juntamente com suas respectivas abundâncias, registradas em cada formação vegetal e no Parque Nacional das Emas (Total). CC indica campo cerrado, CSS indica cerrado *sensu stricto*, CS indica campo sujo e MT indica mata estacional semidecídua. * novos registros para o Cerrado; ** novos registros para Goiás; # novos registros para o PNE.

Espécies	CC	CSS	CS	MT	Total
Arctiinae					
Arctiini					
Arctiini sp.1		1			1
Arctiini sp.2		2		10	12
Arctiina					
<i>Paracles</i> sp.1	13	4	4	1	22
<i>Pseudalus limonia</i> Schaus, 1896 #	93	20	43	5	161
Callimorphina					
<i>Utetheisa ornatix</i> (Linnaeus, 1758)	17	5	14	1	37
Ctenuchina					
<i>Aclytia flavigutta</i> (Walker, 1854)** #	3	4	4		11
<i>Aclytia heber</i> (Cramer, 1780) #	8	16	3	8	35
<i>Cercocladia novicia</i> (Draudt, 1915) #	1				1
<i>Chrysostola nivaca</i> (Jones, 1914)	20	4	20	1	45
<i>Delphyre discalis</i> (Druce, 1905) #	2	1	1	4	8
<i>Delphyre dizona</i> (Druce, 1898) #			1		1
<i>Episcepsis klagesi</i> Rothschild, 1911** #		1			1
<i>Eucereon arenosun</i> Butler, 1877** #			1		1
<i>Eucereon dorsipuncta</i> Hampson, 1905 #				2	2
<i>Heliura tetragramma</i> (Walker, 1854) #	7	10	1	3	21
<i>Philoros rubriceps</i> (Walker, 1854) #	4	1	3		8
Euchromiina					
<i>Aristodaema hanga</i> (Herrich-Schäffer, [1854])** #			1		1
<i>Cosmosoma achemon</i> (Fabricius, 1781) #				1	1
<i>Cosmosoma rasera</i> Jones, 1914 #	1	1			2
<i>Cosmosoma restrictum</i> Butler, 1876 #	2	3	1	8	14
<i>Cosmosoma</i> sp.1	1	1			2
<i>Dycladia lucetius</i> (Cramer, 1782)	9	7	4		20
<i>Eurota</i> sp.1			1		1
<i>Hyda basiletea</i> (Walker, 1854) #	1	2			3
<i>Lepidoneiva erubescens</i> (Butler, 1876)	160	45	49	47	301
<i>Macrocneme aurifera</i> Hampson, 1914* #	1	1	3		5
<i>Pheia albisigna</i> (Walker, 1854)	14	13	1	4	32

Anexo 1. Continuação

Espécies	CC	CSS	CS	MT	Total
<i>Pheia gaudens</i> (Walker, 1856) [#]	1				1
<i>Pheia haematosticta</i> Jones, 1908	4	11	2	3	20
<i>Pheia haemopera</i> Schaus, 1898	22	5	8	3	38
<i>Pheia seraphina</i> (Herrich-Schäffer, 1854)	69	16	16	7	108
<i>Pheia</i> sp.1		1	4		5
<i>Phoenicoprocta baeri</i> Rothschild, 1911	17	9	3	1	30
<i>Phoenicoprocta</i> sp.1	7	1		2	10
<i>Poliopastea plumbea</i> Hampson, 1898** [#]	1				1
<i>Saurita attenuata</i> Hampson, 1905* [#]				1	1
Pericopina					
<i>Dysschema boisduvalli</i> (van der Hoeven & de Vriese, 1840) [#]			1		1
<i>Dysschema sacrificia</i> (Hübner, [1831]) [#]		3		1	4
Phaegopterina					
<i>Agaraea</i> sp.1	2				2
<i>Amaxia dyuna</i> Schaus, 1896** [#]		3		2	5
<i>Bertholdia</i> sp. 1			1		1
<i>Cresera ilioides</i> (Schaus, 1905)* [#]	1				1
<i>Cresera</i> sp.1				1	1
<i>Echeta juno</i> (Schaus, 1892)* [#]				10	10
<i>Elysium cingulata</i> (Walker, 1856)** [#]	1				1
<i>Elysium joiceyi</i> Talbot, 1928 [#]	32	11	5		48
<i>Eupseudosoma grandis</i> Rothschild, 1909** [#]	2		1	1	4
<i>Halysidota sannionis</i> (Rothschild, 1909)** [#]				45	45
<i>Hyperthaema</i> sp.1	1	6			7
<i>Idalus agricus</i> Dyar, 1910* [#]	1	3		2	6
<i>Idalus carinosa</i> (Schaus, 1905)	11	5			16
<i>Idalus citrina</i> Druce, 1890** [#]	8	6	1	1	16
<i>Idalus lineosus</i> Walker, 1869 [#]		1			1
<i>Leucanopsis rosetta</i> (Schaus, 1896) [#]	5	2	3	1	11
<i>Lophocampa pectina</i> Schaus, 1896 [#]	33	56		4	93
<i>Melese dorothea</i> (Stoll, 1782)** [#]				4	4
<i>Melese incertus</i> (Walker, 1855) [#]	1	4			5
<i>Neritos atta</i> Schaus, 1920 [#]	8	8		1	17
<i>Neritos flavimargo</i> Joicey & Talbot, 1916	1	1			2
<i>Parauchaetes aurata</i> (Butler, 1875) [#]	2	2		1	5
<i>Psychopasma erosa</i> (Herrich-Schäffer, [1858]) [#]	2			1	3
<i>Ripha pulcherrima</i> (Rothschild, 1935) [#]	7	1	10	7	25
Lithosiini					
Lithosiinii sp. 1		3		3	6
Lithosiinii sp. 2		2		1	3

Anexo 1. Continuação

Espécies	CC	CSS	CS	MT	Total
Lithosiinii sp. 3	1	1		1	3
Lithosiinii sp. 4	2		9		11
Cisthenina					
<i>Cisthene</i> sp.1				2	2
<i>Cisthene subruba</i> (Schaus, 1905) [#]	2	21	3	3	29
<i>Cisthene triplaga</i> Hampson, 1905** [#]		14			14
<i>Odozana domina</i> (Schaus, 1896)	1		1	2	4
Lithosiina					
<i>Agylla polysemata</i> Schaus, 1899 [#]		1		1	2
<i>Nodozana jucunda</i> Jones, 1914		4		2	6
<i>Parablavia sadima</i> (Schaus, 1896)	54	69	9		132
Total	656	412	232	209	1509

Capítulo II

DETERMINANTES DA RIQUEZA E COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES DE MARIPOSAS ARCTIINAE (LEPIDOPTERA, NOCTUIDAE) AO LONGO DE UM GRADIENTE DE DENSIDADE DE VEGETAÇÃO LENHOSA EM UMA ÁREA DE CERRADO¹

¹As citações e as referências estão de acordo com as normas da Revista *Insect Conservation and Diversity*

RESUMO

Vários fatores podem influenciar a riqueza e distribuição das espécies, como por exemplo, o clima, a complexidade ambiental, a produtividade e as interações ecológicas, como a competição e a predação. Neste trabalho foi avaliado quais variáveis ambientais melhor determinam a riqueza e a composição de espécies de mariposas Arctiinae. A pesquisa foi realizada em uma área do bioma Cerrado, localizada no Parque Nacional das Emas, sudoeste do Estado de Goiás, Brasil. As unidades de amostragem consistiram de 30 parcelas de 10x10m cada distribuídas em três fitofisionomias (seis em campo sujo, 14 em campo cerrado e dez em cerrado *sensu stricto*). Estas fitofisionomias apresentam um gradiente crescente de densidade de vegetação lenhosa e decrescente de densidade de vegetação herbácea a partir do campo sujo, passando pelo campo cerrado até o cerrado *sensu stricto*. As variáveis ambientais avaliadas foram: riqueza, densidade, coeficiente de variação do perímetro e coeficiente de variação da altura de plantas lenhosas (arbóreas e arbustivas), cobertura de herbáceas, altitude e intensidade de predação. A riqueza de plantas arbóreas e arbustivas foi a variável ambiental mais importante na determinação da riqueza de mariposas Arctiinae. Este resultado se deve ao fato de que uma maior riqueza da vegetação proporciona uma maior disponibilidade e variedade de recursos e mais refúgios para as espécies contra os inimigos naturais e contra fatores abióticos desfavoráveis, possibilitando que mais espécies de mariposas Arctiinae coexistam. A ordenação da CCA separou claramente a composição de espécies de mariposas Arctiinae pertencentes a cada fitofisionomia. A fauna da fitofisionomia cerrado *sensu stricto* foi positivamente correlacionada com a riqueza de lenhosas e com o coeficiente de variação da altura de lenhosas. A fauna da fitofisionomia campo cerrado foi positivamente associada com todas as variáveis explanatórias, mas principalmente com a cobertura de herbáceas, com a altitude e com a riqueza de plantas lenhosas. A fauna da fitofisionomia campo sujo apresentou uma separação clara com as demais fitofisionomias e foi positivamente associada com a cobertura de herbáceas, mas principalmente com a intensidade de predação. Desta forma, as variáveis que explicaram a estrutura da comunidade e da composição de espécies de mariposas Arctiinae refletiram as características ambientais que ocorrem nas três fitofisionomias analisadas neste trabalho, campo sujo, campo cerrado e cerrado *sensu stricto*. A clara separação da composição de espécies de mariposas Arctiinae relacionada com cada variável ambiental indica que este grupo de insetos responde com muita sensibilidade às alterações ambientais e podem ser usados como bioindicadores em monitoramentos de ecossistemas. Como a composição de espécies de mariposas Arctiinae foi influenciada tanto pela vegetação lenhosa quanto pela vegetação herbácea pode-se sugerir que a conservação de todas as formações vegetais que ocorrem no Cerrado é importante para assegurar a preservação de uma maior variabilidade de espécies.

