

Universidade Federal de Uberlândia

Instituto de Biologia

**Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos
Naturais**

**INFLUÊNCIA AMBIENTAL NA MORFOMETRIA DE
INSETOS**

Kleber Cleanto Faria Lemes Souto

2011

Kleber Cleanto Faria Lemes Souto

**INFLUÊNCIA AMBIENTAL NA MORFOMETRIA DE
INSETOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

Orientadora
Prof^ª. Dr^ª Cecília Lomônaco de Paula

UBERLÂNDIA
Fevereiro 2011

Kleber Cleanto Faria Lemes Souto

**INFLUÊNCIA AMBIENTAL NA MORFOMETRIA DE
INSETOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ecologia e conservação de Recursos Naturais.

APROVADA EM dia/mês/ ano

Prof. Dr. Carlos Henrique Marchiori IFG (instituto Federal Goiano)

Prof Dr. Marcus Vinicius Sampaio ICIAG - UFU

Prof^ª. Dr^ª Cecília Lomônaco de Paula
UFU
(Orientadora)

UBERLÂNDIA
Fevereiro 2011

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

(CIP) Sistema de Bibliotecas da UFU, MG,

Brasil.

S728i Souto, Kleber Cleanto Faria Lemes, 1977-
Influência ambiental na morfometria de insetos
[manuscrito] / Kleber Cleanto Faria Lemes Souto. - 20110.
55 f. : il.

Orientador: Cecília Lomônaco de Paula.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e
Conservação de Recursos Naturais.

Inclui bibliografia.

1. Inseto - Teses. I. Paula, Cecília Lomônaco de.
II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-
Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.
III. Título.

CDU: 595.7

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por tudo que me foi dado e por me dar forças quando tudo parecia estar sem respostas.

Agradeço a minha família, pela paciência e a minha namorada Camila, por estar ao meu lado nos momentos difíceis que passamos.

Agradeço à CAPES, pela bolsa de estudos.

Agradeço à Dr^a Cristiane Dias Pereira, por permitir minha participação em seu projeto de pós-doutorado e por me ensinar a identificar certos grupos de insetos.

Agradeço ao Prof. Dr. Kleber Del-Claro pelos conselhos antes e durante o mestrado.

Agradeço à Universidade Federal de Uberlândia, pelo apoio e estruturas dadas para a realização deste trabalho e também aos professores, por todo conhecimento adquirido durante o curso.

Agradeço, em especial, à Professora Cecília Lomônaco, pelo voto de confiança, pela atenção dada e por me ajudar a superar mais esta etapa da minha vida.

*Dedico este trabalho à minha
avó Benedita Faria Lemes (in
memoriam).*

ÍNDICE

RESUMO GERAL.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1

CAPÍTULO 1

Tamanho, simetria, variação populacional e razão sexual de *Euxesta stigmatias* Loew e *Euxesta sororcula* Wiedemann (Diptera: Otitidae = Ulidiidae) em uma reserva natural e em um pomar comercial de Goiaba em Uberlândia – MG

RESUMO.....	5
ABSTRACT.....	6
INTRODUÇÃO.....	7
MATERIAL E MÉTODOS.....	8
Locais de Coletas.....	8
Organismos Estudados.....	9
Coletas e Tratamentos do Material Biológico.....	10
Medidas Morfométricas.....	10
Análises Estatísticas.....	11
RESULTADOS.....	12
Variação Mensal e Razão Sexual.....	12
Tamanho Corporal.....	15
Assimetria Flutuante.....	18
DISCUSSÃO.....	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22
ANEXOS.....	28

CAPITULO 2

Ação de fatores ambientais na morfometria de *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae) e do hiperparasitóide *Alloxysta fuscicornis* (Hymenoptera: Figitidae).

RESUMO.....	32
ABSTRACT.....	33
INTRODUÇÃO.....	34
MATERIAL E MÉTODOS.....	35
Organismos Estudados.....	35
Metodologia de Coleta.....	36
Análises Estatísticas.....	38
RESULTADOS.....	39
DISCUSSÃO.....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
ANEXOS.....	53
CONCLUSÕES GERAIS.....	55

ÍNDICE DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1 – Correlação Climatograma com as variáveis climáticas da Fazenda Experimental do Glória no ano de 2007o de Pearson entre número de indivíduos de *Euxesta stigmatias* e *Euxesta sororcula* coletados por mês e fatores climáticos.....15

Tabela 2 - Três primeiros componentes principais da matriz de correlação de três medidas de asas de *Euxesta stigmatias* e *Euxesta sororcula*.....15

Tabela 3 – Correlação de Pearson entre os índices de tamanho de *Euxesta stigmatias* e *Euxesta sororcula* e fatores climáticos (temperatura média, umidade relativa, pluviosidade) (valor significativo em negrito).....16

Tabela 4 – ANOVA para dois fatores (sexo*local) do índice multivariado de tamanho de *Euxesta stigmatias* e *Euxesta sororcula* (valores significativos em negrito).....18

Tabela 5 – Correlação de Spearman entre os índices multivariados de tamanho e os valores de Assimetria Flutuante para *Euxesta stigmatias* e *Euxesta sororcula* nas duas áreas de coleta: Fazenda Água Limpa e Estação Ecológica do Panga.....19

Capítulo 2

Tabela 1 - Componentes principais da matriz de correlação de medidas morfométricas do pulgão de *Brevicoryne brassicae* mumificado e do hiperparasitóides *Alloxysta fuscicornis*.....40

Tabela 2 – Matriz de correlação de Spearman (r_s) entre tamanho, largura da múmia e densidade de *Brevicoryne brassicae*, tamanho e assimetria flutuante (AF) do hiperparasitóide *Alloxysta fuscicornis* e variáveis climáticas (temperatura média, precipitação mensal). (Valores de probabilidade entre parênteses e correlações significativas em negrito. Para todas as análises $n = 71$).....44

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 1

Figura 1. Medidas morfométricas efetuadas: segmento 0-1, segmento 0-2, segmento 0-3 (A: célula anal; R: porção distal da veia R ₄₊₅ ; J: junção da veia m com M ₃ + Cu ₁).....	11
Figura 2 – Variação mensal de <i>Euxesta stigmatias</i> e <i>Euxesta sororcula</i> na Estação Ecológica do Panga em coletas realizadas no período de março a julho de 2008, com uso de armadilhas com melaço de cana-de-açúcar como atrativo (nenhum indivíduo foi capturado nas coletas realizadas entre dezembro de 2007 e fevereiro de 2008).....	13
Figura 3 – Variação mensal de <i>Euxesta stigmatias</i> e <i>Euxesta sororcula</i> na Fazenda Água Limpa em coletas realizadas no período de março a julho de 2008 com uso de armadilhas com melaço de cana-de-açúcar como atrativo (nenhum indivíduo foi capturado nas coletas realizadas entre dezembro de 2007 e fevereiro de 2008).....	13
Figura 4 – Número de machos e fêmeas de <i>Euxesta stigmatias</i> e <i>Euxesta sororcula</i> capturadas no período de março a julho de 2008 na Estação Ecológica do Panga e na Fazenda Água Limpa, com uso de armadilhas de atração, utilizando melaço de cana-de-açúcar como atrativo.....	14
Figura 5 – Índices Multivariados de Tamanho de <i>Euxesta stigmatias</i> e <i>Euxesta sororcula</i> na Estação Ecológica do Panga (A) e na Fazenda Água Limpa (B) ao longo dos meses de coleta (O índice assinalado com asterisco difere estatisticamente ($p < 0,05$) dos demais, de acordo o teste de comparações múltiplas de Tukey).....	17

Capítulo 2

Figura 1 – Canteiros de couve com colônias de <i>Brevicoryne brassicae</i> na Fazenda Experimental do Glória, Uberlândia, MG (foto de M.V. Sampaio).....	36
--	----

Figura 2 – Medidas morfométricas efetuadas nas asas dos hiperparasitóides <i>Alloxysta fuscicornis</i> (segmento 1: comprimento; segmento 2: largura; R ₁ : Célula radial).....	38
Figura 3 – Medidas morfométricas (C1 - C2: comprimento, L1 - L2: largura) realizadas em mummies do pulgão <i>Brevicoryne brassicae</i>	38
Figura 4 – Índices multivariados de tamanho do pulgão <i>Brevicoryne brassicae</i> e do hiperparasitóide <i>Alloxysta fuscicornis</i> coletados em folhas de couve na Fazenda Experimental do Glória ao longo dos meses de coleta. Letras diferentes apontam diferenças significativas ($p < 0,05$) de acordo o teste de comparações múltiplas de Tukey.....	41
Figura 5 – Densidade populacional de <i>Brevicoryne brassicae</i> em folhas de couve durante os meses de coletas na Fazenda Experimental do Glória. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($P < 0,05$) de acordo com o teste Tukey-type.....	42
Figura 6 – Relação entre o tamanho da mummy do pulgão <i>Brevicoryne brassicae</i> e o tamanho do hiperparasitóide <i>Alloxysta fuscicornis</i> em coletas realizadas em folhas de couve na Fazenda Experimental do Glória no período de agosto a dezembro de 2007.....	43

RESUMO

Souto, Kleber Cleanto Faria Lemes. 2011. Influência ambiental na morfometria de insetos. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. UFU. Uberlândia, MG. 55p

Métodos morfométricos associados às análises estatísticas multivariadas são ferramentas adequadas para elucidar questões biológicas relacionadas às variações de caracteres dentro e entre populações. Além disto, tais métodos permitem que sejam verificados os efeitos da quantidade de recursos disponíveis para alimentação, as flutuações climáticas e a presença de predadores ou outros inimigos naturais em algumas características individuais tais como o tamanho e a simetria corpóreas. Esta dissertação investigou os efeitos climáticos e da densidade de ocorrência na determinação do tamanho e da assimetria flutuante dos indivíduos em populações distintas. Foram consideradas nas análises duas espécies de dípteros *Euxesta* (Otitidae = Ulidiidae) da reserva biológica da Estação Ecológica do Panga e de um pomar de goiabas da Fazenda Água Limpa e, ainda, uma população do pulgão *Brevicoryne brassicae* (L.) (Aphididae) e do microhimenóptero hiperparasitóide *Alloxysta fuscicornis* (Hartig) (Figitidae) da Fazenda Experimental do Glória, todos os locais pertencentes à Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Os resultados mostraram que as mudanças de temperatura produzem variações no tamanho do corpo, embora não tenham efeito marcante sobre a simetria dos organismos. *Euxesta sororcula* (Wiedemann) e *Euxesta stigmatias* (Loew) (Otitidae = Ulidiidae) apresentaram distintas estruturas populacionais mesmo co-ocorrendo nos dois ambientes estudados. *E. sororcula*, por ser mais sucetível a apresentar variações de tamanho e na assimetria flutuante possui promissor uso como bioindicador de estresse ambiental. A temperatura também afetou a densidade de *B. brassicae* no sistema estudado e, uma vez alteradas as características deste pulgão hospedeiro, modificações no tamanho e na assimetria do hiperparasitóide *A. fuscicornis* foram produzidas. Tais ajustes a nível individual e populacional contribuem para a regulação da dinâmica populacional das espécies investigadas.

Palavras chave: *Alloxysta fuscicornis*, assimetria flutuante, *Brevicoryne brassicae*, *Euxesta sororcula*, *Euxesta stigmatias*.

ABSTRACT

Souto, Kleber Cleanto Faria Lemes. 2011. Environmental influences on insect morphometry. Thesis in Ecology and Conservation of Natural Resources. UFU. Uberlândia, MG. 55p

Morphometric methods associated with multivariate statistical analysis are adequate tools to elucidate biological questions related to character variations within and between populations. Besides, these methods allow to verify the effects of the available resources amount for food supply, the climatic fluctuations and the presence of predators and other natural enemies in some individual characteristics such as size and symmetry. The aim of this dissertation was to investigate the climatic and the density of occurrence effects on the size and on the fluctuating asymmetry (FA) of individuals from distinct populations. It was considered on the analysis two *Euxesta* species (Otitidae = Ulidiidae) from the biological reserve of the Estação Ecológica do Panga and from a guava orchard located at Água Limpa Farm, and also, populations of the aphid *Brevicoryne brassicae* (L.) (Aphididae) and its associated microhymenopteran hyperparasitoid *Alloxysta fuscicornis* (Hartig) (Figitidae) in the Glória Experimental Farm, all sites belonging to the Universidade Federal de Uberlândia. The results demonstrate that the temperature variations produce body sizes' variations, although it not generates marked effects over the individual's symmetry. *Euxesta sororcula* (Wiedemann) and *Euxesta stigmatias* (Loew) (Otitidae = Ulidiidae) populations showed distinct population dynamics structures even habiting together the same environments. *E. sororcula* for being more susceptible to show size and FA variations presents a promissory potential use as a biological indicator of environmental stress. The temperature also affected the density and the size of *B. brassicae* in the studied system and, once altered these characteristics of this primary host, changes on size and on FA of the hyperparasitoids were also produced. Adjustments on the individual and population levels contribute to the population dynamics regulation of investigated species.

Key words: *Alloxysta fuscicornis*, *Brevicoryne brassicae*, *Euxesta sororcula*, *Euxesta stigmatias*, fluctuating asymmetry.

INTRODUÇÃO GERAL

Esta dissertação apresenta dados empíricos como evidências da ação de fatores ambientais na dinâmica populacional e morfometria de algumas espécies de insetos. Sabe-se, por exemplo, que a qualidade e a disponibilidade de alimento, os fatores climáticos e a atuação de inimigos naturais são fatores importantes na regulação do tamanho dos indivíduos e do tamanho de suas populações (Bragança *et al* 1998, Hume 2001, Fuller & Houle 2002, Polak *et al* 2004, Babbitt 2008, Buss *et al* 2008).

Para testar a hipótese de que o tamanho e a simetria corpórea pudessem estar relacionados com alguns aspectos da estrutura e da variação temporal do número de indivíduos da população e com fatores bióticos e abióticos foram utilizadas análises multivariadas e estatísticas para medições e exames da forma do corpo (Pimentel 1979).

Insetos são bons modelos para análises biométricas porque possuem ciclo de vida relativamente rápido e seu “modo de vida” se reflete nas dimensões e formas de seus exoesqueletos (Kellogg & Bell 1904, Alpatov 1929). Além disto, as medidas morfométricas podem ser facilmente obtidas e estão livres de distorção.

Os métodos morfométricos são ferramentas poderosas, quando usados em conjunto com os conhecimentos biológicos para responder questões relacionadas à covariação de caracteres dentro e entre populações, tendo, ainda diversas aplicações em biologia evolutiva (Gould & Johnston 1972, Neff & Marcus 1980, Reis 1988).

Outra metodologia para avaliar se alterações de ordem genética e/ou ambiental estariam atuando sobre os organismos é a análise da Assimetria Flutuante (AF), que corresponde a pequenas alterações randômicas de traços perfeitos em caracteres bilaterais (Parsons 1990, Palmer & Strobeck 2003). A AF é considerada um bom indicador da estabilidade do desenvolvimento individual e também do *fitness* (Møller & Pomiankowski 1993, Møller & Swadle 1997).

Tanto as modulações no tamanho quanto na simetria corpórea em resposta às influências ambientais são produzidas pela plasticidade fenotípica (PF), que descreve a habilidade do indivíduo de alterar seu fenótipo sem que modificações genotípicas sejam necessárias (Scheiner 1993). A PF pode ser considerada uma ferramenta adaptativa importante para a sobrevivência em ambientes instáveis, heterogêneos ou perturbados por ação do homem (Gotthard & Nylin 1995). Além disto, também evidencia o quanto

determinado organismo conseguiu tamponar seu desenvolvimento frente às condições estressantes (Leung *et al* 2000, Fuller & Houle 2002, Cárcamo *et al* 2008).

Os dados obtidos para a elaboração desta dissertação foram agrupados em dois capítulos, redigidos no formato de artigos científicos. Foram consideradas nas análises duas espécies de dipteros *Euxesta* (Otitidae = Ulidiidae) da reserva biológica da Estação Ecológica do Panga e de um pomar de goiabas da Fazenda Água Limpa e ainda, uma população do pulgão *Brevicoryne brassicae* (L.) (Aphididae) e do microhimenóptero hiperparasitóide *Alloxista fuscicornis* (Hartig) (Figitidae) na Fazenda Experimental do Glória, todos os locais pertencentes à Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

O primeiro capítulo teve como objetivo caracterizar e comparar a variação mensal e a razão sexual de *Euxesta stigmatias* (Loew) e *Euxesta sororcula* (Wiedemann), (Diptera: Otitidae = Ulidiidae) em uma reserva natural e em um pomar de goiabas de uma mesma região. Foi também investigado se a densidade e fatores climáticos poderiam influenciar o tamanho e a simetria destas espécies.