Palavras-chave: variáveis ambientais; riqueza de lenhosas; fitofisionomias

INTRODUÇÃO

A maioria dos estudos envolvendo a ecologia de comunidades tem focado em descrever os padrões de diversidade ao longo de gradientes ambientais e identificar os principais fatores que determinam esses padrões (ex. Guisan & Thuiller, 2005; Axmacher *et al.*, 2009; Ober & Hayes, 2010; Ferro & Melo, 2011). Dentre os vários fatores que podem influenciar a riqueza e distribuição das espécies estão o clima (Brown Jr. & Gifford, 2002; Menéndez *et al.*, 2007), a complexidade ambiental (MacArthur & MacArthur, 1961; Bazzaz, 1975), a produtividade (Waide *et al.*, 1999) e as interações ecológicas, como a competição e a predação (Sih *et al.*, 1985; Chase *et al.*, 2002).

Os insetos herbívoros, em especial os Lepidoptera (mariposas e borboletas) são bons modelos para se avaliar as importâncias relativas das variáveis ambientais nos padrões de riqueza e composição de espécies. Eles apresentam uma elevada riqueza de espécies (Heppner, 1991), muitos táxons respondem rapidamente às mudanças na vegetação e no clima, a taxonomia é relativamente bem conhecida em alguns grupos e as técnicas de coleta são simples, geralmente atraindo um grande número de indivíduos em um curto período de tempo (Brown Jr., 1997; DeVries *et al.*, 1997; Kitching *et al.*, 2000).

Trabalhos têm demonstrado que a riqueza e a composição de espécies de insetos herbívoros podem ser influenciadas pela diversidade de árvores (Schuldt *et al.*, 2010), pela riqueza de herbáceas (Usher & Keiller, 1998), pela arquitetura (Haysom & Coulson, 1998) e biomassa das plantas (Knops *et al.*, 1999), e por vários outros parâmetros relacionados com a vegetação (Lewinsohn *et al.*, 2005).

A riqueza e a composição de espécies de insetos herbívoros também são influenciadas pela pressão imposta pelos seus inimigos naturais (Walker & Jones, 2001). A predação, por exemplo, pode ter um efeito positivo (Sih *et al.*, 1985; Kullberg & Ekman, 2000) ou negativo (Sih *et al.*, 1985; Spiller & Schoener, 1998) na riqueza de espécies de presas. Geralmente, o efeito positivo ocorre quando os predadores reduzem a densidade da presa competitivamente dominante, permitindo o estabelecimento de espécies menos competitivas, o que possibilita que mais espécies coexistam (Kullberg & Ekman, 2000). O efeito positivo também pode ocorrer quando os predadores mantêm as populações de espécies abaixo de sua capacidade de suporte, reduzindo a intensidade e a importância da competição interespecífica por recursos. O que pode permitir maior sobreposição de nicho, e, conseqüentemente uma maior riqueza de espécies (Begon *et al.*, 2006). Já o efeito negativo ocorre quando os predadores reduzem as populações de espécies menos competitivas, permitindo que a abundância das espécies mais competitivas aumente e estas eliminem as demais por competição interespecífica (Spiller & Schoener, 1998). O efeito negativo também pode ocorrer quando a intensidade de predação é alta o suficiente para afetar uma grande variedade de presas, tanto as mais quanto as menos competitivas (Sih *et al.*, 1985). Desta forma, a escolha da presa pelos predadores (Schmitz, 2007) e a intensidade de predação podem determinar a diversidade e a composição de espécies dos herbívoros em uma comunidade (Price *et al.*, 1980; Sih *et al.*, 1985).

O objetivo do presente estudo foi avaliar qual a importância relativa das variáveis ambientais na determinação da riqueza e da composição de espécies de um grupo de inseto herbívoro (as mariposas Arctiinae) em uma área de Cerrado. Foram testadas seis variáveis ambientais. As cinco primeiras, riqueza, densidade e coeficiente de variação do perímetro e da altura de plantas arbóreas e arbustivas e cobertura de

herbáceas, medem a complexidade estrutural do habitat e, conseqüentemente, a quantidade de recursos disponíveis para esse grupo de inseto herbívoro. A sexta variável, intensidade de predação, mede o nível de pressão de inimigos naturais no habitat. Esta última variável foi testada pela primeira vez para esse grupo de mariposas.

MÉTODOS

As coletas foram realizadas no Parque Nacional das Emas (PNE), localizado no centro-oeste brasileiro (17°49'-18°28'S e 52°39'-53°10'W). Essa unidade de conservação de proteção integral com cerca de 130 mil ha está situada no bioma Cerrado, um dos 25 *hotspots* de biodiversidade (Myers *et al.*, 2000). O clima é do tipo Aw de Köppen, ou seja, tropical subquente úmido com três meses secos no inverno. A pluviosidade anual varia de 1200 a 2000 mm e a temperatura média anual é de cerca de 24,6°C (Ramos-Neto & Pivello, 2000). O relevo do PNE é predominantemente plano, com altitudes variando de 800 a 900 m (França *et al.*, 2007). O PNE apresenta várias fitofisionomias de Cerrado. Segundo o mapeamento de Ramos-Neto & Pivello (2000), predominam no PNE as fitofisionomias abertas de Cerrado (campos limpos, campos sujos e campos cerrados), que ocupam 68,1% da área. O cerrado *sensu stricto* ocupa 25,1%, os campos úmidos 4,9% e as florestas ripárias e mesófilas 1,2% do parque.

A fim de investigar quais são os principais fatores que influenciam a riqueza e a composição de mariposas Arctiinae, foram estabelecidas 30 parcelas de 10 x 10 m. Essas parcelas representam um gradiente de densidade de plantas lenhosas, variando de 1 a 58 indivíduos por 100 m². Todas essas parcelas pertencem às formações de cerrado *sensu lato* (classificação segundo Oliveira-Filho & Ratter, 2002) denominadas campo sujo (seis parcelas), campo cerrado (14 parcelas) e cerrado *sensu stricto* (10 parcelas).

O campo sujo é composto por uma grande densidade de herbáceas com alguns arbustos e pequenas árvores de aproximadamente três metros de altura bastante espalhadas entre si (Goodland & Pollard, 1973). O campo cerrado também é composto por uma grande densidade de herbáceas, porém com uma maior densidade de árvores mais altas (aproximadamente quatro metros de altura) do que as do campo sujo (Goodland & Pollard, 1973). O cerrado *sensu stricto* apresenta a maior densidade de arbóreas entre estas três fisionomias vegetais, sendo dominado por árvores relativamente altas, que podem chegar até oito metros de altura (Oliveira-Filho & Ratter, 2002). O principal fator que determina a diferenciação na composição de espécies e densidade de plantas lenhosas entre estas fisionomias vegetais são os níveis de nutrientes do solo (Goodland & Pollard, 1973). Os valores de fósforo, nitrogênio e potássio, por exemplo, aumentam a partir do campo sujo, passando pelo campo cerrado até o cerrado *sensu stricto* (Goodland & Pollard, 1973). Segue, portanto, um gradiente de fertilidade a partir das fisionomias com menor densidade para as com maior densidade em lenhosas.

Amostragem das mariposas

Em cada parcela, as mariposas adultas foram coletadas durante todo o período noturno através de uma armadilha luminosa do tipo Luiz de Queiroz equipada com uma lâmpada negra Sylvania[®] de 15 W. De acordo com Muirhead-Thompson (1991) uma lâmpada de 125 W (potência oito vezes maior que a utilizada neste estudo), tem um raio de atração de aproximadamente 100 metros de distancia. Desta forma, a lâmpada utilizada neste estudo não atrai as mariposas provenientes de áreas com distancia superior a 100 m. As amostragens foram realizadas durante as estações seca (junho a julho de 2010) e chuvosa (dezembro de 2010 a fevereiro de 2011). Em cada estação, as

mariposas foram coletadas em todas as parcelas em duas noites não consecutivas para aumentar a representatividade da fauna, totalizando quatro noites de amostragem em cada parcela (duas na estação seca e duas na chuvosa). Os indivíduos coletados foram identificados através da literatura (Hampson, 1898, 1900, 1901, 1914; Watson & Goodger, 1986; Piñas-Rubio *et al.*, 2000; Piñas-Rubio & Manzano, 2003) e da comparação com imagens digitais das espécies identificadas da Coleção Becker (onde a identificação foi confirmada através da comparação com os tipos). Todos os indivíduos foram depositados na Coleção Zoológica da Universidade Federal de Goiás (Goiânia, Brasil).

Obtenção das variáveis ambientais

Foram avaliadas nesse estudo seis variáveis ambientais: riqueza, densidade, coeficiente de variação do perímetro e coeficiente de variação da altura de plantas arbóreas e arbustivas, cobertura de herbáceas e intensidade de predação.