No segundo capítulo foi verificada a ação de fatores ambientais na determinação de alguns aspectos da morfometria de *B. brassicae* e do hiperparasitóide *A. fuscicornis*. Foi testado se o tamanho do pulgão poderia ser influenciado pela sua distribuição vertical e densidade na planta hospedeira e pelas variações climáticas experimentadas sazonalmente. Também foi examinado se variações no tamanho e na simetria dos hiperparasitóides estariam correlacionadas com o clima e com o tamanho e a densidade dos hospedeiros primários.

Referências Bibliográficas

- Alpatov W W (1929) Biometrical studies on variation and races of the honey bee (*Apis mellifera*). Q. Rev. Bio. 4: 1-58.
- Babbitt G A (2008) How accurate is the phenotype? – an analysis of developmental noise in a cotton aphid clone. BMC Dev. Biol. 8: 19-27.
- Bragança M., Souza O D, Zanuncio J C (1998) Environmental heterogeneity as a strategy for pest management in *Eucalyptus* plantations. For. Ecol. Manag. 102: 9–12
- Buss D F, Oliveira R B, Baptista D F (2008) Monitoramento biológico de ecossistemas aquáticos continentais. Oecol. Bras. 12 : 339-345.

- Cárcamo H A, Floate K D, Lee B L, Beres B L, Clarke F R (2008) Developmental instability in a stem-mining sawfly: can fluctuating asymmetry detect plant host stress in a model system? *Oecologia* 156: 505-513.
- Fuller R C, Houle D (2002) Detecting genetic variation in developmental instability by artificial selection on fluctuating asymmetry. *J. Evol. Biol.* 15: 954-960.
- Gotthard K, Nylin S (1995) Adaptive plasticity and plasticity as an adaptation: a selective review of plasticity in animal morphology and life history. *Oikos* 74: 3-17.
- Gould S J, Johnston R F (1972) Geographic variation. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 3: 457-498.
- Hume D (2001) Environmental monitoring and fluctuating asymmetry. Study Design. Science Internal Series 4. Wellington, Department of Conservation, 20p.
- Kellogg V L, Bell R G (1904) Studies of variation in insects. *Proc. Wash. Acad. Sci.* 6: 203-232.
- Leung B, Forbes M R, Houle D (2000) Fluctuating asymmetry as a bioindicator of stress: comparing efficacy of analyses involving multiple traits. *Am. Nat.* 155: 101-115.
- Møller A P, Pomiankowski A (1993) Fluctuating asymmetry and sexual selection. *Genetica*. 89: 267-279.
- Møller A P, Swadle J P (1997) Asymmetry, developmental stability and evolution. Oxford, Oxford University Press, 304p.
- Neff N A, Marcus L F (1980) A survey of multivariate methods for systematic. New York, Privately published, 234p.
- Palmer R A, Strobeck C (2003) Fluctuating asymmetry revisited. p 279-319 In: Polak M (ed) Developmental Instability (DI): causes and consequences. New York, Oxford University Press, 459p.
- Parsons P A (1990) Fluctuating asymmetry: an epigenetic measure of stress. *Biol. Rev.* 65: 131-145.
- Pimentel A (1979) Morphometrics. Debuque, Kendal/Hunt, 276p.
- Polak M, Kroeger D E, Cartwright IL, DeLeon C P (2004) Genotype-specific response of fluctuating asymmetry and of preadult survival to the effect of lead and temperature stress in *Drosophila melanogaster*. *Env. Pollut.* 127:154-155.
- Reis S F (1988) Morfometria e estatística multivariada em biologia evolutiva. *Rev. Bras. Zool.* 5: 571-580.
- Scheiner S M (1993) Genetics and evolution of phenotypic plasticity. *Annu. Rev. Ecol. Entomol.* 24: 35-68

CAPITULO 1

Tamanho, simetria, variação populacional e razão sexual de *Euxesta stigmatias* (Loew) e *Euxesta sororcula* (Wiedemann) (Diptera: Otitidae = Ulidiidae) em uma reserva natural e em um pomar comercial de Goiaba em Uberlândia – MG

RESUMO

A quantidade de recursos disponíveis e as flutuações climáticas podem influenciar não somente as características de uma população de insetos, mas também as características individuais de seus componentes. O objetivo deste trabalho foi o de caracterizar comparativamente a variação populacional e a razão sexual de *Euxesta stigmatias*, Loew, 1868 e *Euxesta sororcula*, Wiedemann, 1830, em uma reserva natural e em um pomar de goiabas de uma mesma região. Foi também investigado se a densidade populacional e fatores climáticos estariam influenciando o tamanho e a assimetria futuante (AF) de indivíduos destas espécies. Os dípteros foram capturados com armadilha de atração no período entre dezembro e julho de 2008. Para a análise da AF três medidas foram realizadas nas asas para serem submetidas à Análise de Componentes Principais (PCA). Nos dois ambientes de coletas *E. sororcula* predominou sobre *E. stigmatias*. O número de indivíduos de *E. sororcula* coletados na Estação Ecológica foi significativamente menor do que o número de indivíduos capturados no pomar. Entretanto, o número de indivíduos capturados de *E. stigmatias* não diferiu entre os ambientes. Houve significativa diferença na razão sexual das moscas entre os locais de coleta. *E. stigmatias*, apresentou frequência de fêmeas significativamente maior do que a de machos na Estação Ecológica, mas não no pomar. O contrário ocorreu para *E. sororcula*, que apresentou maior número de fêmeas apenas no pomar. As espécies também diferiram quanto ao grau de assimetria apresentado. *E. stigmatias*, embora menor, não apresentou alteração no tamanho nem na AF, ao longo das coletas e entre ambientes. Por outro lado, *E. sororcula* foi mais susceptível às variações climáticas, considerando a significativa correlação observada entre o tamanho corporal e a temperatura e as expressivas variações no tamanho do corpo e na AF, esta última apontada pelo efeito sinérgico na ANOVA para dois fatores, entre os locais de coleta e os sexos. Este trabalho ilustra a influência do ambiente em alguns parâmetros da estrutura e da dinâmica das populações estudadas. Além disto, fornece novas informações sobre *Euxesta*, um gênero muito pouco estudado no Brasil.

Palavras-Chaves: Assimetria flutuante, plasticidade fenotípica, tamanho corporal.

ABSTRACT

The amount of available resources and climatic fluctuations may influence not only some insect population characteristics but also the individual characteristics of its components. The aim of this study was to characterize comparatively the population variation and the sex ratio of *Euxesta stigmatias*, Loew, 1868 and *Euxesta sororcula*, Wiedermann, 1830, populations from a natural reserve and from a guava orchard, both located in the same region. It was also investigated whether the population density and climate factors affect the individuals' size and fluctuating asymmetry (FA). Dipterans were captured with attractive traps between December and July of 2008. For the analysis of FA three measurements were done in both wings, and then submitted to the Principal Component Analysis (PCA). In both environments, collections of *E. sororcula* were predominant over *E. stigmatias*. The number of individuals of *E. sororcula* collected in the Ecological Station was significantly lower than the number of individuals caught in the orchard. However, the number of captured individuals of *E. stigmatias* did not differ between environments. Significant sex ratio differences were detected between the collection sites. *E. stigmatias* showed female frequency significantly higher than male's frequency in the Ecological Station, but not in the orchard. An opposite patterns was encountered for *E. sororcula*, having significant greater number of females only in the orchard. The species also differed in the degree of asymmetry presented. *E. stigmatias*, showed no change on size neither on AF along the captures and between environments. Moreover, *E. sororcula* tended to be more susceptible to climatic variations, considering the significant observed correlation between temperature and body size and the expressive body size and FA variations, the latter one recognized by the synergistic effect between sites and sexes in the two-way ANOVA. This study illustrates the environment influence in some structural and dynamic parameters of the studied populations. Moreover, it provides new information about *Euxesta*, a gender poorly studied in Brazil.

Key words: Fluctuating asymmetry, fenotypic plasticity, body size.

INTRODUÇÃO

Populações de insetos regulam seu tamanho ao longo do tempo em resposta às flutuações climáticas e às variações na quantidade de recursos disponíveis (Altieri & Letourneau 1984, Berryman 1987, Hannon & Ruth 1997, Andow 1991, Bragança *et al* 1998). Entretanto, as influências ambientais afetam não somente o tamanho populacional, mas também o tamanho ou biomassa dos indivíduos que compõem as populações naturais.

O tamanho corporal é um traço quantitativamente muito importante, pois influencia o *fitness*, determinando tanto a habilidade de sobrevivência quanto a de reprodução (Schmidt-Nielsen 1984). Indivíduos maiores tendem a apresentar maior longevidade e, além disto, maior biomassa corporal também está muitas vezes associada à maior fecundidade e ao sucesso reprodutivo (Wang *et al* 2009).

Influências ambientais também afetam a habilidade do indivíduo produzir um fenótipo com simetria bilateral perfeita. Se a expressão de bilateralidade é determinada pelo mesmo genoma, então a assimetria entre os lados é consequência de modificações no desenvolvimento normal, o que pode ter causas genéticas e/ou ambientais (Markow 1995). O grau de assimetria de um grupo de organismos tem sido avaliado pela Assimetria Flutuante (AF), definida como pequenos desvios aleatórios de traços perfeitos da simetria em organismos que apresentam simetria bilateral (Parsons 1990, Palmer & Strobeck 2003). Conseqüentemente, a AF pode ser um bom indicador da estabilidade do desenvolvimento individual e também do *fitness* (Møller & Pomiankowski 1993, Møller & Swadle 1997).

Por outro lado, organismos também possuem certa capacidade para resistir aos distúrbios genéticos ou às perturbações ambientais durante o seu desenvolvimento por meio de mecanismos "tamponantes" para produzir um fenótipo pré-determinado, dentro da variação normal de expressão. Esta capacidade é definida como homeostasia do desenvolvimento (Lerner 1954), que opera via canalização, que é o mecanismo pelo qual a variação do fenótipo é limitada a uma ou poucas formas sob um conjunto de condições genéticas e ambientais, reduzindo o efeito destas sobre o desenvolvimento. Além disto, a canalização também utiliza mecanismos fisiológicos ou comportamentais para garantir a estabilidade do desenvolvimento (Leung *et al* 2000). Deste modo, a AF também serve

para mensurar o quanto determinado organismo conseguiu tamponar seu desenvolvimento contra condições estressantes. Por estar inversamente correlacionada à homeostasia do desenvolvimento, a AF é freqüentemente usada para estimar a estabilidade do desenvolvimento (Fuller & Houle 2002, Cárcamo *et al* 2008).

As modulações no tamanho e na simetria corpórea em resposta às influências ambientais podem ser produzidas por plasticidade fenotípica (PF), que descreve a habilidade do indivíduo de alterar seu fenótipo sem que modificações genotípicas sejam necessárias (Scheiner 1993). Assim, a PF pode ser considerada uma ferramenta adaptativa importante para a sobrevivência em ambientes instáveis, heterogêneos ou perturbados por ação do homem (Gotthard & Nylin 1995). A PF também pode oferecer uma rica base de dados para estudos evolutivos, pois pode estar relacionada a processos de especialização e formação de ecótipos por seleção desruptiva (Via & Lande 1985, Falconer 1989, Via 1991).

Alterações morfológicas e comportamentais produzidas por PF já foram descritas para populações de insetos sob diferentes condições climáticas (Lomônaco & Prado 1994, Ribeiro *et al* 1995, Kanegae & Lomônaco 2003) e sob distintas pressões predatórias e competitivas (Lomônaco & Germanos 2001, Pereira & Lomônaco 2003, Vaz *et al* 2004, Rodrigues *et al* 2009).

O objetivo deste trabalho foi o de caracterizar, comparativamente, a variação populacional e a razão sexual de *Euxesta stigmatias* (Loew) e *Euxesta sororcula* (Wiedemann), (Diptera: Otitidae = Ulididae) em uma reserva natural e em um pomar de goiabas de uma mesma região. Foi também investigado se a densidade e fatores climáticos estariam influenciando o tamanho e a simetria destas espécies.

MATERIAL E MÉTODOS

Locais de Coleta

As coletas foram realizadas na Estação Ecológica do Panga (EEP) e no pomar de goiabas da Fazenda Água Limpa (FAL) em Uberlândia, MG, ambas pertencentes à Universidade Federal de Uberlândia(UFU). A Estação Ecológica compreende 403,85 ha ao sul do município e está posicionada geograficamente entre as coordenadas 19°09' e 19°11' S e 48°23' e 48°24' O, a uma altitude média de 800 m do nível do mar (Schiavini & Araújo 1989). Apresenta os diversos tipos fitofisionômicos encontrados na região do

Cerrado do Brasil Central, a saber: mata mesófila, formada pela mata seca semidecídua e pela mata de galeria; cerradão, que inclui cerradão distrófico e cerradão mesotrófico; cerrado *sensu stricto*, que compreende as áreas de cerrado denso e cerrado típico; a formação campestre campo úmido e a formação savânica do tipo vereda (Cardoso *et al* 2009).

A FAL está localizada a, aproximadamente, 27 km da EEP entre 19°06' S e 48°20' O, a uma altitude de 792 m do nível do mar. Dentre as atividades agroeconômicas desenvolvidas na fazenda estão os cultivos de soja e milho e as plantações experimentais de banana, manga, goiaba, acerola, abacaxi e frutas cítricas (laranja e limão).

O clima da região apresenta verões quentes e úmidos, quando há grande excedente hídrico, e invernos frios e secos, sendo os meses de agosto e setembro aqueles com maior déficit de água no solo (Nimer & Brandão 1989).

As variáveis climáticas foram obtidas no laboratório de climatologia do Instituto de Geografia da UFU (Anexo A).

Organismos Estudados

O gênero *Euxesta* constitui um complexo de espécies endêmicas e abundantes na Região Neotropical, principalmente no México e no Peru, (Steyskal 1968, Martos-Tupes 1982) e sua dispersão pelas Américas poderia estar associada à domesticação e cultivo do milho (Frías *et al* 1981). Historicamente, têm sido relatadas como pragas de milho no México, Estados Unidos, Porto Rico e nas Ilhas Virgens (Hall, 1988, Amorim *et al* 2002, Nuessly & Capineira 2004). Tanto as larvas quanto os adultos alimentam-se de uma variedade de plantas, incluindo o milho, a batata, o tomate, a goiaba, o sorgo, a cana-de-açúcar, a banana e a laranja (Capineira 2001).

Euxesta stigmatias e *E. sororcula* são encontradas em áreas tropicais e subtropicais do hemisfério ocidental. No Brasil, espécies de *Euxesta* já foram encontradas em altas frequências em culturas de milho nos estados de São Paulo, Goiás, Paraná e Minas Gerais (Frizzas *et al* 2003). O controle destas pragas requer contínuas aplicações de inseticidas para o combate aos adultos, o que pode gerar resíduos tóxicos nos alimentos (Nuessly *et al* 2007). Entretanto, são ainda insuficientes as alternativas ao uso de compostos químicos para seu controle (Capineira 2001), porque ainda poucos inimigos naturais são conhecidos (Martos-Tupes 1982).

Link *et al* (1984) consideram estas espécies como parasitas secundárias, por verificarem, em plantação de milho, sua contribuição para o apodrecimento das espigas, somente quando suas larvas estão associadas aos parasitas primários *Helicoverpa zea* (Bodie) e *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Outros estudos sobre os Otitidae (Ulidiidae) apontam estes insetos como oportunistas e generalistas quanto aos seus hábitos alimentares (Seal & Jansson 1989, 1993, Brunel & Rull 2010a).

Coletas e Tratamento do Material Biológico.

As coletas iniciaram-se em Dezembro de 2007 e foram realizadas ao longo de trilhas, a cada quinze dias, tanto na EEP quanto no pomar da FAL. Na reserva, as trilhas foram estabelecidas nas bordas das fitofisionomias de mata de galeria, cerradão e cerrado *sensu strictu*, enquanto que, na fazenda, as trilhas correspondiam aos “corredores” do pomar mais próximos das bordas.

Para a captura dos insetos foram utilizadas oito armadilhas plásticas do tipo PET, disposto quatro em cada trilha de cada área de coleta. Estas armadilhas possuíam três aberturas na parte inferior da garrafa e foram instaladas a 1,60 m de altura nas bordas da vegetação, foi utilizado 300 ml de melaço de cana a 10% como atrativo (Anexo B). As armadilhas permaneceram no campo por 15 dias, após o que, o material coletado era retirado e o atrativo renovado para sua permanência no campo por mais 15 dias. O final das coletas foi determinado pela poda total do pomar de goiabas, ocorrido em agosto de 2008.

Os insetos capturados foram sacrificados, fixados em álcool 70%, contados e identificados pelo especialista Dr. Ângelo Pires do Prado, da Unicamp. Todos os exemplares foram depositados na Coleção de Invertebrados do Laboratório de Ecologia Evolutiva da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG.

Medidas Morfométricas

Foram pegos, ao acaso, 5 machos e 5 fêmeas de cada espécie, provenientes de 8 coletas realizadas quinzenalmente a partir de março de 2008. Estes indivíduos tiveram suas asas direitas e esquerdas destacadas e montadas entre lâminas e lamínulas, sendo em seguida ampliadas em um estereomicroscópio (4,2 x). As medidas foram realizadas utilizando um paquímetro digital. Foram medidos 3 segmentos, determinados a partir de quatro pontos, sendo um deles a origem comum de todas as medidas. O ponto de origem

correspondia ao encontro da veia R_1 com a borda da asa. O ponto 1 foi estabelecido ao final da veia R_{4+5} , no ápice da asa. O ponto 2 correspondia à junção da veia m com $M_3 + Cu_1$ e o ponto 3 foi demarcado no ápice da projeção da célula Anal (A) (Figura 1). Cada medida foi realizada três vezes para estimativa de erro nas medições. As veias nas asas de dípteros são comumente usadas em análises morfológicas por possibilitarem medidas em uma dimensão plana, utilizando referências fixas (Klingenberg & McIntyre 1998).

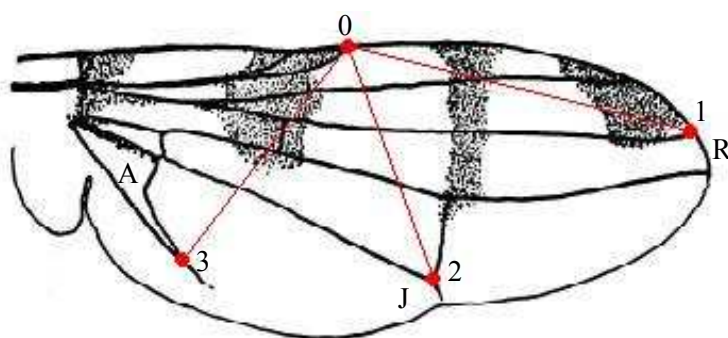


Figura 1. Medidas morfométricas efetuadas: segmento 0-1, segmento 0-2, segmento 0-3 (A: célula anal; R: porção distal da veia R_{4+5} ; J: junção da veia m com $M_3 + Cu_1$)

Análises Estatísticas

Diferenças nas frequências de ocorrência de indivíduos entre espécies, áreas, meses e sexos foram verificadas com o uso do teste de qui-quadrado (Zar 1984).

As medidas morfométricas foram simplificadas utilizando a Análise de Componentes Principais (APC), para obtenção de um índice multivariado de tamanho (Manly 1994). Para testar a normalidade do índice obtido foi usado o teste Lilliefors. Diferenças no índice de tamanho entre as espécies foram verificadas utilizando um teste t para duas amostras. Considerando cada espécie separadamente, uma ANOVA para três fatores foi efetuada para verificar o efeito dos meses, sexos e as áreas de coleta no tamanho dos indivíduos (Zar 1984).

A Assimetria Flutuante (AF) foi calculada considerando as diferenças absolutas entre a medida da asa esquerda (E) e a medida da asa direita (D), utilizando a seguinte fórmula $AF = \sum |(D - E)/N|$. Uma análise de variância para dois fatores (ANOVA) foi

usada para determinar se a variação dos lados era significativamente maior do que o erro medido (Woods *et al* 1998, Perfectti & Camacho 1999). De acordo com Palmer & Strobeck (1986) é necessário distinguir a AF de outros tipos de assimetrias. Para isto, um teste *t* foi feito para verificar se as médias das medidas das asas direitas menos as medidas das asas esquerdas ($D - E$) não eram significativamente diferentes de zero, a fim de se descartar a ocorrência da assimetria direcional. A antissimetria foi testada verificando a normalidade da distribuição ($D - E$), usando o teste Kolmogorov-Smirnov. A dependência da AF com o tamanho da medida original foi testada para cada amostra por regressão do módulo de $D - E$ ($|D-E|$) com o valor da medida do lado direito (Palmer & Strobeck 1986, Eggert & Sakaluk 1994).

Correlações entre a frequência mensal de ocorrência e tamanho dos indivíduos com as variáveis climáticas (temperatura, umidade relativa e pluviosidade) e entre o tamanho e a AF foram feitas utilizando o teste de correlação simples de Person (Zar, 1984). Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa Systat 10.2 (2002).

RESULTADOS

Variação Populacional e Razão Sexual

Indivíduos das duas espécies de *Euxesta* estudadas somente foram capturados a partir do mês de março de 2008. Nos dois ambientes de coletas *E. sororcula* ($N = 513$) predominou sobre *E. stigmatias* ($N = 282$) ($\chi^2 = 67,12$; $p < 0,001$; $GL = 1$). O número de indivíduos de *E. sororcula* coletados na EEP ($N = 157$) foi significativamente menor do que o número de indivíduos capturados na FAL ($N = 356$) ($\chi^2 = 38,59$; $p < 0,001$; $GL = 1$). Entretanto, o número de indivíduos capturados de *E. stigmatias* não diferiu entre os ambientes ($\chi^2 = 0,25$; $p > 0,05$; $GL = 1$) ($N = 135$ na EEP e $N = 147$ na FAL).

Na EEP, *E. sororcula* predominou durante os meses de março ($n = 44$) e abril ($n = 73$), enquanto que *E. stigmatias* foi mais frequente nos meses de abril ($n = 54$), maio ($n = 35$) e junho ($n = 32$) ($\chi^2 = 91,29$; $p < 0,001$; $GL = 4$) (Figura 2).

Na FAL, *E. sororcula* apresentou um pico de coleta no mês de abril ($N = 259$), em contraste com as demais coletas, cujo número de capturados não ultrapassou 40 indivíduos ($\chi^2 = 629,12$; $p < 0,001$; $GL = 4$). *E. stigmatias* também predominou nesta

área no mês de abril ($N = 73$), embora com menor diferença na frequência de captura em relação aos demais meses ($\chi^2 = 91,40$; $p < 0,001$; $GL = 4$) (Figura 3).

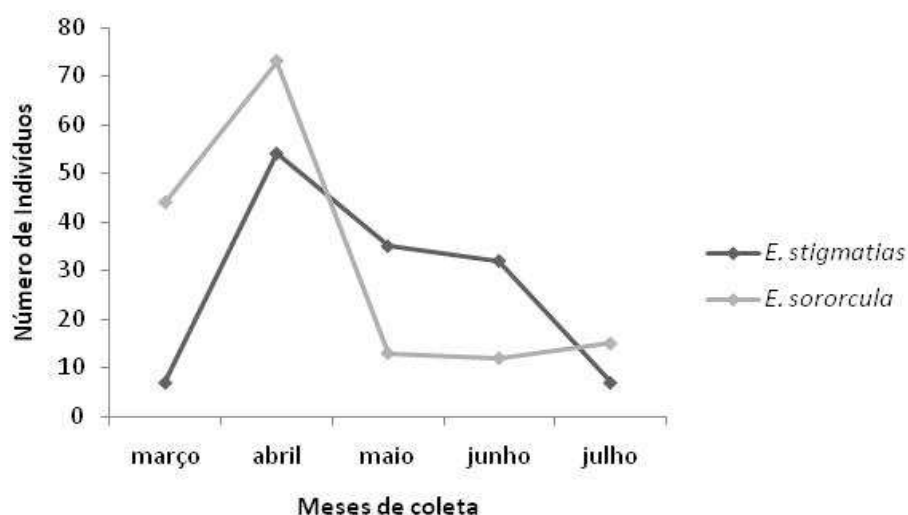


Figura 2 – Variação mensal de *Euxesta stigmatias* e *Euxesta sororcula* na Estação Ecológica do Panga em coletas realizadas no período de março a julho de 2008 com uso de armadilhas com melaço de cana-de-açúcar como atrativo (nenhum indivíduo foi capturado nas coletas realizadas entre dezembro de 2007 e fevereiro de 2008).

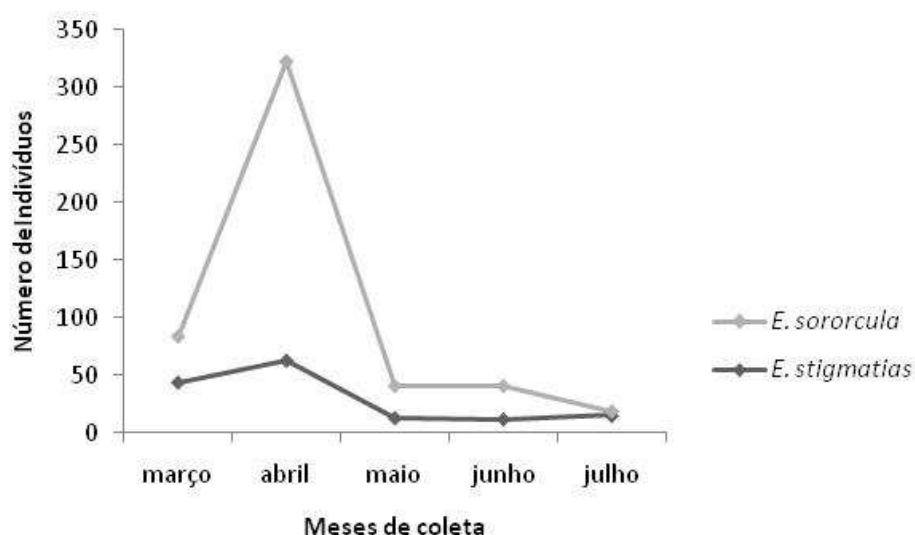


Figura 3 – Variação mensal de *Euxesta stigmatias* e *Euxesta sororcula* na Fazenda Água Limpa em coletas realizadas no período de março a julho de 2008, com uso de armadilhas com melaço de cana-de-açúcar como atrativo (nenhum indivíduo foi capturado nas coletas realizadas entre dezembro de 2007 e fevereiro de 2008).

Houve diferença na frequência sexual das moscas entre os locais de coleta ($\chi^2 = 32,14$; $p < 0,001$; GL = 1), pois enquanto machos predominaram na EEP, as fêmeas foram mais numerosas na FAL (Figura 4). Em *E. stigmatias*, a frequência de fêmeas foi significativamente menor do que a de machos na EEP ($\chi^2 = 16,36$; $p < 0,001$; GL = 1), enquanto na FAL, não houve diferença significativa no número de machos e fêmeas capturados ($\chi^2 = 0,31$; $p > 0,05$; GL = 1). O contrário ocorreu para *E. sororcula*, que apresentou maior número de fêmeas apenas na FAL ($\chi^2 = 17,97$; $p < 0,001$; GL = 1).

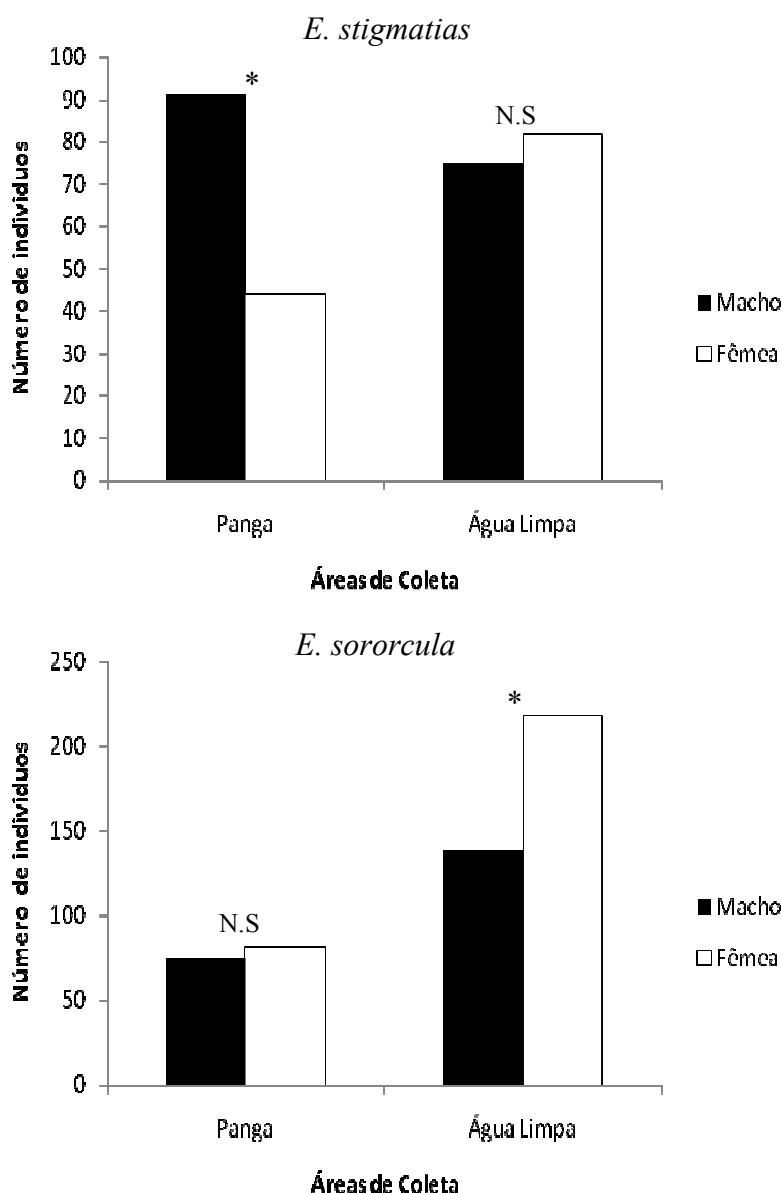


Figura 4 – Número de machos e fêmeas de *Euxesta stigmatias* e *Euxesta sororcula* capturadas no período de março a julho de 2008 na Estação Ecológica do Panga e na Fazenda Água Limpa, com uso de armadilhas de atração, utilizando melaço de cana-de-açúcar como atrativo (N.S. não diferem significativamente, * diferem estatisticamente a nível de 0,1%)

Não foram significativas para nenhuma das espécies as correlações entre número de indivíduos coletados em cada mês e as variáveis climáticas (Tabela 1).

Tabela 1 – Correlação de Pearson entre número de indivíduos de *Euxesta stigmatias* e *Euxesta sororcula* coletados por mês e fatores climáticos.

Variáveis	Espécies	
	<i>E. stigmatias</i>	<i>E. sororcula</i>
temperatura média	$r = 0,177$; $p = 0,183$	$r = 0,174$; $p = 0,180$
Pluviosidade	$r = 0,134$; $p = 0,141$	$r = 0,140$; $p = 0,146$
umidade relativa	$r = 0,212$; $p = 0,218$	$r = 0,317$; $p = 0,323$

Tamanho Corporal

O índice multivariado de tamanho foi adequadamente obtido, explicando 83,04% da variação total (Tabela 2). Os demais componentes, que informam distorções na forma das asas, explicaram juntos 16,96% da variação total.

Tabela 2 - Três primeiros componentes principais da matriz de correlação de três medidas de asas de *Euxesta stigmatias* e *Euxesta sororcula*.