A riqueza, a densidade (número de indivíduos por 100m²) e o coeficiente de variação do perímetro e da altura de plantas arbóreas e arbustivas foram mensurados em cada parcela. Para o cálculo dessas quatro variáveis foram considerados apenas os indivíduos lenhosos que estivessem vivos e que apresentassem um perímetro na altura do solo igual ou maior do que três cm. Esses indivíduos foram marcados com placas de alumínio numeradas e identificados por especialistas (Dr. Marcus Cianciaruso e sua equipe) até o menor nível taxonômico possível. O perímetro de cada indivíduo foi medido na altura do solo com auxílio de uma fita métrica. A altura de cada indivíduo foi medida com uma fita métrica e nas árvores mais altas, com um medidor digital de altura. Posteriormente, foi calculado o coeficiente de variação ($100 \times \text{desvio padrão}/\text{média}$) do perímetro e da altura para cada parcela.

Muitas larvas de Arctiinae se alimentam de plantas herbáceas (Scoble, 1992). Por isso, uma variável relacionada com a disponibilidade de plantas herbáceas também foi incluída nesse estudo. A cobertura da vegetação herbácea de cada parcela foi obtida com auxílio de um quadrado de madeira de 1m² subdividido em 100 quadrados de 10x10 cm. Este quadrado foi colocado sobre o solo e o número de quadrados de 10x10 cm que apresentavam vegetação herbácea era contabilizado. Foram feitas duas medidas por parcela e posteriormente tirado a média do número de quadradinhos preenchidos com vegetação herbácea. A cobertura de herbáceas foi mensurada em duas ocasiões, uma na estação seca e outra na chuvosa para tirar o efeito de uma possível interferência da forte sazonalidade na vegetação. O valor médio dessas duas medidas foi utilizado nas análises.

A intensidade de predação foi avaliada em cada parcela através do uso de lagartas artificiais confeccionadas com massa de modelar. Em cada parcela, 30 lagartas de 1,5 cm de comprimento por 0,2 cm de diâmetro foram fixadas com cola super bonder[®] sobre as folhas de várias espécies de árvores ou arbustos, a cerca de um metro de altura. Após quatro dias as lagartas artificiais foram recolhidas. A porcentagem de lagartas recolhidas que apresentavam marcas de ataque foi calculada para cada parcela, tanto na estação seca quanto na chuvosa. Este experimento foi realizado nas duas estações porque a intensidade de predação pode ser influenciada pelos diferentes picos de abundância das presas e dos predadores em cada estação do ano. Para as análises estatísticas, foi usado o valor médio da porcentagem de predação de cada parcela. A taxa de predação nas lagartas artificiais foi usada como um *surrogate* para inferir a intensidade de predação sobre as lagartas das mariposas Arctiinae em cada parcela amostrada e para relacionar como esta intensidade de predação influencia a riqueza e a composição de espécies das mariposas adultas de Arctiinae.

Análises estatísticas

Como uma das parcelas do campo sujo teve que ser excluída das análises porque a única árvore que havia na parcela morreu durante as queimadas que ocorreram três meses antes da amostragem da estação chuvosa, as análises estatísticas foram feitas com apenas 29 parcelas.

Correlação entre as variáveis ambientais

O grau de correlação entre as seis variáveis ambientais foi avaliado pelo coeficiente de correlação de Pearson com a função “cor” no programa R antes de testar quais variáveis ambientais determinam de maneira mais significativa a riqueza e a composição de mariposas Arctiinae nas parcelas amostrais. A densidade de arbóreas foi fortemente correlacionada com a riqueza de plantas arbóreas e arbustivas ($r = 0,86$) e com a cobertura de herbáceas ($r = -0.75$), sendo, por isso, excluída das análises.

Determinantes da riqueza de espécies

A fim de verificar que variáveis explanatórias determinam de maneira mais significativa a riqueza das mariposas Arctiinae foi realizada uma análise de regressão múltipla, utilizando a metodologia de seleção de modelos a partir de regressões OLS (Ordinary Least Squares), que é um tipo de regressão linear que minimiza a soma dos quadrados dos resíduos da regressão, de forma a maximizar o grau de ajuste do modelo aos dados observados (Legendre & Legendre, 1998). A seleção do modelo que melhor se ajustou aos dados foi feita com base no critério de informação de Akaike (AICc). O AICc é a medida mais utilizada para o ajuste de modelos, permitindo avaliar o poder de explicação de cada variável explanatória. O melhor modelo é o que apresenta menor valor de AICc. Mas, geralmente é utilizado o valor de Δ_i que é a diferença entre o valor

de AICc de cada modelo e o valor mínimo de AICc encontrado para todos os modelos comparados (Diniz-Filho *et al.*, 2008). Desta forma, o valor de Δi indica que o modelo escolhido é realmente o melhor. Entretanto, quando existem vários modelos com valor de Δi menor do que dois (o que indica a existência de modelos semelhantes ao modelo com valor de AICc mínimo, Richards, 2005), é recomendado utilizar a inferência do modelo médio, que consiste em um consenso “multi-modelos”. No modelo médio, ao invés de usar os coeficientes da regressão do modelo com o menor valor de AICc, é calculado a média dos coeficientes estimados das variáveis ambientais através de todos os modelos em que elas estão presentes, mas ponderando esta média de acordo com o valor de w_i (que é o valor de peso do Akaike de cada modelo) do modelo (Diniz-Filho *et al.*, 2008).

Contudo, os resultados dos modelos só são válidos se os resíduos dos dados tiverem uma distribuição normal, com variância constante e não forem autocorrelacionados, já que a estrutura espacial nos resíduos indica uma falta de especificação dos modelos das regressões, ou seja, outras variáveis ambientais não exploradas poderiam responder melhor a variação dos dados (Diniz-Filho *et al.*, 2008). Portanto, foi realizada uma análise de regressão linear saturada para verificar a presença de autocorrelação nos resíduos com todas as variáveis ambientais considerando a estrutura espacial através das posições geográficas (latitude e longitude em graus decimais) das parcelas. A análise de autocorrelação espacial foi feita através dos resíduos do índice de *I de Moran*. A significância da autocorrelação espacial dos valores dos resíduos foi testada pelas primeiras classes de um correlograma espacial. As primeiras classes representam as parcelas que tem menor distância geográfica entre si.

Todas estas análises foram realizadas no programa SAM (Rangel *et al.*, 2010). Foram geradas todas as possíveis combinações das cinco variáveis explanatórias, resultando em 31 modelos alternativos (2^5 modelos menos o modelo de intercepto).

Determinantes da composição de espécies

Para verificar a importância relativa das variáveis ambientais avaliadas sobre a composição de espécies de mariposas Arctiinae foi realizada uma análise de correspondência canônica (CCA). A CCA examina as relações entre a composição da comunidade e a variação nas características ambientais e identifica os gradientes ambientais através dos quais as espécies estão distribuídas, isolando os gradientes ambientais dominantes que estrutura a comunidade inteira (ter Braak, 1987). Desta forma, as relações entre os fatores ambientais e a abundância de cada espécie podem ser representadas em eixos de ordenação, onde as espécies e as unidades amostrais são representadas por pontos e as variáveis explanatórias por setas. As localizações das espécies e das unidades amostrais em relação às setas indicam as características ambientais relacionadas a estas (Palmer, 1993). A direção que uma seta aponta indica a máxima correlação entre a composição de espécies e a variável explanatória que a seta representa e o comprimento da seta é proporcional à influência relativa da variável na estrutura da comunidade (ter Braak, 1987).

As espécies raras (com menos de 10 indivíduos) foram excluídas da matriz faunística da CCA. De acordo com Marchant (1999), a exclusão das espécies raras não afeta a conclusão da análise, já que estas geram apenas informação redundante no conjunto de dados. As abundâncias das 24 espécies incluídas na matriz faunística foram transformadas ($\log+1$) para diminuir os desvios causados por alguns poucos valores de abundância muito elevados.

Para testar a hipótese nula de que as variáveis explanatórias não explicam mais da variação da composição de espécies de mariposas do que o esperado ao acaso, foram feitas 1000 aleatorizações dos resíduos da CCA com o teste de Monte Carlo. O valor de p foi calculado como a proporção dos valores aleatorizados que foram maiores que os valores verdadeiros (não aleatorizados) da estatística F , usada na CCA. Também foi calculada a porcentagem de explicação (r^2) de cada variável explanatória para os dois primeiros eixos de ordenação, pois estes foram os que melhor explicaram a variação nos dados. Esta porcentagem de explicação foi calculada com a função “envfit” do pacote “vegan” no programa R (The R Development Core Team 2010). Esta função também faz testes de aleatorizações para testar a significância do r^2 para cada variável explanatória.

RESULTADOS

Um total de 1300 indivíduos representando 62 espécies de mariposas Arctiinae foi amostrado nas 29 parcelas. A riqueza de mariposas nas parcelas variou de seis a 22 espécies e a abundância de 13 a 81 indivíduos (Anexo 1). Com relação às plantas arbóreas e arbustivas, foram registrados no total 689 indivíduos e 80 espécies. A riqueza de plantas nas parcelas variou de uma a 27 espécies e a densidade de dois a 58 indivíduos (Anexo 1). O coeficiente de variação do perímetro das plantas lenhosas variou de 23,57 a 67,82, e o coeficiente de variação da altura das plantas lenhosas variou de 16,48 a 131,81. A intensidade de predação variou de 5,21 a 21,27 (Anexo 1).