Variáveis	Componentes Principais		
	1	2	3
Medida 1	0,961	0,195	-0,197
Medida 2	0,939	0,294	0,179
Medida 3	0,829	-0,559	0,026
Variância explicada pelos componentes			
	2,491	0,437	0,071
Porcentagem do total de variância explicada (%)			
	83,041	14,582	2,376

Os índices de tamanhos obtidos apresentaram distribuição normal ($D_{\max} = 0,053$; $p = 0,739$ para *E. stigmatias* e $D_{\max} = 0,087$; $p = 0,079$ para *E. sororcula*). Foi verificada diferença significativa de tamanho entre as espécies ($t_{0,05(2),183} = -13,751$; $p < 0,001$), sendo *E. sororcula* ($0,646 \pm 0,819$) maior do que *E. stigmatias* ($-0,653 \pm 0,698$).

A ANOVA para três fatores não apontou diferenças significativas no tamanho de *E. stigmatias* entre os sexos ($F = 0,179$; $p = 0,674$), áreas ($F = 2,114$; $p = 0,150$ e meses ($F = 0,400$; $p = 0,808$) e nem houve interação entre estes fatores: área x sexo ($F = 1,547$; $p = 0,218$), área x mês ($F = 0,964$; $p = 0,433$), sexo x mês ($F = 0,694$; $p = 0,599$) e área x sexo x mês ($F = 1,753$; $p = 0,148$). A grande variabilidade nos tamanhos contribuiu para que diferenças não fossem encontradas entre as amostras (Figura 5).

Entretanto, para *E. sororcula*, houve diferenças significativas entre sexos, sendo machos maiores do que as fêmeas ($F = 14,349$; $p < 0,001$) e meses ($F = 3,487$; $p = 0,049$), mas não entre áreas ($F = 0,825$; $p = 0,367$). As interações foram significativas para área x mês ($F = 5,868$; $p < 0,001$), porém não foram significativas para as outras interações (sexo x área: $F = 1,155$; $p = 0,286$; sexo x mês: $F = 0,987$; $p = 0,420$ e sexo x área x mês $F = 1,521$; $p = 0,205$). No mês de maio, indivíduos desta espécie apresentaram tamanho significativamente menor que nos demais meses (Figura 5), segundo as comparações múltiplas de Tukey.

As correlações entre os índices de tamanho obtidos mensalmente para *E. stigmatias* e *E. sororcula* com as variáveis climáticas não foram estatisticamente significativas, exceto a correlação diretamente proporcional entre temperatura e o tamanho para *E. sororcula* (Tabela 3).

Tabela 3 – Correlação de Pearson entre os índices de tamanho de *Euxesta stigmatias* e *Euxesta sororcula* com fatores climáticos (temperatura média, umidade relativa, pluviosidade) (valor significativo em negrito).

	<i>E. stigmatias</i>	<i>E. sororcula</i>
temperatura média	$r = 0,081$; $p = 0,898$	$r = \mathbf{0,926}$; $p = \mathbf{0,027}$
umidade relativa	$r = -0,192$; $p = 0,759$	$r = 0,060$; $p = 0,924$
Pluviosidade	$r = 0,057$; $p = 0,928$	$r = 0,437$; $p = 0,467$

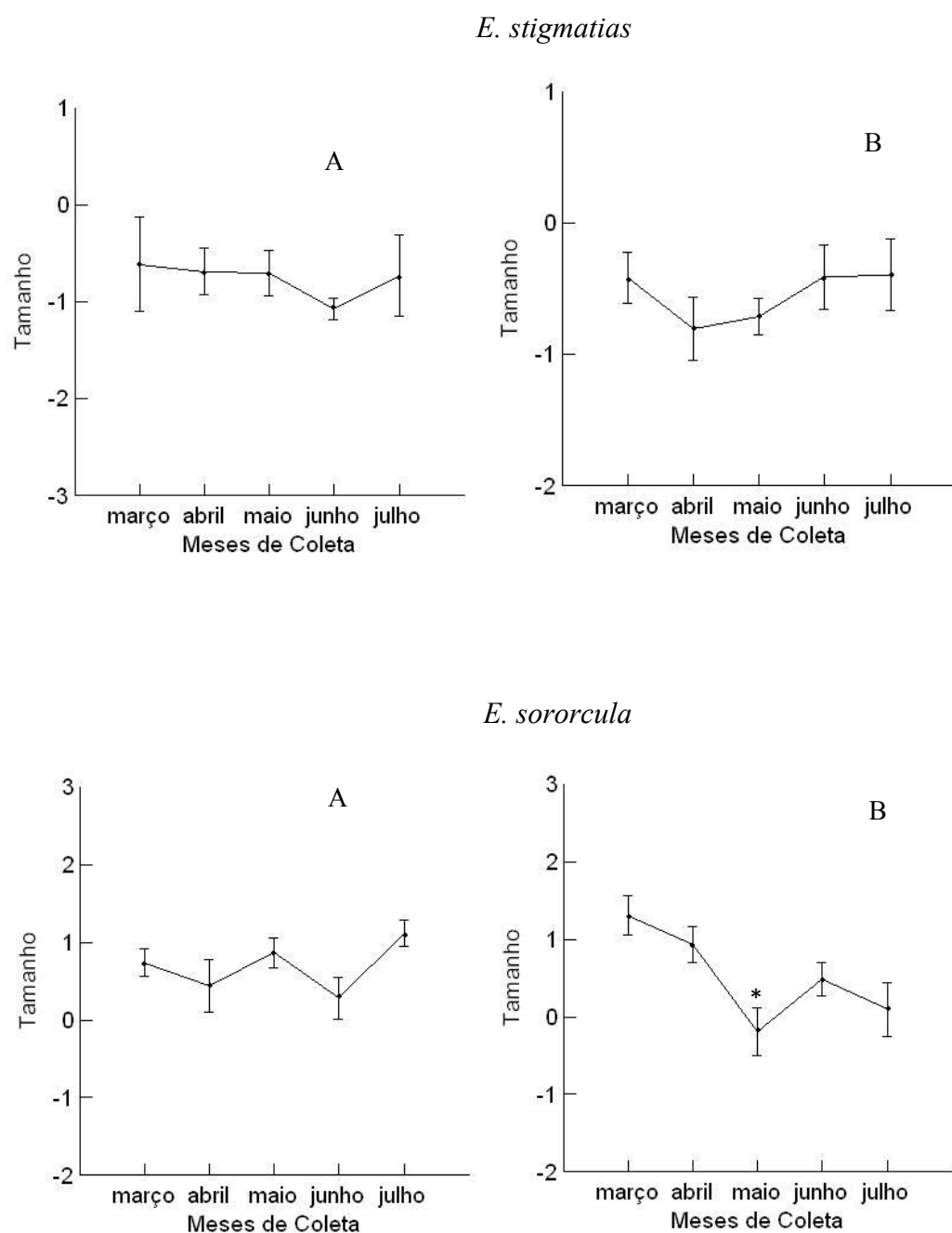


Figura 5 – Índices multivariados de tamanho de *Euxesta stigmatias* e *Euxesta sororcula* na estação ecológica do Panga (A) e na Fazenda Água Limpa (B) ao longo dos meses de coleta. O índice assinalado com asterisco difere estatisticamente ($p < 0,05$) dos demais, de acordo o teste de comparações múltiplas de Tukey.

Assimetria Flutuante

Os erros nas medições de AF foram considerados desprezíveis, tanto para *E. stigmatias* ($F = 6,600$; $p < 0,001$ na EEP e $F = 4,203$; $p < 0,001$ na FAL), quanto para *E. sororcula* ($F = 5,676$; $p < 0,001$ na EEP e $F = 3,673$; $p < 0,001$ na FAL). As ocorrências de antissimetria e de simetria direcional foram descartadas para as três medidas efetuadas (Tabela 4). O argumento de Babbitt *et al* (2006) sobre a não obrigatoriedade da amostra de AF se ajustar à uma curva normal foi adotado.

Para *E. stigmatias*, as ANOVAs não indicaram diferenças significativas na AF das três medidas efetuadas entre as áreas e sexos. Entretanto, para *E. sororcula*, foi detectada interação significativa entre os fatores (sexo*local) para medidas 2 e 3 (Tabela 4).

A assimetria destas medidas em fêmeas foi maior no pomar, enquanto que a assimetria destas medidas em machos foi maior na Estação Ecológica. As correlações entre tamanho e AF não foram significativas (Tabela 5).

Tabela 4 – ANOVA de dois fatores (sexo*local) do índice multivariado de tamanho de *Euxesta stigmatias* e *Euxesta sororcula* (valores significativos em negrito).

Medida	Fonte	<i>E. stigmatias</i>			<i>E. sororcula</i>		
		GL	F	P	GL	F	P
1	Local	1	2,058	0,155	1	0,204	0,653
	Sexo	1	0,156	0,694	1	0,736	0,393
	Local*Sexo	1	0,156	0,694	1	0,557	0,458
	Erro	88			89		
2	Local	1	1,306	0,256	1	0,171	0,680
	Sexo	1	0,269	0,605	1	0,587	0,446
	Local*Sexo	1	0,050	0,823	1	4,008	0,048
	Erro	88			89		
3	Local	1	0,723	0,398	1	0,027	0,865
	Sexo	1	1,450	0,323	1	1,801	0,183
	Local*Sexo	1	2,109	0,150	1	6,434	0,013
	Erro	88			89		

Tabela 5 – Correlação de Spearman entre os índices multivariados de tamanho e os valores de assimetria flutuante para *Euxesta stigmatias* e *Euxesta sororcula* nas duas áreas de coleta: Fazenda Água Limpa e Estação Ecológica do Panga.

Medidas	Espécies			
	<i>E. stigmatias</i>		<i>E. sororcula</i>	
	Água Limpa	Panga	Água Limpa	Panga
1	$r_s = -0,114$ ($p > 0,20$)	$r_s = -0,038$ ($p > 0,50$)	$r_s = -0,163$ ($p > 0,20$)	$r_s = 0,134$ ($p > 0,20$)
2	$r_s = -0,157$ ($p > 0,20$)	$r_s = -0,178$ ($p > 0,20$)	$r_s = -0,103$ ($p > 0,20$)	$r_s = 0,106$ ($p > 0,20$)
3	$r_s = 0,171$ ($p > 0,20$)	$r_s = 0,109$ ($p > 0,20$)	$r_s = -0,019$ ($P > 0,50$)	$r_s = 0,023$ ($p > 0,50$)

DISCUSSÃO

A ausência de ambas as espécies nas armadilhas de coleta nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro parece indicar suas baixas tolerâncias ao aumento de temperatura. De fato, Martos-Tupes (1982) e Albuquerque *et al* (2002), que estudaram outras espécies de *Euxesta*, argumentaram que indivíduos deste gênero não toleram temperaturas elevadas. A afirmação de Seal *et al* (1996), de que *E. stigmatias* prefere lugares mais iluminados e com temperaturas amenas também corrobora esta idéia. Além disto, no México, *Pseudodyscrasis scutellaris* (Wiedemann) (Otitidae = Ulidiidae) mostrou redução de atividade quando a temperatura atingiu 30°C, buscando abrigo em locais mais sombreados da vegetação (Brunel & Hull 2010b). Brunel & Hull (2010a) verificaram, também no México, que a atividade de adultos de *Euxesta bilimeki* (Hendel) (Otitidae = Ulidiidae) era reduzida tanto pelas altas quanto pelas baixas temperaturas. Entretanto, outros Otitidae, como *Physiphora aenea* (Fabricius), puderam ser coletados em esterco bovino durante todo o ano no estado de São Paulo (Almeida & Prado 1999).

Euxesta stigmatias e *E. sororcula*, embora semelhantes quanto ao pico de coleta ocorrido no mês de abril, diferem em vários outros aspectos na sua variação populacional. *E. sororcula* supera *E. stigmatias* em abundância e ambas exploram os ambientes naturais investigados de maneira distinta. *E. sororcula* prevalece em área de pomar, local em que ocorre com frequência 70,8% maior que *E. stigmatias*. Sua abundância no pomar da Fazenda Água Limpa pode indicar uma forma de exploração mais especializada do recurso disponível na monocultura de goiaba, cuja oferta é sazonal e diretamente

dependente da interferência humana (Andow 1991). *E. stigmatias*, por outro lado, utiliza uma maior variedade de recursos nativos da reserva ecológica, ali mantendo frequências de ocorrência mais altas por períodos maiores que *E. sororcula*. Oliveira & Gibbs (2000) já haviam descrito a rica e abundante produção de frutos no Bioma Cerrado e sua potencialidade para suportar a grande diversidade de espécies de insetos que se alimentam destes recursos.

Frizzas *et al* (2003) também verificaram pico de ocorrência de Otitidae coincidentes com o período de safra de milho e sorgo, confirmando a idéia de que a dinâmica populacional destas moscas é bastante influenciada pela oferta de recursos alimentares (Bateman 1972).

A maior abundância de fêmeas de *E. sororcula* no pomar e de *E. stigmatias* na Estação Ecológica reafirmam a distinção entre estas espécies quanto aos ambientes preferenciais em que se estabelecem.

Frías (1978, 1981) demonstrou, para *Euxesta annonae* (Fabricius) e *Euxesta eluta* (Loew) co-ocorrendo em cultura de milho, algumas diferenças na duração do ciclo de vida e na fecundidade, influenciadas tanto pela temperatura quanto pela umidade do ambiente. Além disto, verificou que a disponibilidade de água nos grãos de milho, que varia segundo seu estado de maturação, também influencia a dinâmica reprodutiva destas espécies. Huepe *et al* (1986) descreve mecanismos de deslocamento temporais na dinâmica de *Euxesta mazorca* (Steyskal) e de *E. eluta*, o que permitiria sua coexistência em lavouras de milho.

As espécies estudadas também diferiram quanto ao tamanho e graus de assimetria apresentados. *E. stigmatias*, embora menor do que *E. sororcula*, não apresentou variações de tamanho nem alterou seus índices de AF ao longo dos meses de coleta, nem estes diferiram entre machos e fêmeas. Por outro lado, *E. sororcula* apresentou variações no tamanho, possivelmente influenciadas pela temperatura (Tabela 3).

O maior tamanho de machos de *E. sororcula* com relação ao tamanho das fêmeas pode estar associado ao sucesso de acasalamento de machos com maior biomassa, que seriam preferidos pelas fêmeas como parceiros de cópula, padrão comumente observado em outros dípteros (Baldwin & Bryant 1981). De fato, atos de cortejo prévios à cópula em *E. sororcula* foram descritos por Martos-Tupes (1982), incluindo a perseguição e apreensão da fêmea pelo macho.

Há uma base de dados ainda incipiente na literatura sobre os representantes de Otitidae (Tephritoidea) (Korneyev 2000, Brunel & Rull 2010ab). Os grupos já estudados (Diaz-Fleischer & Aluja 2000), possuem dados restritos à sua importância econômica (Allen & Foote 1975, Frías 1978, Martos-Tupes 1982, Seal & Jansson 1989, 1993, Seal *et al* 1995) que, de acordo com Aluja (1999), são voltados para áreas de produção e não levam em conta as áreas naturais que poderiam servir de áreas de refúgio para estas espécies.

Apenas *E. sororcula* apresentou significativos valores de AF, influenciados tanto pelo sexo quanto pelo local das coletas. A maior susceptibilidade desta espécie em alterar seu programa normal de desenvolvimento e manter a simetria corpórea, em comparação com *E. stigmatias*, abre possibilidades para que seja utilizada como bioindicadora de perturbações ambientais (Leug *et al* 2000, Hasson & Rössler 2002). Organismos indicadores de estresse causados por modificação de habitat são importantes para se evitar impactos irreversíveis ao ambiente (Leary & Allendorf 1989, Tomkins & Kotiaho 2001, Silva *et al* 2009).

As populações de *E. sororcula* e *E. stigmatias* da EEP e da FAL apresentam distintos padrões em sua variação populacional, mostrando diferentes respostas aos fatores climáticos e em relação ao uso de recursos para estabelecimento e alimentação. Os indivíduos destas populações são também distintamente afetados pelo clima e pelo hábitat de estabelecimento. *E. sororcula* é mais suscetível a apresentar variações plásticas no tamanho e na simetria corpórea, sendo, portanto um promissor bioindicador de estresse ambiental. Esta espécie constitui, ainda, na área estudada, risco potencial maior do que *E. stigmatias* para provocar danos às plantações comerciais de goiaba. Este estudo mostra, ainda, que reservas naturais podem ser oportunos locais de refúgio destas espécies em épocas de entressafra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque F A, Pattaro F C, Borges L M, Lima R S, Zabini A V (2002) Insetos associados à cultura da aceroleira (*Malpighia glabra* L.) na região de Maringá, Estado do Paraná. *Actasciagron* 24: 1245-1249.
- Allen E J, Foote B A (1975) Biology and immature stages of *Tritoxa incurva* (Diptera: Otitidae). *Proc. Entomol. Soc. Wash.* 77: 247-257.
- Almeida M A F, Prado A P (1999) *Aleochara* spp. (Coleoptera: Staphylinidae) and pupal parasitoids (Hymenoptera: Pteromalidae) attacking symbovine fly pupae (Diptera: Muscidae, Sarcophagidae and Otitidae) in southeastern Brazil. *Biol. Control.* 14: 77-83.
- Altieri M A, Letourneau D K (1984) Vegetation diversity and insect pest outbreaks. *Crit. Rev. Plant Sci.* 2: 131-169.
- Aluja M (1999) Fruit Flies (Diptera: Tephritidae) research in Latin America: myths, realities and dreams. *An. Soc. Entomol. Brasil.* 28: 565-594
- Amorim D S, Silva V C, Balbi M I P A (2002) Estado do conhecimento dos dípteros neotropicais. *Monogr. Terc. Milen.* 2: 29-36.
- Andow D A (1991) Vegetational diversity and arthropod population response. *Ann. Rev. Entomol.* 36: 561-586.
- Babbitt G A, Kiltie R, Bolker B (2006) Are the fluctuating asymmetry studies adequately sampled implications of a new model size distribution. *Am. Nat. Chicago.* 167: 230-245.
- Baldwin F T, Bryant E H (1981) Effect of size upon matting performance within geographic strains of the housefly, *Musca domestica* L. *Evolution* 35: 1134-1141.
- Barryman, A.A. 1987. The Theory of classification of outbreaks, p. 3-30 In: P.Barbosa, J.C, Schultz (eds.). *Insect Outbreaks*. New York, Academic Press, 578p.
- Bateman M A (1972) The ecology of fruit flies. *Annu. Rev. Entomol.* 17: 493- 518.
- Bragança M., Souza O D, Zanuncio J C (1998) Environmental heterogeneity as a strategy for pest management in *Eucalyptus* plantations. *For. Ecol. Manag.* 102: 9-12.
- Brunel O, Rull J (2010a) The natural history and unusual mating behavior of *Euxesta bilimeki* (Diptera: Ulidiidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 103:111-119.

- Brunel O, Rull J (2010b) The natural history and mating behavior of *Pseudodyscrasis scutellaris*, a fly species (Ulidiidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 103:430-438.
- Capineira J L (2001) Handbook of vegetable pests. San Diego, Academic Press, 729p.
- Cárcamo H A, Floate K D, Lee B L, Beres L, Clarke F R (2008) Developmental instability in a stem-mining sawfly: can fluctuating asymmetry detect plant host stress in a model system? *Oecologia*. 156: 505-513.
- Cardoso E, Moreno M I C, Bruna E M, Vasconcelos H L (2009) Mudanças fitofisionômicas no Cerrado: 18 anos de sucessão ecológica na estação ecológica do Panga, Uberlândia – MG. *Caminh. Geogr.* 32: 254-268.
- Díaz-Fleischer F, Aluja M (2000) Behavior of tephritid flies: a historical perspective, p. 39-72. In: Aluja M, Norrbom A L (eds). *Fruit flies (Tephritidae): phylogeny and evolution of behavior*, Boca Raton, CRC Press. 984p.
- Eggert A K, Sakaluck S K (1994) Fluctuating asymmetry and variation in the size of courtships food gifts in decorated crickets. *Am. Nat.* 144: 708-716.
- Falconer D S (1989) *Introduction to quantitative genetics* Harlow, Longman Sci & Tech, 438p.
- Frías D L (1978) Estudios ecológicos en *Euxesta stigmatias* y *Euxesta annonae* (Diptera: Otitidae). *Agric. Téc. Chile* 38: 89-94.
- Frías D L (1981) Diferencias de microhabitats entre *Euxesta eluta* y *Euxesta annonae* (Diptera: Otitidae). *Agric. Téc. Chile* 41: 110-114.
- Frizzas M R, Omoto C, Silveira Neto S, Moraes R C B (2003) Avaliação da comunidade de insetos durante o ciclo da cultura de milho em diferentes agrossistemas. *RBMS*. 2:9-24.
- Fuller R C, Houle D (2002) Detecting genetic variation in developmental instability by artificial selection on fluctuating asymmetry. *J. Evol. Biol.* 15: 954-960.
- Gotthard K, Nylin S (1995) Adaptive plasticity and plasticity as an adaptation: a selective review of plasticity in animal morphology and life history. *Oikos* 74: 3-17.
- Hall D G (1988) Insects and Mites Associated with Sugarcane in Florida. *Fla. Entomol.* 71: 138-150.
- Hannon B, Ruth M (1997) *Modeling dynamic biological systems*. New York, Springer, 296p.
- Hasson O, Rössler Y (2002) Character-specific homeostasis dominates fluctuating asymmetry in the medfly (Diptera: Tephritidae). *Fla. Entomol.* 85:73-82.

- Huepe S, Vargas H, Frías D L, Bobadilla D (1986) Estudios morfológicos y ecológicos de *Euxesta eluta* Loew y *Euxesta mazorca* Steyskal (Diptera: Otitidae) en cultivares de maíz en el valle de Lluta, Arica. Rev. Chil. Entomol. 14: 17-24.
- Kanegae A P, Lomônaco C (2003) Plasticidade morfológica, reprodutiva e assimetria flutuante de *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) sob diferentes temperaturas. Neotrop. Entomol. 32: 37-43.
- Klingenberg C P, MacIntyre G S (1998) Geometric morphometrics of development instability: analyzing patterns of fluctuation asymmetry with procrustes methods. Evolution 52: 1363-1375.
- Korneyev V A (2000) Phylogenetic relationships among higher groups of tephritidae. p 73-114 In: Aluja M, Norrbom A L (eds). Fruit flies (Tephritidae): phylogeny and evolution of behavior, Boca Raton, CRC Press, 984p.
- Leary R F, Allendorf F W (1989) Fluctuating asymmetry as an indicator of stress: Implications for conservation biology. Trends Ecol. Evol. 4: 214-217.
- Lerner I M (1954) Genetic homeostasis. London, Oliver and Boyd, 154p.
- Leung B, Forbes M R, Houle D (2000) Fluctuating asymmetry as a bioindicator of stress: comparing efficacy of analyses involving multiple traits. Am. Nat. 155: 101-115.
- Link D, Storck L, Cervi J A, Padoin A J, Giuliani D (1984) Ocorrência da mosca *Euxesta* sp. em milho doce na região de Santa Maria, RS, Brasil. Cienc. Rural. 14: 93-99.
- Lomônaco C, Prado A P (1994) Morfometria de *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) de granjas de galinhas poedeiras. An. Soc. Entomol. Bras. 23: 171-178.
- Lomônaco C, Germanos E (2001) Variações fenóticas em *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) em resposta à competição larval por alimento. Neotrop. Entomol. 30: 223-231.
- Manly B F J (1994) Multivariate statistical methods. London, Chapman & Hall, 215p.
- Markow T A (1995) Evolutionary ecology and developmental instability. Ann. Rev. Entomol. 40: 105-120.
- Martos-Tupes A (1982) Aspectos de la biología y comportamiento de *Euxesta sororcula* W. (Diptera-Otitidae) plaga del maíz. Rev. Peru. Entomol. 25: 55-64.
- Møller A P, Pomiankowski A (1993) Fluctuating asymmetry and sexual selection. Genetica. 89: 267-279.
- Møller A P, Swadle J P (1997) Asymmetry, developmental stability and evolution. Oxford, Oxford University Press, 304p.

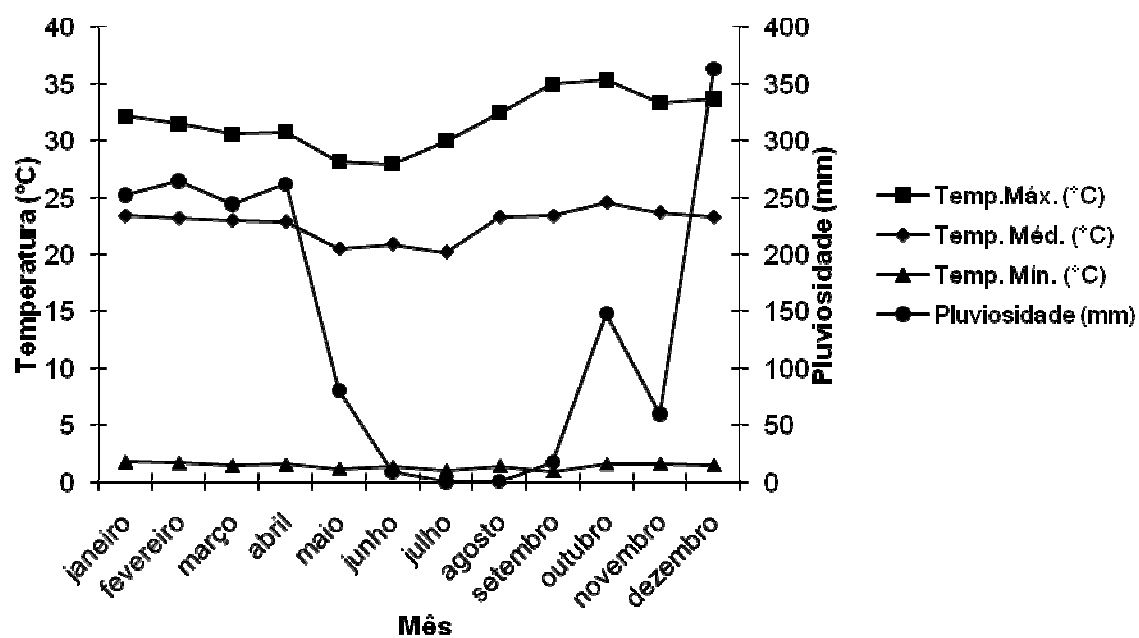
- Nimer E, Brandão A M P M (1989) Balanço hídrico e clima da região dos cerrados. Rio de Janeiro, IBGE. 128p.
- Nuessly G S, Capineira J L (2004) Cornsilk fly (suggested common name), *Euxesta stigmatias* Loew (Insecta: Diptera: Otitidae). Disponível on-line: http://entomology.ifas.ufl.edu/creatures/field/cornsilk_fly.htm
- Nuessly G S, Scully B T, Hentz M G, Beiriger R (2007) Resistance to *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Euxesta stigmatias* (Diptera: Ulidiidae) in sweet corn derived from exogenous and endogenous genetics systems. J. Econ. Entomol. 100: 1887:1895
- Oliveira P E, Gibbs P E (2000) Reproductive biology of wood plants in a cerrado community of Central Brazil. Flora 195: 311-329.
- Palmer R A, Strobeck C (1986) Fluctuating asymmetry: measurement analysis, patterns. Ann. Rev. Ecol. 17: 391-421.
- Palmer R A, Strobeck C (2003) Fluctuating asymmetry revisited, p 279-319 In: Polak M (ed) Developmental instability (DI): causes and consequences. New York, Oxford Universid Press, 459p.
- Parsons P A (1990) Fluctuating asymmetry: an epigenetic measure of stress. Biol. Rev. 65: 131-145.
- Pereira C D, Lomônaco C (2003) Produção de formas aladas em colônias de *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) por indução do parasitóide *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hymenoptera: Aphidiidae) e alguns aspectos comportamentais da interação destas espécies. Neotrop. Entomol. 32: 97-102 .
- Perfectti F, Camacho J P (1999) Analysis of genotypic differences in development stability in *Annona cherimola*. Evolution 53: 1396-1405.
- Ribeiro S C, Souza A M, Lomônaco C (1995) Influência de fatores ambientais na determinação de tamanho de *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) Rev. Bras. Entomol. 55: 633-637.
- Rodrigues F M A, Lomônaco C, Christoffersen M L (2009) Habitat partition, and variation of size and symmetry of three sympatric species of *Alpheus* (Decapoda: Caridae) along an intertidal gradient in the southwest Atlantic. J. Crustac. Biol. 29: 334-342.
- Scheiner S M (1993) Genetics and evolution of phenotypic plasticity. Annu. Rev. Ecol. Entomol. 24: 35-68

- Schiavini I, Araújo G M (1989) Considerações sobre a vegetação da Reserva Ecológica do Panga (Uberlândia). Soc. Nat. 1: 61-66.
- Schmidt-Nielsen K (1984) Scaling: why is animal size so important? Cambridge, Cambridge University Press, 256p.
- Seal D R, Jansson R K (1989) Biology and management of corn-silk fly, *Euxesta stigmatias* Loew (Diptera: Otitidae), on sweet corn in southern Florida. Proc. Fla. State Hortic. Soc. 102: 370- 373.
- Seal D R, Jansson R K (1993) Oviposition and development of *Euxesta stigmatias* (Diptera: Otitidae). Environ. Entomol. 22: 88-92.
- Seal D R, Jansson R K, Bondari K (1995) Bionomics of *Euxesta stigmatias* (Diptera: Otitidae) on sweet corn. Environ. Entomol. 24: 917-922.
- Seal D R, Jansson R K, Bondari K (1996) Abundance and reproduction of *Euxesta stigmatias* (Diptera: Otitidae) on sweet corn in different environmental conditions. Fla. Entomol. 79: 413-422.
- Silva M, Lomônaco C, Augusto S C, Kerr W E (2009) Climatic and anthropic influences on size and fluctuating asymmetry of *Euglossina* bees (Hymenoptera, Aphidae) in a semidecidual seasonal forest reserve. Genet. Mol. Res. 8: 730-737.
- Steyskal, G C. (1968) Family Otitidae, parte 54: p. 31. In: Vanzolini P E, Papavero N (eds.). A catalogue of Diptera of the Americas South of the United States. São Paulo, Secr. Agric., Depto. Zool. 111p.
- Systat (2002) Systat for windows statistics. Version 10.2. Chicago, SPSS Inc.
- Tomkins J L, Kotiaho J S (2001) Fluctuating asymmetry. In: Encyclopedia of Life Science, Macmillan Publishers Ltd., Nature Publishing Group, London 1-5.
- Vaz L A L, Tavares M T, Lomônaco C (2004) Diversidade e tamanho de himenópteros parasitóides de *Brevicoryne brassicae* L. e *Aphis nerii* Boyer de Foscolombe (Hemiptera: Aphididae). Neotrop. Entomol. 33: 225-230.
- Via S (1991) The genetic structure of host plant adaptation in a spatial patchwork: demographic variability among reciprocally transplanted pea aphid clones. Evolution 45: 827-852.
- Via S, Lande R (1985) Genotype-environment interactions and the evolution of phenotypic plasticity. Evolution 39: 505-522.

- Wang X C, Johnson M W, Dane K M, Yokoyama V Y (2009) Larger olive fruit size reduces the efficiency of *Psytalia concolor* as a parasitoid of the olive fruit fly. Biol. Control. 49: 45-51.
- Woods R E, Hercus, M J, Hoffmann A A (1998) Estimating the heritability of fluctuating asymmetry in field *Drosophila*. Evolution 52: 816-824.
- Zar J H (1984) Biostatistical Analysis. New Jersey, Prentice Hall, 718p.