Autocorrelação espacial

Não houve autocorrelação espacial nos resíduos. Foi encontrado um valor de $p > 0,05$ para as classes do correlograma espacial.

Determinantes da riqueza de mariposas Arctiinae

Os três primeiros modelos selecionados pelo critério de Akaike apresentaram um valor de Δi menor do que dois (Tabela 2). Desta forma, os resultados foram avaliados de acordo com a inferência do modelo médio (Tabela 3). O modelo médio explicou 39% da variância total. No modelo médio, a riqueza de plantas arbóreas e arbustivas foi o melhor preditor e apresentou uma correlação positiva com a riqueza de mariposas Arctiinae, explicando 34% da variância (Tabela 3). O valor de importância desta variável foi três vezes maior do que o das demais. A intensidade de predação e a cobertura de herbáceas foram selecionadas no primeiro e segundo modelo, respectivamente, mas apresentaram um valor de importância bem inferior em comparação com a riqueza de plantas arbóreas e arbustivas (Tabela 3).

Tabela 2. Valores de Δi e w_i para os três primeiros modelos que tiveram um valor de Δi menor do que dois. Riqueza de plantas arbóreas e arbustivas (Riq_arb).

Modelos	Δi	w_i	r^2
Riq_arb	0	0,302	0,345
Riq_arb e Intensidade de Predação	1,65	0,132	0,368
Riq_arb e Cobertura de Herbáceas	1,85	0,120	0,364

Tabela 3. Valor de importância (somatório dos valores de w_i de todos os modelos onde cada variável está presente) e os valores dos coeficientes ponderados pelo valor de w_i do modelo médio. Riqueza de plantas arbóreas e arbustivas (Riq_arb). Coeficiente de variação da altura (CV_altura) e do perímetro (CV_perímetro) das plantas arbóreas e arbustivas.

Variáveis ambientais	Importância	Coeficiente	r^2
Riq_arb	0,978	0,341	0,34
Intensidade de Predação	0,315	-0,187	0,023
Cobertura de Herbáceas	0,279	0,057	0,019
CV_altura	0,213	-0,011	0,007
CV_perímetro	0,198	0,013	0,001
R²			0,39

Determinantes da composição de espécies

A hipótese nula de que não há relação entre a composição de espécies e as variáveis explanatórias foi rejeitada, pois a relação entre a matriz faunística e a matriz ambiental foi significativa ($p = 0,001$). As variáveis explanatórias avaliadas explicaram uma alta porcentagem (78%, $p = 0,001$) da variação da composição de espécies, sendo que o primeiro e o segundo eixos explicaram 54% e 24% da variação da matriz faunística, respectivamente. O coeficiente de variação do perímetro das plantas arbóreas e arbustivas foi a única variável que não se correlacionou com os primeiros eixos de ordenação da CCA (Tabela 4). Esta variável foi correlacionada somente com o quarto eixo de ordenação. As demais variáveis explanatórias avaliadas foram altamente correlacionadas com o primeiro e segundo eixos de ordenação e influenciaram significativamente a composição de espécies (Tabela 4). A riqueza de árvores e arbustos apresentou o maior valor de correlação com o primeiro eixo de ordenação da CCA,

seguida cobertura de herbáceas, intensidade de predação e pelo coeficiente de variação da altura das plantas arbóreas e arbustos (Tabela 4).

Tabela 4. Correlações entre as variáveis ambientais e os dois primeiros eixos de ordenação resultantes da análise de correspondência canônica, descrevendo a relativa importância de cada variável explanatória na estruturação da composição de espécies de mariposas Arctiinae. Coeficiente de variação da altura (CV_altura) e do perímetro (CV_perímetro) das plantas arbóreas e arbustivas.

Variáveis	Correlações		
	Eixo 1	Eixo 2	r ²
Riqueza de árvores e arbustos	-0,93	0,11	0,70*
Cobertura de herbáceas	0,74	0,30	0,48*
Intensidade de predação	0,59	-0,56	0,46*
CV_altura	-0,49	-0,41	0,27*
CV_perímetro	0,15	0,41	0,10

* = p < 0,05

A ordenação da CCA separou claramente a composição de espécies de mariposas Arctiinae pertencentes a cada fitofisionomia vegetal. Esta separação representou o gradiente decrescente de densidade de vegetação arbórea e arbustiva (cerrado *sensu stricto*, campo cerrado e campo sujo). A fitofisionomia cerrado *sensu stricto* foi positivamente correlacionada com a riqueza de plantas arbóreas e arbustivas (posicionada na parte superior do lado esquerdo do diagrama) e com o coeficiente de variação da altura de plantas arbóreas e arbustivas (posicionado na parte inferior do lado esquerdo do diagrama) (Figura 1). A fitofisionomia campo cerrado foi positivamente associada com todas as variáveis explanatórias, mas principalmente com a cobertura de herbáceas (posicionada na parte superior do lado direito do diagrama) e com a riqueza de plantas arbóreas e arbustivas (Figura 1). A fitofisionomia campo sujo apresentou

uma separação clara com as demais fitofisionomias e foi positivamente associada com a cobertura de herbáceas (posicionada na parte superior do lado direito do diagrama), mas principalmente com a intensidade de predação (posicionada na parte inferior do lado direito do diagrama) (Figura 1).

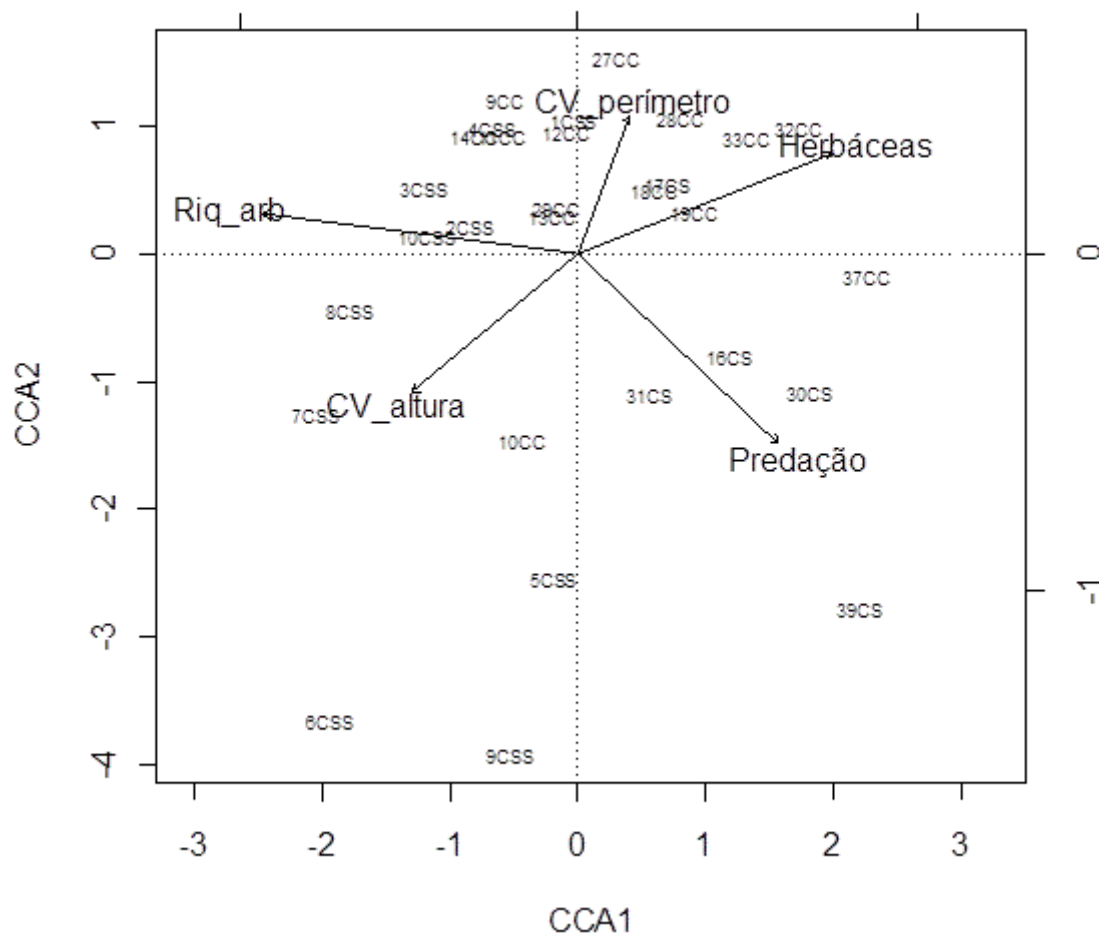


Figura 1. Diagrama de ordenação da análise de correspondência canônica entre a fauna de mariposas Arctiinae e cinco variáveis ambientais de 29 parcelas que representam um gradiente decrescente de densidade de plantas lenhosas: cerrado *sensu stricto* (CSS), campo cerrado (CC) e campo sujo (CS). Riq_arb significa riqueza de plantas arbóreas e arbustivas. Coeficiente de variação da altura (CV_alt) e do perímetro (CV_per) de plantas arbóreas e arbustivas. Cobertura de herbáceas (Herb).