ANEXOS

Anexo A



Climatograma com as variáveis climáticas das áreas de coletas no ano de 2008

Anexo B

Foto da armadilha pet utilizadas nas coletas de *Euxesta*

Capítulo 2

**Ação de fatores ambientais na morfometria de *Brevicoryne brassicae*
(Hemiptera: Aphididae) e do hiperparasitóide *Alloxysta fuscicornis*
(Hymenoptera: Figitidae)**

RESUMO

Os organismos são programados para produzir um fenótipo predeterminado por regulação homeostática, mas a influência de fatores ambientais, experimentados ao longo de suas histórias de vida, pode alterar sua expressão fenotípica pré-programada. Uma vez alteradas certas características individuais que estejam associadas à aptidão, ajustes subsequentes a nível populacional podem ser observados. O objetivo deste trabalho foi o de verificar a ação de fatores ambientais na determinação de alguns aspectos da morfometria do pulgão *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus) (Aphididae) e do microhimenoptero hiperparasitóide *Alloxysta fuscicornis* (Hartig) (Figitidae). Foi testado se o tamanho do pulgão poderia ser influenciado pela sua distribuição vertical e densidade de ocorrência na planta hospedeira e pelas variações climáticas. Também foi verificado se variações no tamanho e na simetria dos hiperparasitóides estariam correlacionadas com o clima e com o tamanho e a densidade dos pulgões hospedeiros. Os insetos foram coletados em uma plantação de couve da Fazenda Experimental do Glória (UFU), Uberlândia, MG. Medidas morfométricas nos pulgões parasitados e nos hiperparasitóides foram efetuadas para permitir a obtenção de um índice multivariado de tamanho e um índice de assimetria flutuante (AF). *B. brassicae* apresentou variação em seu tamanho e na sua densidade em durante os meses de coleta, mas não foram encontradas variações em relação à posição na planta hospederia. O mesmo padrão foi encontrado para *A. fuscicornis*. Houve ainda relação positiva entre o tamanho das múnias do pulgão e o tamanho dos hiperparasitóides. O aumento da temperatura afetou negativamente o tamanho e a densidade de *B. brassicae*. Não foram encontradas alterações significativas nos níveis de AF de *A. fuscicornis* ao longo do tempo nem em decorrência da distribuição vertical dos hospedeiros primários. Uma vez alteradas as característica de *B. brassicae*, modificações no tamanho e na assimetria de *A. fuscicornis* foram também produzidas. Ajustes plásticos a nível individual e populacionais contribuíram para a regulação da dinâmica populacional das espécies investigadas.

Palavras chave: Assimetria flutuante, tamanho corporal, troca lateral

ABSTRACT

Organisms are programmed to produce a predetermined phenotype by homeostatic regulation, but the environmental influences experienced along their life histories may alter their preprogrammed phenotypic expression. Once altered the individual fitness related characteristics, subsequent adjustments in the populational level were also expected. The aim of this study was to examine the action of environmental factors determining some aspects of the aphid *Brevicoryne brassicae* (Aphididae) and its microhymenopteran hyperparasitoid *Alloxysta fuscicornis* (Figitidae) morphometries. It was tested whether the size of the aphid could be influenced by their vertical distribution and density of occurrence on host plant and by the climatic variations. It was also verified that variations in size and symmetry of hyperparasitoids be correlated with the climate and the size and density of the aphids hosts. The insects were collected in a cabbage planting of the Gloria Experimental Farm, Uberlândia, MG. Morphometric measurements were performed on aphids and hyperparasitoids in order to obtain a multivariate index of size and an index of fluctuating asymmetry (FA). *B. brassicae* presented size and density variations along collection months, but no variations were found in relation to their position on the host plant. The same pattern was found for *A. fuscicornis*. There was also a positive relationship between the aphid mummies' sizes and the hyperparasitoids' sizes. The temperature increase negatively affected the size and the density of *B. brassicae*. No significant changes were found in the FA levels of *A. fuscicornis* along time neither as a consequence of their host plant vertical distribution. Once altered the *B. brassicae* characteristics, changes on the size and symmetry of *A. fuscicornis* were also produced. Plastic adjustments at individual and populational levels have contributed to the populational dynamic regulation of the studied populations.

Key words: Fluctuating asymmetry, body size, trade-off

INTRODUÇÃO

Apesar dos organismos estarem programados para produzir um fenótipo predeterminado por regulação homeostática (Lerner 1954), alguns distúrbios e/ou a ação de fatores ambientais experimentados durante o seu desenvolvimento podem alterar sua expressão fenotípica préprogramada (Agrawal 2001, De Jong 2005). A heterogeneidade ambiental, por exemplo, pode afetar o tamanho ou biomassa de um organismo, que são importantes características quantitativas relacionadas ao *fitness* (Borgia 1979).

Uma vez alteradas as dimensões do corpo, modulações nos níveis biológicos subsequentes são esperadas porque o tamanho de um organismo está geralmente relacionado à sua capacidade reprodutiva ou competência para sobreviver (Schmidt-Nielsen 1984, Honek 1993, Lomônaco & Germanos 2001, Gorür *et al* 2005, Rodrigues *et al* 2009). Deste modo, espera-se que interações populacionais e relações bióticas estabelecidas em uma comunidade influenciem e sejam influenciadas pela alteração na biomassa corpórea de um dado organismo (Vaz *et al* 2004, Gorür *et al* 2005).

Influências ambientais também afetam a habilidade do indivíduo produzir um fenótipo com simetria bilateral perfeita. Se a expressão de bilateralidade é determinada pelo mesmo genoma, então a assimetria entre os lados é consequência de modificações no desenvolvimento normal, o que pode ter causas genéticas e/ou ambientais (Markow 1995). O grau de assimetria de um grupo de organismos tem sido avaliado pela Assimetria Flutuante (AF), definida como pequenos desvios aleatórios de traços perfeitos da simetria em organismos que apresentam simetria bilateral (Parsons 1990, Palmer & Strobeck 1986). Conseqüentemente, a AF pode ser um bom indicador da estabilidade do desenvolvimento individual e também do *fitness*.

Pulgões representam modelos práticos para o estudo das influências ambientais na estrutura de seus fenótipos e populações porque são comuns, reproduzem-se abundantemente formando clones ou colônias que estão sujeitas a condições instáveis e heterogêneas no tempo e no espaço. Além disto, por serem pragas de diversas culturas, seria desejável a elucidação de alguns aspectos de sua dinâmica populacional e do modo como interage com seus inimigos naturais, por exemplo, através da sua distribuição vertical na planta hospedeira (Raworth *et al* 1984, Trichilo *et al* 1993, Godoy & Cividanes 2002a).

No monitoramento de pragas, o tamanho e a simetria corpóreos de predadores e parasitóides deveriam ser investigados, pois a biomassa e o grau de simetria corporal podem influenciar importantes aspectos da história de vida (Schmidt-Nielsen 1984). Indivíduos maiores e simétricos tendem a apresentar maior longevidade e, além disto, maior tamanho e simetria também estão muitas vezes associados à maior fecundidade e ao sucesso reprodutivo (Møller & Pomiankowski 1993, Møller & Swadle 1997, Wang *et al* 2009).

O objetivo deste trabalho foi o de verificar a ação de fatores ambientais na determinação de alguns aspectos da morfometria de *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus) e do hiperparasitóide *Alloxysta fuscicornis* (Hartig). Foi testado se o tamanho do pulgão poderia ser influenciado pela sua distribuição vertical e densidade na planta hospedeira e pelas variações climáticas experimentadas sazonalmente. Também foi verificado se variações no tamanho e na simetria dos hiperparasitóides estariam correlacionadas com o clima e com o tamanho e a densidade dos pulgões hospedeiros.

MATERIAL E MÉTODOS

Organismos estudados

Brevicoryne brassicae, Linnaeus, 1758 (Hemiptera: Aphididae) é um afídeo comum em regiões subtropicais, e segundo Blackman & Eastop (2000) é frequentemente associado às brassicáceas, como repolho, brócolis, couve-flor, mostarda, nabo. Provoca danos graves na planta hospedeira, tais como: amarelecimento das folhas, morte ou paralisia parcial ou total no crescimento (Mariconi *et al* 1963, Lara *et al* 1978). Em condições de clima tropical sua reprodução é exclusivamente partenogenética, diferente do que ocorre em condições de clima temperado, onde apresenta uma fase da vida com reprodução sexuada (Dixon 1985). No Brasil já foi coletado em todas as regiões do país (Sousa-Silva & Ilharco 1995, Da Silva *et al* 2004).

Alloxysta fuscicornis, Hartig, 1841 (Hymenoptera: Figitidae) é um hiperparasitóide de himenópteros Braconidae e Chalcidoidea, principalmente da subfamília Aphidiinae e da família Aphelinidae que parasitam pulgões (Pujade-Villar *et al* 2002). O gênero *Alloxysta* é cosmopolita, embora seus representantes sejam mais abundantes e diversificados em áreas de clima temperado, onde a distribuição de seus pulgões hospedeiros (Aphididae) é maior (Paretas-Martínez & Pujade-Villar 2007).

Metodologia de coleta

As coletas foram realizadas em 2007, na Fazenda Experimental do Glória (18°56'54"S e 48°12'46" O), situada no município de Uberlândia, MG. Foram cultivadas 75 plantas de couve em canteiros com três linhas (espaçamento de 1 metro entre linhas e 0,5 metro entre plantas) contendo 25 plantas cada (Figura 1). Somente adubação orgânica (esterco de curral) foi utilizada e não houve aplicação de inseticidas durante a condução do experimento. A manutenção dos canteiros era feita regularmente, destacando-se os brotos laterais e substituindo as plantas mortas quando necessário.



Figura 1 – Canteiros de couve com colônias de *Brevicoryne brassicae* na Fazenda Experimental do Glória, Uberlândia – MG (foto : M.V. Sampaio).

A colonização das plantas pelos pulgões foi feita naturalmente, sem interferência humana e, após o tempo necessário para o desenvolvimento de colônias, iniciaram-se coletas semanais, escolhendo-se, ao acaso, uma planta da qual foram retiradas duas folhas, sendo uma apical e uma basal. As folhas apicais eram mais jovens, ainda em expansão e com conformação ereta, e as folhas basais já estavam totalmente expandidas, em início da senescência. Com auxílio de microscópio estereoscópico, foi feita em cada folha a contagem do número de pulgões para estimativa da densidade. Além disto, as múmias (pulgões parasitados) foram coletadas e mantidas individualmente em tubos

“eppendorf” para acompanhamento da emergência dos hiperparasitóides por até quatro semanas.

A identificação dos pulgões levou em conta características morfológicas dos indivíduos saudáveis, como tamanho do sifunculo, presença e quantidade de cera, coloração do corpo, antenas e pernas e a posição das franjas abdominais nos alados (Blackman & Eastop 2000, Peña-Martinez 2002). A identificação dos hiperparasitóides foi realizada por Dr. Marcus Vinícius Sampaio. Todos os exemplares foram depositados na Coleção de Invertebrados do Laboratório de Ecologia Evolutiva da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG.

Dentre os indivíduos coletados nas folhas, foram extraídas mensalmente, ao acaso, 8 múmias e 8 hiperparasitóides, entre agosto e dezembro de 2007. Estes indivíduos foram montados entre lâminas e lamínulas e levados a um estereomicroscópio (4,2 x), para realização de medidas morfométricas.

Nos hiperparasitóides foram escolhidos dois segmentos nas asas anteriores, correspondentes ao comprimento e à largura da mesma. O primeiro segmento compreendeu a distância entre a área de inserção da asa no tórax até a sua margem distal, interseccionando o limite inferior da célula radial. O segundo segmento compreendeu a distância entre o encontro da célula radial com a costa da asa até a parte anal da asa (Figura 2). As medidas foram realizadas utilizando-se um paquímetro digital.

Nas múmias foram medidos o comprimento total do corpo (da cabeça até a porção final do abdômen) e a largura, que compreendeu a maior medida possível na região mediana corporal (Figura 3).

Os dados meteorológicos (temperatura média e precipitação acumulada) obtidos em todo o período de coleta foram obtidos na Estação Meteorológica da Fazenda do Glória, situada a cerca de 500 metros do local onde o experimento foi instalado (Anexo A).

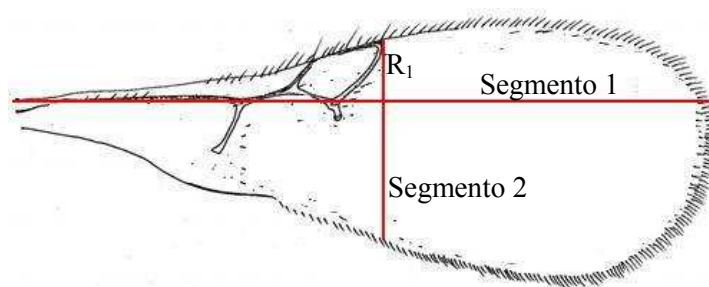


Figura 2 – Medidas morfométricas efetuadas nas asas dos hiperparasitóides (segmento 1: comprimento; segmento 2: largura; R_1 : célula radial)

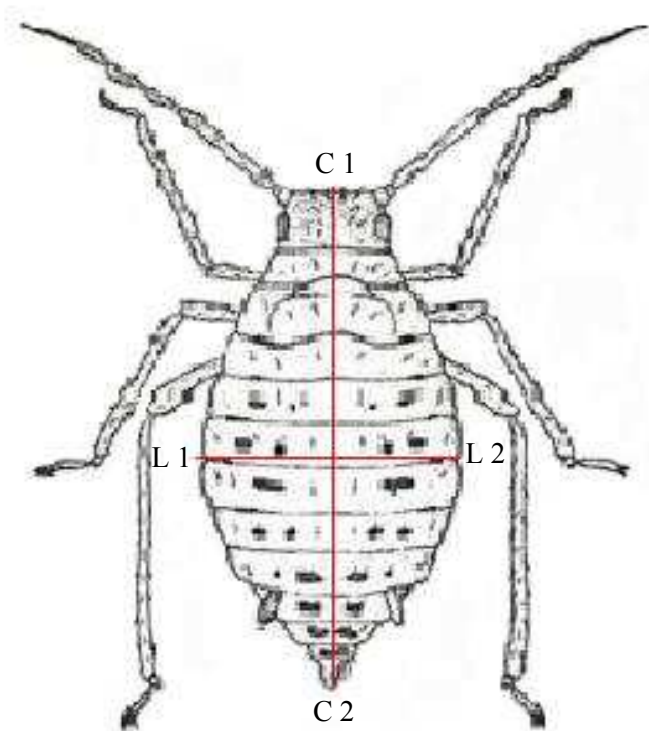


Figura 3 – Medidas morfométricas (C1 - C2: comprimento, L1 - L2: largura) realizadas em múmias do pulgão *Brevicoryne brassicae*.

Análises Estatísticas

As medidas morfométricas tomadas nos hiperparasitóides e nas múmias foram separadamente simplificadas com o uso da Análise de Componentes Principais (ACP), para obtenção de um índice multivariado de tamanho (Manly 1994). Para testar a normalidade do índice obtido, foi usado o teste Lilliefors. As diferenças de tamanho de *B.*

brassicae e *A. fuscicornis* entre os meses e altura das folhas foram investigadas utilizando uma ANOVA para dois fatores (Zar 1984).

A Assimetria Flutuante (AF) foi calculada considerando as diferenças absolutas entre as medidas da asa esquerda e as medidas da asa direita, $AF = \sum |D - E| / N$. Uma análise de variância para dois fatores (ANOVA) foi usada para determinar se a variação dos lados era significativamente maior do que o erro medido (Woods *et al* 1998, Perfectti & Camacho 1999). De acordo com Palmer & Strobeck (1986), é necessário distinguir a AF da simetria direcional e da antissimetria. Um teste *t* foi feito para verificar se as médias das medidas das asas direitas menos as medidas das asas esquerdas não eram significativamente diferentes de zero, a fim de se descartar a ocorrência da assimetria direcional. A antissimetria foi testada verificando a normalidade da distribuição de frequência da medida da asa direita menos a medida da asa esquerda, usando o teste Kolmogorov-Smirnov. A Dependência da AF ao tamanho da medida foi testada para cada amostra por correlação das diferenças absolutas das medidas das asas com o valor da medida do lado direito (Palmer & Strobeck 1986, Eggert & Sakaluk 1994). Diferenças na AF entre as posições das folhas e entre os meses de coleta foram verificadas, respectivamente, com uso de teste do Mann-Whitney e do teste de Kruskal-Wallis (Zar 1984).

Testes de correlação de Spearman foram efetuados para verificar se o índice de tamanho de pulgões e de hiperparasitóides, a AF dos hiperparasitóides, a densidade dos pulgões e as variáveis climáticas (temperatura e precipitação) estariam correlacionados entre si. Uma análise de regressão linear simples foi efetuada para descrever a relação entre os índices de tamanho dos pulgões e dos hiperparasitóides (Zar 1984).

Diferenças nas densidades populacionais durante os meses da coleta foram verificadas com o auxílio de um teste Kruskal-Wallis. Um teste Mann-Whitney verificou se havia diferenças nas densidades entre as folhas superiores e inferiores. Todas as análises estatísticas foram efetuadas com uso do software Systat 10.2 (2002).

RESULTADOS

Os índices multivariados de tamanho dos pulgões e dos hiperparasitóides foram adequadamente obtidos, explicando 84,89% da variação morfométrica total das medidas realizadas nos pulgões e 79,42% das medidas realizadas nos hiperparasitóide. Os demais

componentes, que informam distorções na forma, explicaram juntos 15,11% e 20,57% da variação total, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1 - Componentes principais da matriz de correlação de medidas morfométricas do pulgão de *Brevicoryne brassicae* mumificado e do hiperparasitóides *Alloxysta fuscicornis*.

	<i>Brevicoryne Brassicae</i>		<i>Alloxysta fuscicornis</i>	
	1	2	1	2
Comprimento	0,909	0,416	0,910	0,415
Largura	0,909	-0,416	0,910	-0,415
Variância explicada pelos componentes				
	1,653	0,347	1,656..	0,344
Porcentagem do total de variância explicada (%)				
	84,89	15,11	79,42	20,57

Os índices de tamanhos obtidos apresentaram distribuição normal ($D_{\max} = 0,044$; $p = 1,000$ para *B. brassicae* e $D_{\max} = 0,074$; $p = 0,402$ para *A. fuscicornis*).

A ANOVA para dois fatores apontou diferenças no tamanho dos pulgões durante os meses de coletas ($F = 4,518$; $p < 0,005$), porém não houve diferenças de tamanho em relação à altura da folha ($F = 0,056$; $p = 0,814$). A interação meses*altura não foi significativa ($F = 1,013$; $p = 0,408$). Foram detectadas diferenças no tamanho dos hiperparasitóides entre os meses de coletas ($F = 6,708$; $p < 0,001$), mas não foram detectadas diferenças de tamanho em relação à altura da folha ($F = 0,021$; $p = 0,979$) nem houve interação entre estes fatores ($F = 1,031$; $p = 0,277$) (Figura 4).

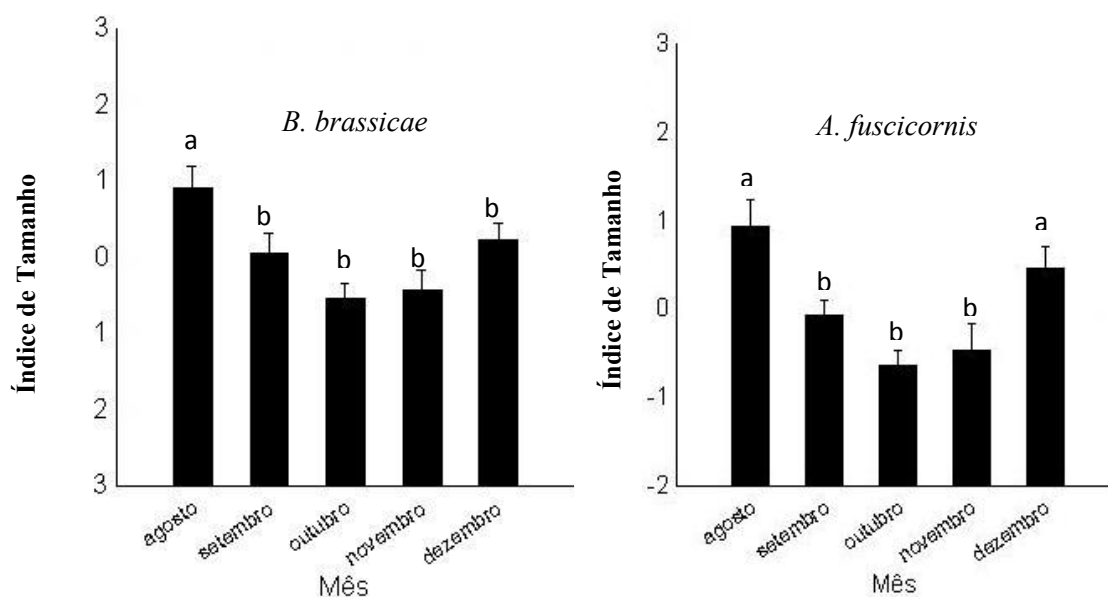


Figura 4 – Índices multivariados de tamanho do pulgão *Brevicoryne brassicae* e do hiperparasitóide *Alloxysta fuscicornis* coletados em folhas de couve na Fazenda Experimental do Glória ao longo dos meses de coleta (Letras diferentes apontam diferenças significativas ($p < 0,05$) de acordo o teste de comparações múltiplas de Tukey).

Houve variação na densidade dos pulgões ao longo das coletas ($H = 70,000$; $p < 0,001$), sendo o mês de outubro o mês de maior abundância ($n = 819$), seguido do mês de setembro ($n = 444$), dezembro ($n = 202$), agosto ($n = 27$) e novembro ($n = 7$) (Figura 6). Não foram detectadas diferenças de densidade entre folhas superiores e inferiores ($U = 542,000$; $p = 0,300$).

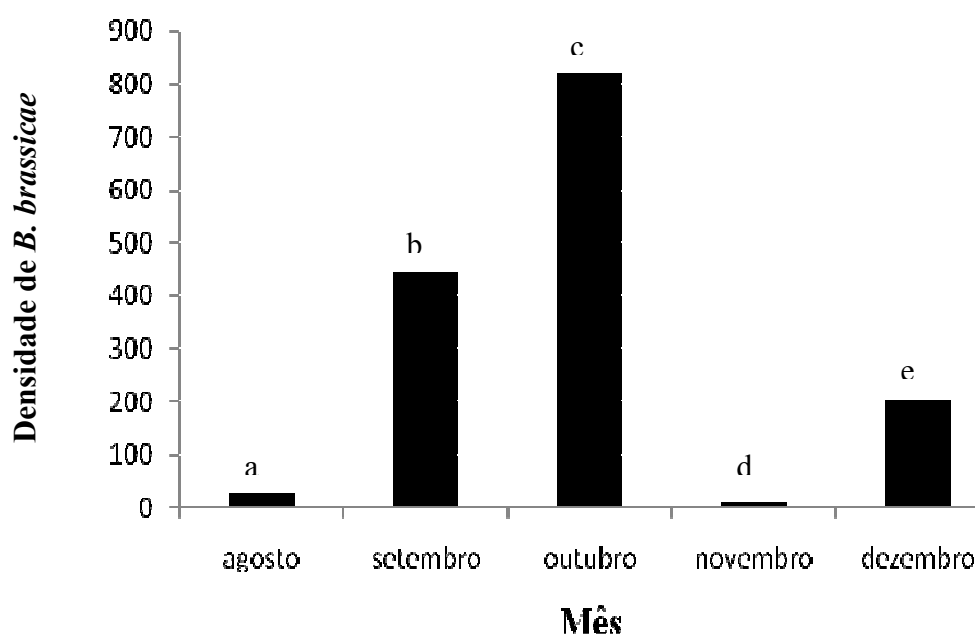


Figura 5 – Densidade populacional de *Brevicoryne brassicae* em folhas de couve durante os meses de coletas na Fazenda Experimental do Glória. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) de acordo com o teste Tukey-type.

Os erros nas medições de AF foram considerados desprezíveis para a medida do comprimento da asa do hiperparasitóide ($F = 3,388$; $p < 0,05$). Entretanto, para a largura, os erros nas medições foram significativamente maiores que as diferenças entre os lados, e, portanto, esta variável foi descartada.

O argumento de Babbitt *et al* (2006) de não obrigatoriedade da distribuição da AF ser normal foi adotado. O teste Kruskal-Wallis não indicou diferenças na AF entre os meses ($H = 1,294$; $p = 0,862$) nem para a altura da folha ($U = 608,000$; $p = 0,777$).

O tamanho do hiperparasitóide relacionou-se positivamente com o tamanho do pulgão ($r^2 = 0,538$; $p < 0,001$) ao longo dos meses (Figura 6).

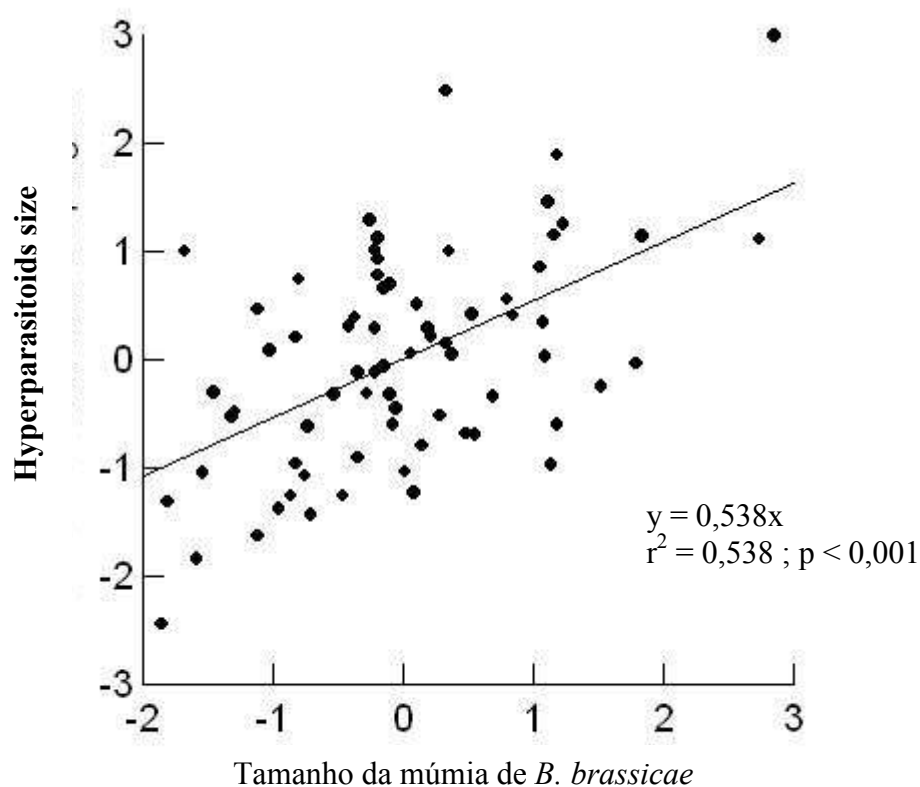


Figura 6 – Relação entre o tamanho da múmia do pulgão *Brevicoryne brassicae* e o tamanho do hiperparasitóide *Alloxysta. fusicorni* em coletas realizadas em folhas de couve na Fazenda Experimental do Glória no período de agosto a dezembro de 2007.

Foram significativas as correlações negativas entre os tamanhos dos pulgões e dos hiperparasitóides com a temperatura média. A densidade populacional dos pulgões influenciou negativamente o tamanho do hiperparasitóide e correlacionou-se positivamente com a temperatura. Somente a largura da múmia afetou os níveis de AF dos hiperparasitóides. As demais correlações não foram significativas (Tabela 2).

Tabela 2 – Matriz de correlação de Spearman (r_s) entre tamanho, largura da múmia e densidade de *Brevicoryne brassicae*, tamanho e assimetria flutuante (AF) do hiperparasitóide *Alloxysta fuscicornis* e variáveis climáticas (temperatura média, precipitação mensal). (Valores de probabilidade entre parênteses e valores significativos significativos em negrito. Para todas as análises $n = 71$).

	<i>Brevicoryne brassicae</i>		<i>Alloxysta fuscicornis</i>	
	densidade	tamanho	tamanho	AF
Temperatura	0,825 (<0,001)	-0,417 (<0,001)	-0,507 (<0,001)	-0,069 (>0,050)
Precipitação	-0,199 (>0,050)	-0,124 (>0,050)	-0,068 (>0,050)	-0,034 (>0,050)
Densidade		-0,222 (>0,050)	-0,301 (<0,020)	-0,012 (>0,050)
tamanho hiper				0,033 (>0,050)
largura múmia				-0,250 (<0,050)
tamanho pulgão				0,018 (>0,050)

DISCUSSÃO

O tamanho de *B. brassicae* foi influenciado pela temperatura, que oscilou ao longo das coletas, mas não foi afetado pela distribuição vertical dos pulgões na planta hospedeira. Bateria (1972) e Campbell *et al* (1974) já haviam notado que o tamanho corporal poderia ser modificado pela disponibilidade de alimentos e fatores climáticos, tais como temperatura e a precipitação. Cividanes (2002b, 2003) também verificou que elevadas temperaturas registradas no verão, com limite térmico entre 27 e 30°C, influenciaram negativamente a dinâmica populacional de *B. brassicae*. Além disto, Blackman & Spencer (1994) e Wang *et al* (1997) também notaram diminuição das dimensões do corpo de *Aphis nasturtii* (Kaltenbach) (Hemipterae: Aphididae) com o aumento da temperatura ambiente.

Cividanes & Santos (2003) relataram a preferência de *B. brassicae* por folhas medianas de brassicáceas, possivelmente por possuírem adequadas concentrações de glucosinolatos (compostos secundários característicos das brassicáceas), cujas concentrações são muito elevadas em folhas jovens apicais e em folhas fotossinteticamente ativas (Van Emden 1972). Embora glucosinolatos exerçam

importante função na seleção da planta hospedeira (Cole 1997), estes parecem não afetar a biomassa destes organismos.

Por outro lado, um trabalho de Dixon *et al* (1995), já havia demonstrado que o tamanho de afídeos está diretamente correlacionado com as dimensões dos vasos dos floemas nos quais estes insetos se alimentam, o que refletiria na quantidade de seiva por eles absorvida. Além disto, Agrawal (2004) argumenta que a taxa de crescimento *per capita* de afídeos depende da qualidade da planta em campo.

A temperatura afetou negativamente não somente o tamanho dos pulgões, mas, também, o tamanho dos hiperparasitóides. Para ambos, houve tendência à redução de tamanho em períodos mais quentes, que corresponderam àqueles em que a densidade de ocorrência dos pulgões foi maior. Houve, portanto compensação energética (*trade-off*) entre tamanho e densidade, fenômeno já relatado anteriormente para outros insetos (Lomônaco & Germanos 2001, Kanegae & Lomônaco 2003). Assim, em períodos mais quentes, fêmeas estariam produzindo maior número de descendentes de menor tamanho, ocorrendo o contrário em períodos mais frios, ou seja, a produção de um menor número de descendentes com maior tamanho. Auad *et al* (2002) encontraram relação similar para *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) (Aphididae) e *Uroleucom ambrosie* (Thomas) (Aphididae) em folhas de alface.

Este tipo de ajuste, envolvendo intercâmbios entre mecanismos fisiológicos, morfológicos e interações com o ambiente e com a planta hospedeira podem ser consideradas respostas plásticas adaptativas porque tenderiam a aumentar as possibilidades de sobrevivência em determinado local. Apesar de serem cosmopolitas, pulgões têm o seu desenvolvimento otimizado em locais com climas temperados e/ou subtropicais (Dixon 1985, Heie 1994) e mecanismos de ajuste, como o descrito anteriormente, seriam importantes para sua permanência em locais com climas tropicais.

A clara relação entre os tamanhos dos pulgões e dos hiperparasitóides pode, contudo, ser também resultante da interação biótica indiretamente estabelecida entre eles, conforme descrito por Vaz *et al* (2004). Assim, outro elemento apto a influenciar o tamanho e a densidade dos pulgões nas plantas hospedeiras seria as relações de parasitismo estabelecidas com seus inimigos naturais (Sullivan & Völkl 1999). A presença de *A. fuscicornis* naquele ambiente, poderia também contribuir para gerar variações na densidade e tamanho dos pulgões uma vez que este hiperparasitóide poderia inviabilizar o seu parasitóide primário, reduzindo assim um importante fator de

mortalidade desta população (Van Veem *et al* 2002). Höller *et al* (1993), Rosenheim (1998) e Cividanes (2002a) relataram, por exemplo, que pode haver fuga dos parasitóides para áreas livres de hiperparasitóides ou a ocorrência de explosões populacionais dos pulgões pela redução de seus parasitóides primários. Em alguns ambientes, a emergência de hiperparasitóides no campo pode chegar a 80% em relação ao número de pulgões parasitados (Bueno & Sampaio 2009). Além disto, *A. fuscicornis* é reconhecida por sua grande habilidade de distinguir hospedeiros parasitados e não parasitados (Grasswitz & Reese 1998), sendo esta habilidade geralmente inversamente relacionada à densidade de hospedeiros primários (Chua 1979).