DISCUSSÃO

Determinantes da riqueza de mariposas Arctiinae

A variável ambiental mais importante na determinação da riqueza de mariposas Arctiinae na área de Cerrado avaliada nesse estudo foi a riqueza de plantas arbóreas e arbustivas. Outros trabalhos também encontraram que a variável que melhor explica a riqueza de espécies de Lepidoptera (Panzer & Schwartz, 1998; Usher & Keiller, 1998; Beck *et al.*, 2002) e de outros herbívoros (Panzer & Schwartz, 1998; Lewinsohn & Roslin, 2008; Schuldt *et al.*, 2010) é a riqueza da vegetação. Uma maior riqueza de vegetação geralmente proporciona uma maior disponibilidade e variedade de recursos (Usher & Keiller, 1998) e está associada à habitats estruturalmente mais heterogêneos, o que gera uma maior variedade de nichos, possibilitando que mais espécies de mariposas Arctiinae coexistam. Habitats com vegetação mais rica fornecem uma maior variedade de flores para os adultos de Arctiinae (que são nectarívoros), de locais de oviposição para as fêmeas e de alimento para as larvas (que são na maioria folívoras) e mais abrigos contra inimigos naturais e contra fatores abióticos desfavoráveis.

Outra variável ambiental que influenciou, ainda que muito fracamente, a riqueza de espécies de mariposas foi a intensidade de predação. A relação desta variável ambiental com a riqueza de Arctiinae foi negativa, assim como o encontrado por Sih *et al.* (1985) e Spiller & Schoener (1998). Para nosso conhecimento, esse é o primeiro estudo que avaliou o efeito da intensidade de predação sobre riqueza e composição de Arctiinae. Cabe ressaltar que a intensidade de predação em lagartas artificiais obtida neste trabalho não reflete a intensidade real de predação sobre lagartas e outros estágios de desenvolvimento de Arctiinae. Entretanto, a metodologia de lagartas artificiais fornece medidas relativas da predação em diferentes habitats (Koh & Menge, 2006). As

lagartas “verdadeiras” são morfologicamente, quimicamente e comportamentalmente distintas das lagartas artificiais e podem não apresentar a mesma abundância ou não serem encontradas nas mesmas espécies de plantas hospedeiras utilizadas para colar as lagartas artificiais. Todos esses fatores afetam a taxa de encontro e reconhecimento/aceitação da presa pelos predadores, podendo gerar intensidades de predação diferentes nas situações naturais e artificiais. Além disso, a maioria das larvas de Arctiinae é protegida tanto fisicamente (cerdas, Wagner, 2009) quanto quimicamente (através do seqüestro de compostos secundários, principalmente alcalóides pirrolizidínicos, da planta hospedeira durante a fase larval e transferência destes compostos para os demais estágios de desenvolvimento, tornando este herbívoro impalatável a algumas espécies de predadores (Weller *et al.*, 1999). Sabe-se também que apesar de alguns grupos de predadores (aves e aranhas) consumirem vários estágios de desenvolvimento de uma mesma espécie de inseto outros predadores utilizam somente um estágio. Morcegos, por exemplo predam adultos de mariposas (Hristov & Conner, 2005), mas a intensidade de predação em adultos não foi avaliada neste estudo. Ainda, a riqueza de espécies de predadores (Schmitz, 2007), a competição entre as presas (Chase *et al.*, 2002), a competição e predação entre predadores (Schmitz, 2007; Finke & Denno, 2002), o nível de agressividade e o modo de forrageamento do predador (Schmitz, 2007), entre outros fatores também poderiam afetar a relação entre a intensidade de predação e a riqueza de espécies de presas. No futuro, seria interessante investigar com mais detalhamento (envolvendo, por exemplo, medidas de predação em todos os estágios de desenvolvimento das mariposas e medidas de riqueza, abundância de predadores) a relação entre riqueza de Arctiinae e intensidade de predação.

A cobertura de plantas herbáceas foi outra variável ambiental que apresentou um fraco poder de explicação na riqueza de Arctiinae, apresentando relação positiva.

Esperava-se que as plantas herbáceas tivessem uma maior influência na riqueza destas mariposas porque muitas de suas espécies se alimentam de uma grande variedade de espécies de plantas herbáceas na fase larval (Kitching *et al.*, 2000; Hilt & Fiedler, 2006; Wagner, 2009) e porque Ferro & Romanowski (2012) observaram uma elevada riqueza de espécies de Arctiinae em vegetação campestre no bioma Campos Sulinos. Uma das possíveis explicações para esse resultado é que, no Cerrado, a distribuição das chuvas é altamente sazonal (80% do bioma apresenta de cinco a sete meses de seca durante o inverno) (Dias, 1996) e boa parte da vegetação herbácea seca durante a estação seca, tornando-se um recurso alimentar de pior qualidade para as larvas (o que não ocorre nos Campos Sulinos). Outra explicação dos Arctiinae que ocorrem no Cerrado estarem mais associadas com as espécies de plantas lenhosas seria que ambientes pobres nestas plantas, mas ricos em vegetação herbácea (por exemplo, a fitofisionomia de campo sujo) propiciam um microclima menos ameno (maior insolação/temperatura e velocidade do vento e menor umidade, por exemplo) e instável (com maior flutuação temporal) para as mariposas do que ambientes com mais espécies de árvores e arbustos. Contudo, acredita-se que a explicação mais plausível é que ambientes com maiores coberturas de plantas herbáceas conferem maior risco de predação aos Arctiinae, como observado neste estudo. Sendo assim, ambientes mais complexos, com menor cobertura de plantas herbáceas e maior riqueza de plantas lenhosas fornecem mais refúgios contra os inimigos naturais. Diniz & Morais (1997) encontraram uma alta riqueza de lagartas de Lepidoptera, inclusive de Arctiinae, que constroem abrigos com as folhas de espécies de arbóreas que ocorrem no Cerrado (Diniz & Morais, 1997). De acordo com estas autoras, os abrigos construídos pelas lagartas são mecanismos de proteção contra a forte pressão seletiva que os predadores, principalmente os associados a nectários extraflorais

(por exemplo, formigas), exercem sobre elas, além destes abrigos também proporcionar uma proteção contra a dessecação devido a forte estação seca que ocorre neste bioma.

O modelo selecionado na análise de regressão múltipla explicou cerca de 40% da variação da riqueza, o que indica que outras variáveis ambientais não testadas neste estudo são importantes e devem ser exploradas no futuro. Essas variáveis podem estar relacionadas com o microclima (temperatura, umidade do ar, velocidade do vento), com a frequência e intensidade de queimadas, com o tipo de solo, com as interações bióticas (predação e parasitismo em vários estágios de desenvolvimento das mariposas) e com a vegetação (diversidade funcional, riqueza de plantas herbáceas, produtividade, riqueza de plantas utilizadas por espécies de Arctiinae tanto na fase larval quanto adulta). Contudo, para obter muitas dessas variáveis é necessário investir em pesquisa básica sobre a história natural desse grupo de mariposas (uso de plantas, interações com inimigos naturais e competidores, etc.), pois essas informações não são conhecidas para a grande maioria das espécies neotropicais.

Determinantes da composição de espécies

Ao contrário dos resultados para a riqueza de espécies de mariposas Arctiinae em que somente a variável riqueza de plantas arbóreas e arbustivas determinou a variação dos dados, todas as variáveis ambientais explicaram a variação da composição de espécies. Este resultado se deve ao fato da CCA levar em consideração não somente o número ou a abundância relativa das espécies, mas também a identidade de cada espécie (ter Braak, 1987). Desta forma, cada espécie é influenciada pelas variáveis que melhor determinam sua ocorrência no ambiente.

A composição de espécies mostrou uma separação clara ao longo do gradiente de densidade de vegetação lenhosa. A fauna de Arctiinae pertencente a fitofisionomia

de cerrado *sensu stricto* foi positivamente associada com a riqueza de lenhosas e com o coeficiente de variação da altura de lenhosas. De fato, dentre as fitofisionomias amostradas, o cerrado *sensu stricto* é a que apresenta maior densidade de indivíduos mais altos e maior riqueza destas espécies de plantas (Oliveira-Filho & Ratter, 2002). O campo cerrado se situa na porção intermediária do gradiente de vegetação de herbáceas e lenhosas entre as fitofisionomias vegetais campo sujo e cerrado *sensu stricto* (Oliveira-Filho & Ratter, 2002). Isto foi refletido na associação da fauna pertencente a esta fitofisionomia com todas as variáveis explanatórias avaliadas, principalmente com a cobertura de herbáceas e com a riqueza de plantas lenhosas. A fauna do campo sujo foi positivamente associada com a cobertura de herbáceas e fortemente associada com a intensidade de predação no hábitat. Este resultado se deve ao fato de que a intensidade de predação é maior em formações vegetais menos estruturalmente complexas já que a baixa disponibilidade de refúgios para as presas possibilita aos predadores encontrarem com maior facilidade os seus recursos (Jeffries & Lawton, 1984). Desta forma, a pressão imposta pelos inimigos naturais também é importante na separação da composição de espécies de Arctiinae no ambiente.

No bioma Campos Sulinos, Ferro & Melo (2011) demonstraram que as assembléias de mariposas Arctiinae foram separadas em três subregiões geográficas, que correspondem a subunidades de vegetação e variação climática entre as localidades. Os principais fatores responsáveis pela separação destas três subregiões foram a altitude, a temperatura, e a precipitação (Ferro & Melo, 2011). Para duas famílias de borboletas (Nymphalidae e Ithomiinae) e uma de mariposa (Saturniidae), Brown Jr. & Gifford (2002), revelaram que as principais variáveis ambientais que separaram as assembleias de espécies em subregiões geográficas foram o mosaico de vegetação do Cerrado, a variação na temperatura, a duração da estação seca anual, o índice

pluviométrico, o mosaico do solo e a altitude. Todos estes resultados comprovam que os Lepidoptera respondem com muita sensibilidade as alterações ambientais e podem ser usados como um grupo bioindicador em monitoramentos de ecossistemas (Brown Jr., 1997; Kitching *et al.*, 2000; Ferro & Romanowski, 2012).

A riqueza de plantas arbóreas e arbustivas foi a principal responsável pela variação na composição de espécies de mariposas Arctiinae no Cerrado. Esse resultado já era esperado porque a maioria das espécies de Arctiinae são polípagas (Singer & Bernays, 2009) e necessitam de uma maior variedade de plantas hospedeiras. Ober & Hayes (2010) também encontraram que a riqueza de espécies de arbustos, e a riqueza de espécies de árvores do sub-bosque foram as variáveis que melhor determinaram a variação na composição de espécies de várias famílias de mariposas. Estes resultados reforçam o fato de que esta ordem de insetos herbívoros é bastante dependente da variação da produção primária (mecanismo bottom-up, Hunter & Price, 1992).

A cobertura de herbáceas foi a segunda variável mais determinante da composição de espécies de mariposas Arctiinae. Esse resultado já era esperado porque muitas espécies desta subfamília de mariposas se alimentam de uma grande variedade de herbáceas na fase larval (Wagner, 2009). As espécies mais associadas a esta variável ocorrem com mais frequência no campo cerrado e no campo sujo. De fato, estas formações vegetais apresentam maior densidade de herbáceas do que o cerrado *sensu stricto* (Oliveira-Filho & Ratter, 2002). Brown Jr. & Gifford (2002), também encontraram que, em escalas locais, as variáveis relacionadas com o mosaico da vegetação (herbácea, arbustiva e arbórea) são as principais que estruturam a variação na composição de espécies de mariposas Saturniidae e de borboletas Heliconiini, Ithomiinae e Nymphalidae. Desta forma, o mosaico de vegetação que ocorre no cerrado *sensu lato* que se estende desde fitofisionomias campestres com grande predominância

de espécies herbáceas até fitofisionomias savânicas onde predominam as espécies de lenhosas (Oliveira-Filho & Ratter, 2002) fornecem distintos recursos que podem abrigar uma grande variação na composição de espécies de Lepidoptera (Brown Jr. & Gifford, 2002; Ferro & Diniz, 2007) e de outros animais (Silva *et al.*, 2006).

Além do mecanismo bottom-up (riqueza de arbóreas e densidade de herbáceas) o mecanismo top-down (intensidade de predação) também foi importante na determinação da composição de espécies de mariposas Arctiinae. Pode ser que as espécies que ocorrem em locais onde a intensidade de predação é maior (neste caso foi no campo sujo) necessitam das plantas hospedeiras que somente ocorrem ou que são mais frequentes nestes locais. Tais espécies de mariposas devem conseguir persistir nestes ambientes por apresentarem mecanismos de defesa bastante eficientes contra os predadores (Jeffries & Lawton, 1984). Por exemplo, a espécie especialista, *Utetheisa ornatrix* (Linnaeus, 1758), que se alimenta somente de plantas herbáceas do gênero *Crotalaria* (Fabaceae) (Ferro *et al.*, 2006) foi positivamente associada com a cobertura de herbáceas e com a intensidade de predação. Esta espécie deve conseguir persistir (em maiores abundâncias) em locais onde a intensidade de predação é alta porque ela é fortemente especializada em sequestrar compostos secundários (alcalóides pirrolizidínicos) de sua planta hospedeira que a torna impalatável a várias espécies de predadores (exemplos, besouros coccinelídeos (Dussourd *et al.*, 1988), aranhas (*Lycosa ceratiola*, Eisner & Eisner, 1991) e (*Nephila clavipes*, Ferro *et al.*, 2006), crisopídeos (Eisner *et al.*, 2000) e morcegos insetívoros (Hristov & Conner, 2005)). *U. ornatrix* adaptou a se alimentar principalmente das sementes das vagens de *Crotalaria* porque as sementes apresentam bem maiores conteúdos de alcalóides pirrolizidínicos do que as folhas. Desta forma, esta especialidade alimentar confere uma maior proteção química para as lagartas desta espécie de mariposa (Ferro *et al.*, 2006).

Apesar de todas as variáveis terem apresentado um forte poder de explicação, indicando que houve uma clara separação da composição de espécies entre as localidades, algumas espécies foram dispostas na porção central do diagrama de ordenação. Isto indica que tais espécies não foram relacionadas com alguma variável explanatória em específico. Desta forma, estas espécies são abundantes e frequentes na maioria dos locais que apresentam as características de todas as variáveis ambientais avaliadas, podendo ser consideradas como generalistas de hábitat (Jonsen & Fahrig, 1997). Os principais benefícios para tais espécies são, por exemplo, a possibilidade de otimizar a qualidade da dieta através da ingestão de distintos nutrientes e metabólitos secundários das plantas hospedeiras e a possibilidade de evitarem riscos ecológicos, tais como os ataques dos inimigos naturais ou os estresses abióticos (Singer & Bernays, 2009).

Com os resultados de que a composição de espécies de mariposas Arctiinae é influenciada tanto pela vegetação arbórea e arbustiva quanto pelas herbáceas pode-se sugerir que a conservação de todas as formações vegetais que ocorrem no Cerrado é importante para assegurar a preservação de uma maior variabilidade de espécies. Vários fatores podem destruir a vegetação nativa do Cerrado (exemplos: desmatamentos para a expansão da agricultura e pecuária, Klink & Machado, 2005, intensos focos de incêndio e invasões de espécies exóticas, Mistry, 1998) e consequentemente afetar as espécies de animais que estão relacionadas com ela.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Axmacher, J.C., Brehm, G., Hemp, A., Tunte, H., Lyaruu, H.V.M., Muller-Hohenstein, K. & Fiedler, K. (2009) Determinants of diversity in afrotropical herbivorous insects (Lepidoptera: Geometridae): plant diversity vegetation structure or abiotic factors? *Journal of Biogeography*, **36**: 337-349.
- Bazzaz, F.A. (1975) Plant species diversity in old-field successional ecosystems in Southern Illinois. *Ecology*, **56**, 485-488.
- Beck, J., Schulze, C.H., Linsenmair, K.E. & Fiedler, K. (2002) From forest to farmland: diversity of geometrid moths along two habitat gradients on Borneo. *Journal of Tropical Ecology*, **18**, 33-51.
- Begon, M., Townsend, C.R. & Harper, J.L. (2006) Ecology: from individuals to ecosystems. Blackwell Publishing, UK.
- Brehm, G., Homeier, J. & Fiedler, K. (2003) Beta diversity of geometrid moths (Lepidoptera: Geometridae) in an Andean montane rainforest. *Diversity and Distributions*, **9**, 351-366.
- Brehm, G. (2009) Patterns of Arctiid diversity. *Tiger Moths and Wolly Bears. Behavior, Ecology and Evolution of the Arctiidae*. (ed. by W. E. Conner). Oxford University Press, New York, USA.
- Brown Jr., K.S. (1997) Diversity, disturbance, and sustainable use of Neotropical forests: insects as indicators for conservation monitoring. *Journal of Insect Conservation*, **1**, 25-42.
- Brown Jr., K.S. & Gifford, D.R. (2002). Lepidoptera in the Cerrado landscape and the conservation of vegetation, soil, and topographical mosaics. *The cerrados of Brazil. Ecology and natural history of a neotropical savanna* (ed. by P. S. Oliveira e R. J. Marquis), pp. 201-222. Columbia University Press, New York, U.S.
- Chase, J.M., Abrams, P.A., Grover, J.P., Diehl, S., Chesson, P., Holt, R.D., Richards, S.A., Nisbet, R.M. & Case, T.J. (2002) The interaction between predation and competition: a review and synthesis. *Ecology Letters*, **5**, 302–315.