A hipótese de que fatores climáticos e a distribuição vertical na planta hospedeira pudessem influenciar a AF em *A. fuscicornis* não foi comprovada, visto que não houve diferenças nos índices de assimetria ao longo dos meses nem entre pulgões alimentando-se em folhas mais jovens ou em início de senescência. A AF dos hiperparasitóides somente foi susceptível ao tamanho do hospedeiro, dimensionado por meio da largura da múmia.

Há evidências descritas para várias espécies de artrópodes apontando para o fato de o tamanho corporal ser mais sensível aos distúrbios ambientais do que a AF (Bjorkstein *et al* 2000, Lomônaco & Germanos 2001, Kanegae & Lomônaco 2003). Uma explicação para este padrão é que o tamanho corpóreo, por ser mais sensível às variações nas condições ideais de desenvolvimento ou por apresentar maior potencial plástico do que a AF, tamponaria as condições de estresse vivenciadas, permitindo a manutenção do desenvolvimento sem alteração dos níveis de simetria. Resultado semelhante foi encontrado para *B. brassicae* e *Aphis Nerri* (Boyer de Fonscolombe) (Hemiptera: Aphidae) por Vaz *et al* (2004).

Assim, a AF também serve para mensurar o quanto determinado organismo conseguiu tamponar seu desenvolvimento contra condições estressantes. Como ocorrido para os organismos estudados, a AF, por estar inversamente correlacionada à homeostasia do desenvolvimento, pode ser usada para estimar a estabilidade do desenvolvimento (Leung *et al* 2000, Fuller & Houle 2002, Cárcamo *et al* 2008).

Os dados obtidos evidenciam que a temperatura afetou simultaneamente a densidade e o tamanho de *B. brassicae* no sistema estudado. Uma vez alteradas as características deste pulgão hospedeiro, modificações no tamanho e na simetria de *A.*

fuscicornis foram produzidas. Tais ajustes a nível individual e populacional contribuem para a regulação da dinâmica populacional das espécies investigadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrawal A A (2001) Phenotypic Plasticity in the Interactions and Evolution of Species. *Science*. 294: 321-326.
- Agrawal, A A. (2004) Plant defense and density dependence in the population growth of herbivores. *Am. Nat.* 164: 113–20.
- Auad A M, Freitas S, Barbosa L (2002) Ocorrência de afídeos em alface (*Lactuca sativa* L.) em cultivo hidropônico. *Neotrop. Entomol.* 31: 335-339.
- Babbitt G A, Kiltie R, Bolker B (2006) Are the fluctuating asymmetry studies adequately sampled implications of a new model size distribution. *Am. Nat. Chicago*. 167: 230-245.
- Bateman M A (1972) The ecology of fruit flies. *Annu. Rev. Entomol.* 17: 493- 518.
- Bjorkstein T A, Fowler K, Pomiankowski A (2000) What does sexual trait FA tell us about stress? *Trends Ecol. Evol.* 15: 163-166.
- Blackman R L, Eastop V P (2000) Aphids on the world's crops: an identification and information guide. Chichester, J. Wiley, 476p.
- Blackman R L, Spencer J M (1994) The effect of temperature on aphid morphology, using a multivariate approach. *Environ. J. Entomol.* 91: 7-22.
- Borgia G (1979) Sexual selection and the evolution of mating systems, p 19-80. In: Blum S M, Blum N A (eds) Sexual selection and reproductive competition in insects. New York, Academic Press.
- Bueno V H P, Sampaio M V (2009) Desenvolvimento e multiplicação de parasitóides de pulgões, p. 117-168. In: Bueno V H P. (Org.). Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade. Lavras, Editora UFLA. 429p.
- Campbell A, Frazer B, Gilbert N, Gutierrez A P, MacKauer, M (1974) Temperature requirements of some aphids and their parasites. *J. Appl. Ecol.* 11: 431-438.
- Cárcamo H A, Floate K D, Lee B L, Beres B L, Clarke F R (2008) Developmental instability in a stem-mining sawfly: can fluctuating asymmetry detect plant host stress in a model system? *Oecologia* 156: 505-513.
- Cividanes, F J (2002a). Impacto de inimigos naturais e de fatores meteorológicos sobre uma população de *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) em couve. *Neotrop. Entomol.* 31: 249-255.

- Cividanes, F J (2002b). Tabela de fertilidade de *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) em condições de campo. Neotrop. Entomol. 31: 419-427.
- Cividanes F J (2003) Exigências térmicas de *Brevicoryne brassicae* e previsão de picos populacionais. Pesq. Agropec. Bras. 38: 561-566.
- Cividanes F J, Santos D M M (2003). Flutuação populacional e distribuição vertical de *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) em couve. Bragantia 62: 61- 67.
- Chua T H (1979) A comparative study of the searching efficiencies of a parasite and hyperparasite. Rev. Popul. Ecol. 20: 179-187.
- Cole R A (1997) The relative importance of glucosinolates and amino acid to the development of two aphids pests *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* on wild and cultivated brassica species. Entomol. Exp. Appl. 85: 121- 133.
- Da Silva R A, Michelotto, M D, Jordão A L (2004) Levantamento preliminar de pulgões no estado do Amapá. Empraba, Circular Técnica. 11p.
- De Jong G (2005) Evolution of phenotypic plasticity: patterns of plasticity and the emergence of ecotypes. New Phytol. 166: 101-118.
- Dixon, A F G (1985) Aphid ecology. Glasgow and London, Blackie, 157p.
- Dixon A F, Kindlmann P, Jarosik V (1995) Body size distribution in aphids: relative surface area of specific plant structures. Ecol. Entomol. 20: 111-117.
- Eggert A K, Sakaluck S K (1994) Fluctuating asymmetry and variation in the size of courtship food gifts in decorated crickets. Am. Nat. 144: 708-716.
- Fuller R C, Houle D (2002) Detecting genetic variation in developmental instability by artificial selection on fluctuating asymmetry. J. Evol. Biol. 15: 954-960.
- Godoy K B, Cividanes F J (2002). Tabelas de esperança de vida e fertilidade para *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Hemiptera: Aphididae) em condições de laboratório e campo. Neotrop. Entomol. 31: 41-48.
- Görür G, Lomônaco C, Mackenzie A (2005) Phenotypic plasticity in host plant specialization in *Aphis fabae*. Ecol. Entomol. 30: 657-664.
- Grasswitz T R, Reese B D (1998) Biology and host selection behavior of the aphid hyperparasitoid *Alloxista vitrix* in association with the primary parasitoid *Aphidius colemani* and the host aphid *Myzus persicae*. BioControl 43: 261-271.
- Heie O E (1994) The aphidoidea (Hemiptera) of Fennoscandia and Denmark V. Fauna Entomol. Scand. Vol 28, Copenhagen, Scandinavian Science Press Ltd. 242p.

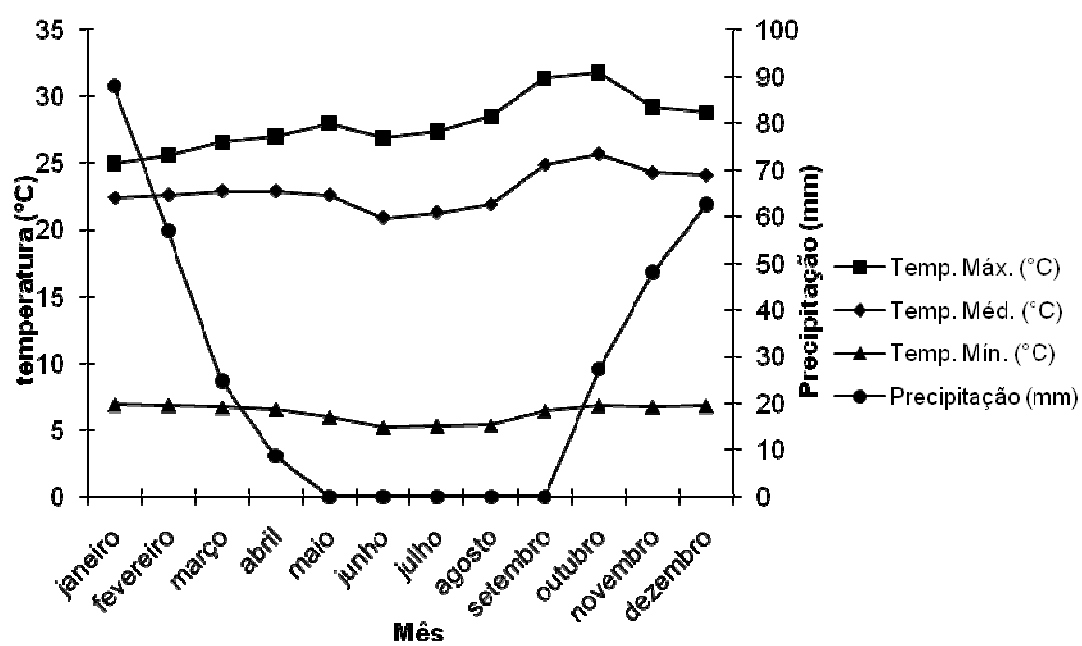
- Höller C, Borgemeister C, Haardt H, Powell W (1993) The relationship between primary parasitoids and hyperparasitoids of cereal aphids: an analysis of field data. *J. Anim. Ecol.* 62: 12-21.
- Honek A (1993) Intraspecific variation in body size and fecundity in insects: a general relationship. *Oikos* 66: 483-492.
- Kanegae A P, Lomônaco C (2003) Plasticidade morfológica, reprodutiva e assimetria flutuante de *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) sob diferentes temperaturas. *Neotrop. Entomol.* 32: 37-43.
- Lara F M, Mayor Jr J, Coelho A, Fornasier J B (1978) Resistência de variedades de couve a *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus, 1758). I. preferência em condições de campo e laboratório. *An. Soc. Entomol. Bras.* 7: 175-182.
- Lerner I M (1954) Genetic homeostasis. London, Oliver and Boyd, 154p.
- Leung B, Forbes M R, Houle D (2000) Fluctuating asymmetry as a bioindicator of stress: comparing efficacy of analyses involving multiple traits. *Am. Nat.* 155: 101-115.
- Lomônaco C, Germanos E (2001) Variações fenóticas em *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) em resposta à competição larval por alimento. *Neotrop. Entomol.* 30: 223-231.
- Manly B F J (1994) Multivariate statistical methods. London, Chapman & Hall, 215p.
- Mariconi F A M, Zamith A P L, Menezes M (1963) Pulgão de brássicas *Brevicoryne brassicae* (L.; 1758): estudo descritivo, bionômico e de combate. *Olericult. Bras.* 3: 165-202.
- Markow T A (1995) Evolutionary ecology and developmental instability. *Annu. Rev. Entomol.* 40: 105-120.
- Møller A P, Pomiankowski A (1993) Fluctuating asymmetry and sexual selection. *Genetica.* 89: 267-279.
- Møller A P, Swadle J P (1997) Asymmetry, developmental stability and evolution. Oxford, Oxford University Press, 304p.
- Palmer R A, Strobeck C (1986) Fluctuating asymmetry: measurement analysis, patterns. *Ann. Rev. Ecol.* 17: 391-421.
- Paretas-Martínez J, Pujade-Villar J (2007) Revisión de los Charipinae de la región neotropical (Hymenoptera: Figitidae). *Entomología mexicana.* 6: 1344-1348
- Parsons P A (1990) Fluctuating asymmetry: an epigenetic measure of stress. *Biol. Rev.* 65: 131-145.

- Peña-Martínez R (1992) Afidos como vectores de vírus en Mexico. Montecillo, Centro de Fitopatología. 135p.
- Perfectti F, Camacho J P (1999) Analysis of genotypic differences in development stability in *Annona cherimola*. *Evolution* 53: 1396-1405.
- Pujade-Villar J, Díaz N, Evenhuis H H, Ros-Farré P (2002) South America Charipinae: review and description of two new species (Hymenoptera: Cynipoidea: Figitidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 95: 541- 546.
- Raworth D A, Frazer B D, Gilbert N, Wellington W G (1984) Population dynamics of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Homoptera:Aphididae) in Vancouver, British Columbia. I. Sampling methods and population trends. *Can. Entomol.* 116: 861-870.
- Rosenheim J A (1998) Higher-order predators and the regulation of insect herbivore population. *Annu. Rev. Entomol.* 43: 421-447.
- Rodrigues F M A, Lomônaco C, Christoffersen M L (2009) Habitat partition, and variation of size and symmetry of three sympatric species of *Alpheus* (Decapoda: caridae) along an intertidal gradient in the southwest Atlantic. *J. Crustac. Biol.* 29: 334-342.
- Salgado L O (1983) Pragas das brássicas, características e métodos de controle. *Inf. Agrop.* 9: 43-47.
- Schmidt-Nielsen K (1984) *Scaling: why is animal size so important?* Cambridge, Cambridge University Press, 256p.
- Sousa-Silva C R, Ilharco F A (1995) Afídeos do Brasil e suas plantas hospedeiras: lista preliminar. São Carlos, EDUFSCar, 85p.
- Sullivan D J, Völkl W (1999) Hyperparasitism: multitrophic ecology and behavior. *Annu. Rev. Entomol.* 44: 291-315.
- Systat (2002) *Systat for windows statistics. Version 10.2.* Chicago, SPSS Inc.
- Trichilo P J, Wilson L T, Mack T P (1993). Spatial and temporal dynamics of the threecornered alfalfa hopper (Homoptera: Membracidae) on soybeans. *Environ. Entomol.* 22: 802-809.
- Van Emden H F (1972) Aphids as phytochemists. p.25-43 In: Harborne J B. (ed.). *Phytochemical ecology.* London, Academic Press. 272p.

- Van Veen F J F, Müller C B, Adriaanse I C T, Godfray H C J (2002) Spatial heterogeneity in risk of secondary parasitism in a natural population of an aphid parasitoid. *J. Anim. Ecol.* 73: 463-469.
- Vaz L A L, Tavares M T, Lomônaco C (2004) Diversidade e tamanho de himenópteros parasitóides de *Brevicoryne brassicae* L. e *Aphis nerii* Boyer de Foscolombe (Hemiptera: Aphididae). *Neotrop. Entomol.* 33: 225-230.
- Wang K, Tsai J H, Harrison N A (1997) Influence of temperature on development of Buckthorn aphid (Homoptera: Aphididae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 90: 62-68.
- Wang X C, Johnson M W, Daane K M, Yokoyama V Y (2009) Larger olive fruit size reduces the efficiency of *Psytalia concolor*, as a parasitoid of the olive fruit fly. *Biol. Control.* 49: 45-51.
- Woods R E, Hercus M J, Hoffmann A A (1998) Estimating the heritability of fluctuating asymmetry in field *Drosophila*. *Evolution* 52: 816-824.
- Zar J H (1984) *Biostatistical Analysis*. New Jersey, Prentice Hall, 718p.

ANEXOS

Anexo A



Climatograma com as variáveis climáticas da Fazenda Experimental do Glória no ano de 2007

CONCLUSÕES GERAIS

- As populações de *Euxesta sororcula* e *E. stigmatias* da reserva florestal da Estação Ecológica do Panga e do pomar de goiabas da Fazenda Água Limpa apresentam distintos padrões em sua dinâmica populacional, mostrando diferentes respostas aos fatores do clima e em relação ao uso de recursos para estabelecimento e alimentação.
- Os indivíduos destas populações são também distintamente afetados pelo clima e pelo hábitat de estabelecimento. *E. sororcula* é mais susceptível a apresentar variações plásticas no tamanho e na simetria corpórea, sendo, portanto um promissor bioindicador de estresse ambiental.
- *E. sororcula* constitui, ainda, na área estudada, risco potencial maior do que *E. stigmatias* para provocar danos às plantações comerciais de goiaba, durante a entressafra do milho. Este estudo mostra, ainda, que reservas naturais podem ser oportunos locais de refúgio destas espécies em épocas de entressafra.
- A temperatura afetou simultaneamente a densidade e o tamanho de *B. brassicae* no sistema estudado. Uma vez alteradas as características deste pulgão hospedeiro, modificações no tamanho e na assimetria de *A. fuscicornis* foram produzidas. Tais ajustes a nível individual e populacional contribuem para a regulação da dinâmica populacional das espécies investigadas.
- Esta dissertação corrobora a importância e a adequação do uso conjugado de análises morfométricas e estatística multivariada para elucidar questões biológicas relacionadas às variações de caracteres dentro e entre populações, que são importantes para a compreensão da biologia e da ecologia de insetos.