- DeVries, P.J., Murray, D. & Lande, R. (1997) Species diversity in vertical, horizontal, and temporal dimensions of a fruit-feeding butterfly community in an Ecuadorian rainforest. *Biological Journal of the Linnean Society*, **62**, 343–364.
- Dias, B.F.S. (1996) Cerrados: uma caracterização. 11-25 pp. *Alternativas de Desenvolvimento dos Cerrados: Manejo e Conservação dos Recursos Naturais Renováveis*. (ed. by B.F.S. Dias). Brasília, Funatura.
- Diniz, I. R. & Morais, H.C. (1997) Lepidopteran caterpillar fauna of Cerrado host plants. *Biodiversity and Conservation*, **6**, 817-836.
- Diniz-Filho, J.A.F., Rangel, T.F. & Bini, L. M. (2008) Model selection and information theory in geographical ecology. *Global Ecology and Biogeography*, **17**, 479-488.
- Dussourd, D.E., Ubik, K., Harvis, C., Resch, J., Meinwald, J. & Eisner, T. (1988) Biparental defensive endowment of eggs with acquired plant alkaloid in the moth *Utetheisa ornatrix*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **85**, 5992-5996.
- Eisner, T. & Eisner, M. (1991) Unpalatability of the pyrrolizidine alkaloid-containing moth *Utetheisa ornatrix*, and its larva, to wolf spider. *Psyche*, **98**, 111-118.
- Eisner, T.M., Eisner, C., Rossini, V.K., Iyengar, B.L. Roach, E. Benedikt, & Meinwald, J. (2000) Chemical defense against predation in an insect egg. *Pnas*, **97**, 1634-1639.
- Ferro, V.G., Guimarães Jr., P.G. Trigo, J.R. (2006) Why do larvae of *Utetheisa ornatrix* penetrate and feed in pods of *Crotalaria* species? Larval performance vs. chemical and physical constraints. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **121**, 23–29.
- Ferro, V.G. & Diniz, I.R. (2007) Composição de espécies de Arctiidae (Insecta, Lepidoptera) em áreas de Cerrado. *Revista Brasileira de Zoologia*, **24**, 635-646.
- Ferro, V.G., & Melo, A.S. (2011) Diversity of tiger moths in a Neotropical hotspot: determinants of species composition and indentification of biogeographic units. *Journal of Insect Conservation*, **15**, 643-651.
- Ferro, V.G. & Romanowski, H.C. (2012) Diversity and composition of tiger moths (Lepidoptera: Arctiidae) in an area of Atlantic Forest in southern Brazil: is the fauna more diverse in the grassland or in the forest? *Zoologia*, **29**, 7-18.

- Finke, D.L. & Denno, R.F. (2002) Intraguild predation diminished in complex-structured vegetation: implications for prey suppression. *Ecology*, **83**, 643-652.
- França, H., Ramos-Neto, M.B. & Setzer, A. (2007). O fogo no Parque Nacional das Emas. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF.
- Goodland, R. & Pollard, R. (1973) The Brazilian Cerrado vegetation: A fertility gradient. *Journal of Ecology*, **61**, 219-224.
- Guisan, A. & Thuiller, W. (2005) Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, **8**, 993-1009.
- Hampson, G.F. (1898) Catalogue of the Lepidoptera Phalaenae in the British Museum. Printed by order of the Trustees, London, ENG.
- Hampson, G.F. (1900) Catalogue of the Lepidoptera Phalaenae in the British Museum. Printed by order of the Trustees, London, ENG.
- Hampson, G.F. (1901) Catalogue of the Lepidoptera Phalaenae in the British Museum. Printed by order of the Trustees, London, ENG.
- Hampson, G. F. (1914) Catalogue of the Lepidoptera Phalaenae in the British Museum, Printed by order of the Trustees, Supplement 1, London, ENG.
- Haysom, K.A. & Coulson, J.C. (1998) The Lepidoptera fauna associated with *Calluna vulgaris*: effects of plant architecture on abundance and diversity. *Ecological Entomology*, **23**, 377-385.
- Heppner, J.B. (1991) Faunal regions and the diversity of Lepidoptera. *Tropical Lepidoptera*, **2**, 1-85.
- Hilt, N. & Fiedler, K. (2006) Arctiid moth ensembles along a successional gradient in the Ecuadorian montane rain forest zone: how different are subfamilies and tribes? *Journal of Biogeography*, **33**, 108-120.
- Hristov, N., & Conner, W.E. (2005) Effectiveness of tiger moth (Lepidoptera, Arctiidae) chemical defenses against an insectivorous bat (*Eptesicus fuscus*). *Chemoecology*, **15**, 105-113.
- 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.

- Jeffries, M.J. & Lawton, J. H. (1984) Enemy free space and the structure of ecological communities. *Biological Journal of the Linnean Society*, **23**, 269–286.
- Jonsen, I.D. & Fahrig, L. (1997) Response of generalist and specialist insect herbivores to landscape spatial structure. *Landscape Ecology*, **12**, 185–197.
- Kitching, R.L., Orr, A.G., Thalib, L., Mitchell, H., Hopkins, M.S. & Graham, A.W. (2000) Moth assemblages as indicators of environmental quality in remnants of upland Australian rain forest. *Journal of Applied Ecology*, **37**, 284–297.
- Klink, C.A. & Machado, R.B. (2005) Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conservation Biology*, **19**, 707–713.
- Knops, J.M.H., Tilman, D., Haddad, N.M., Naeem, S., Mitchell, C.E., Haarstad, J., Ritchie, M.E., Howe, K.M., Reich, P.B., Siemann, E. & Groth, J. (1999) Effects of plant species richness on invasion dynamics, disease outbreaks, insect abundances and diversity. *Ecology Letters*, **2**, 286–293.
- Koh, L.P. & Menge, D.N.L. (2006) Rapid assessment of Lepidoptera predation rates in Neotropical forest fragments. *Biotropica*, **38**, 132–134.
- Kullberg, C. & Ekman, J. (2000) Does predation maintain tit community diversity? *Oikos*, **89**, 41–45.
- Legendre, P. & Legendre, L. (1998) Numerical Ecology. Second English edition. Elsevier Science B.V., Amsterdam. 853pp.
- Lewinsohn, T.M., Novotny, V. & Basset, Y. (2005) Insects on plants: diversity of herbivore assemblages revisited. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, **36**, 597–620.
- Lewinsohn, T.M. & Roslin, T. (2008) Four ways towards tropical herbivore megadiversity. *Ecology Letters*, **11**, 398–416.
- MacArthur, R.H. & MacArthur, J.W. (1961) On bird species diversity. *Ecology*, **42**, 594–598.
- Marchant, R. (1999) How important are rare species in aquatic community ecology and bioassessment? A comment on the conclusions of Cao et al. *Limnology and Oceanography*, **44**, 1840–1841.

- Menéndez, R., González-Megías, A., Collingham, Y., Fox, R., Roy, D.B., Ohlemuller, R. & Thomas, C.D. (2007) Direct and indirect effects of climate and habitat factors on butterfly diversity. *Ecology*, **88**, 605-611.
- Mistry, J. (1998) Fire in the Cerrado (savannas) of Brazil: an ecological review. *Progress in Physical Geography*, **22**, 425-448.
- Muirhead-Thompson, R. C. (1991) Trap responses of flying insects. Academic Press, London.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A.B. & Kent, J. (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, **403**, 853-858.
- Ober, H.K. & Hayes, J.P. (2010) Determinants of nocturnal Lepidopteran diversity and community structure in a conifer-dominated forest. *Biodiversity and Conservation*, **19**: 761-774.
- Oliveira-Filho, A.T. & Ratter, J.A. (2002). Vegetation physiognomies and Woody flora of the Cerrado Biome. *The Cerrados of Brazil. Ecology and natural history of a Neotropical savanna*. (ed. By. Oliveira, P.S. e R.J. Marquis), 91-120 pp. Columbia University Press, New York USA.
- Palmer, M.W. (1993) Putting things in even better order: the advantages of canonical correspondence analysis. *Ecology*, **74**, 2215-2230.
- Panzer, R. & Schwartz, M.W. (1998) Effectiveness of a vegetation-based approach to insect conservation. *Conservation Biology*, **12**, 693-702.
- Piñas-Rubio, F., Rab-Green, S., Onore, G. & Manzano, P.I. (2000) Mariposas Del Ecuador. Butterflies & moths of Ecuador. Family: Arctiidae, Subfamilias: Arctiinae y Pericopinae. Museo de Zoología, Centro de biodiversidad y ambient. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, EC.
- Piñas-Rubio, F. & Manzano, P.I. (2003) Mariposas del Ecuador, Arctiidae, Subfamilia: Ctenuchinae. Conpañia de Jesús, Quito, EC.
- Price, P.W., Bouton, C.E., Gross, P., McPherson, B.A., Thompson, J.N. & Neis, A.E. (1980) Interactions among three trophic levels: influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **11**, 41-65.

- Ramos-Neto M.B. (2000) O Parque Nacional das Emas (GO) e o fogo: implicações para a conservação biológica. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- Ramos-Neto, M.B. & Pivello, V.R. (2000) Lightning fires in a Brazilian savanna National Park: rethinking management strategies. *Environmental Management*, **26**, 675-684.
- Rangel, T.F., Diniz-Filho, J.A.F. & Bini, L.M. (2010) SAM: a comprehensive application for Spatial Analysis in Macroecology. *Ecography*, **33**, 46-50.
- Richards, S.A. (2005) Testing ecological theory using the information-theoretic approach: examples and cautionary results. *Ecology*, **86**, 2805–2814.
- Schmitz, O.J. 2007. Predator diversity and trophic interactions. *Ecology*, **88**, 2415-2426.
- Schuldt, A., Baruffol, M., Bohnke, M., Bruelheide, H., Hardtle, W., Lang, A.C., Nadrowski, K., von Oheimb, G., Voigt, W., Zhou, H. & Assmann, T. (2010) Tree diversity promotes insect herbivory in subtropical forests of south-east China. *Journal of Ecology*, **98**, 917-926.
- Scoble, M.J. (1992) The Lepidoptera: Form, Function and Diversity. New York, Oxford University Press, 404p.
- Sih, A., Crowley, P., McPeck, M., Petranka, J. & Strohmeier, K. (1985) Predation, composition, and prey communities: A review of field experiments. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **16**, 269-311.
- Silva, J. F., Fariñas, M.R., Felfili, J.M. & Klink, C.A. (2006) Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil. *Journal of Biogeography*, **33**, 536-548.
- Singer, M.S. & Bernays, E.A. (2009). Specialized generalists: behavioral and evolutionary ecology of polyphagous wooly bear caterpillars. *Tiger Moths and Wolly Bears. Behavior, Ecology and Evolution of the Arctiidae*. (ed. by. W. E. Conner) Oxford University Press, New York, USA.
- Spiller, D.A. & Schoener, T.W. (1998) Lizards reduce spider species richness by excluding rare species. *Ecology*, **79**, 503-516.
- Schmitz, O.J. (2007) Predator diversity and trophic interactions. *Ecology*, **88**, 2415-2426.

- Ter Braak, J.F. (1987) The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. *Vegetatio*, **69**, 69-77.
- The R Development Core Team. (2010) R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>.
- Usher, M.B. & Keiller, S.W.J. (1998) The macrolepidoptera of farm woodlands: determinants of diversity and community structure. *Biodiversity and Conservation*, **7**, 725-748.
- Wagner, D.L. (2009). The immature stages: structure, function, behavior, and ecology. *Tiger Moths and Wolly Bears. Behavior, Ecology and Evolution of the Arctiidae*. (ed. by W. E. Conner), pp. 31-53. Oxford University Press, New York, USA.
- Waide, R.B., Willig, M.R., Steiner, C.F., Mittelbach, G., Gough, L., Dodson, S.I., Juday, G.P. & Parmenter, R. (1999) The relationship between productivity and species richness. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **30**, 257-300.
- Walker, M. & Jones, T.H. (2001) Relative roles of top-down and bottom-up forces in terrestrial tritrophic plant – insect herbivore – natural enemy systems. *Oikos*, **93**, 177-187.
- Watson, A., & Goodger, D. T. (1986) Catalogue of the Neotropical tiger-moths. *Occasional Papers on Systematic Entomology*, **1**, 1-70.
- Weller, S.J., Jacobson, N.L. & Conner, W.E. (1999) The evolution of chemical defences and mating systems in tiger moths (Lepidoptera: Arctiidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, **68**, 557-578.

ANEXO 1. Descrição das 29 parcelas amostradas no Parque Nacional das Emas. Riqueza (Riq_arb) e densidade (Dens_arb) de plantas arbóreas e arbustivas por 100m², coeficiente de variação das alturas (CV_alt) e coeficiente de variação dos perímetros na altura do solo (CV_per) de plantas arbóreas e arbustivas. Cobertura de herbáceas, isto é, número médio de quadrados de 10x10cm que apresentavam herbáceas (Herb) e intensidade de predação, medida como a porcentagem de modelos de massa de modelar com marcas de dano (Pred). Riqueza de espécies (Riq_Arct) e a abundância (Abun_Arct) das mariposas Arctiinae. Na primeira coluna, CSS indica cerrado *sensu stricto*, CC campo cerrado e CS campo sujo.

Código	Riq_arb	Dens_arb	CV_alt	CV_per	Herb	Pred	Riq_Arct	Abun_Arct
1CSS	5	44	81,96	61,95	60	5,21	15	47
2CSS	12	24	67,67	35,78	67	8,38	14	19
3CSS	21	51	61,05	45,47	61	7,30	20	54
4CSS	16	32	54,28	46,31	69	10,44	21	62
5CSS	13	23	61,75	31,02	82	13,33	13	25
6CSS	12	30	109,16	33,32	71	11,20	9	13
7CSS	18	42	119,13	48,59	53	9,75	18	80
8CSS	18	42	89,90	41,31	52	6,25	18	35
9CSS	12	37	78,48	45,39	44	11,94	15	44
10CSS	27	58	49,95	44,59	59	9,59	15	33
9CC	15	33	75,62	45,82	75	11,12	19	24
10CC	12	31	131,81	40,99	56	7,20	12	28
11CC	16	39	103,92	46,76	51	11,25	14	38
12CC	13	26	68,01	42,19	69	6,31	22	67
13CC	16	30	48,64	47,51	77	14,21	17	69
14CC	19	28	58,78	47,17	72	5,71	17	49
18CC	5	20	44,31	25,78	92	11,67	15	56
19CC	4	9	44,66	37,46	85	12,39	11	58
27CC	10	19	73,29	67,82	81	8,35	14	46
28CC	5	8	33,02	31,70	85	7,50	18	61
29CC	6	8	25,37	35,88	85	12,02	15	26
32CC	4	19	51,03	88,53	77	7,24	10	19
33CC	6	10	69,43	63,76	81	17,48	14	81
37CC	4	6	59,88	45,23	74	12,80	10	34
16CS	2	4	52,11	51,51	74	18,92	10	29
17CS	3	4	63,69	51,51	81	12,32	15	46
30CS	1	2	16,48	23,57	75	11,15	6	23
31CS	2	3	48,55	45,69	83	18,50	8	20
39CS	2	7	77,84	43,69	84	21,27	14	49

CONCLUSÕES GERAIS

- Os novos registros de Arctiinae encontrados para o Estado de Goiás e para o bioma Cerrado indicam que o PNE abriga uma fauna ainda desconhecida e intensifica a importância de se conservar as formações vegetais que ocorrem em sua área e nos poucos fragmentos de Cerrado que restaram na região.

- As formações vegetais mais estruturalmente complexas apresentaram maior riqueza de espécies, corroborando a hipótese da complexidade ambiental, que prediz que os habitats mais estruturalmente complexos fornecem maior diversidade de recursos, maior amplitude microclimática e maior quantidade de refúgios para as presas permitindo que mais espécies coexistam.

- Por possuir um microclima, tipos de solo e a maioria das espécies vegetais distintos do cerrado *sensu lato*, a mata estacional semidecídua apresentou uma composição de espécies de mariposas bastante dissimilar das demais formações vegetais. A dissimilaridade na composição de espécies de Arctiinae entre as formações do cerrado *sensu lato* seguiu um gradiente de densidade arbórea desde o campo sujo, passando pelo campo cerrado até o cerrado *sensu stricto*. Também foi encontrada uma relação positiva entre a similaridade da fauna e flora. Todos estes resultados comprovam que os arctíneos são um grupo de insetos bastante sensível a alterações nas características da vegetação.

- A intensidade de predação foi maior na formação vegetal menos estruturalmente complexa. Esse resultado era esperado porque as presas são mais vulneráveis tanto física quanto quimicamente aos predadores e parasitóides em habitats estruturalmente simples. Desta forma, a hipótese de que habitats mais estruturalmente

complexos fornecem mais refúgios para as presas contra a pressão imposta por seus inimigos naturais foi corroborada.

- A riqueza de plantas arbóreas e arbustivas foi a única variável determinante da riqueza de espécies de mariposas Arctiinae. Isso provavelmente é devido a uma maior disponibilidade de recursos alimentares e refúgios para as mariposas em habitats mais ricos em espécies vegetais. Além disso, outros benefícios fornecidos pela maior riqueza de arbóreas, como por exemplo, maior sombreamento, maior produtividade, diminuição do impacto das plantas invasoras e de plantas com patógenos, também contribuem para que haja uma maior disponibilidade de plantas mais saudáveis em um microclima mais ameno que permitem que uma maior quantidade de espécies consiga explorar seus recursos.

- A riqueza de plantas arbóreas e arbustivas foi a variável mais correlacionada com a composição de espécies de mariposas Arctiinae, seguida pela altitude, cobertura de herbáceas, intensidade de predação e pelo coeficiente de variação da altura de plantas arbóreas e arbustivas. A riqueza de lenhosas foi muito correlacionada com a composição de espécies que ocorrem em cerrado sensu stricto. A composição da fauna que ocorre no campo cerrado foi correlacionada com todas as variáveis ambientais avaliadas. Esse resultado demonstra que esta formação vegetal apresenta um gradiente com características intermediárias entre as variáveis avaliadas. A composição da fauna que ocorre no campo sujo foi fortemente associada com a variável intensidade de predação. Sugere-se que estas espécies devam ter uma forte associação com as plantas hospedeiras que ocorrem nesta formação vegetal. Para que consigam sobreviver nestes ambientes, estas espécies devem apresentar mecanismos de defesa contra a pressão imposta pelos inimigos naturais.

- Apesar da maioria das espécies de mariposas Arctiinae ter sido mais relacionada com a riqueza de arbóreas, a densidade de herbáceas também foi uma variável que apresentou forte poder de explicação na variação da composição de espécies. Este resultado era esperado porque muitas espécies destas mariposas se alimentam de uma grande variedade de herbáceas na fase larval. Isto indica que cada formação vegetal que ocorre no Cerrado apresenta uma composição de espécies distinta, o que também foi encontrado por outros autores. Desta forma é necessário que se invista em planos de conservação de todo o gradiente de vegetação que ocorre neste bioma para garantir a preservação de uma maior variedade de espécies.