

AVALIAÇÃO DA ASSIMETRIA FLUTUANTE EM POPULAÇÕES DE *EULAEMA CINGULATA* (FABRICIUS, 1804) (HYMENOPTERA: APIDAE) EM DIFERENTES FITOFISIONOMIAS DA MATA ATLÂNTICA

Lázaro da Silva Carneiro¹; Cândida Maria Aguiar²; Willian Moura de Aguiar³; Vinina Silva Ferreira⁴

1. Bolsista PIBIC/CNPq-AF, Graduando em Bacharelado em Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: lazarocarneiro16@gmail.com
2. Orientadora, Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: candida.aguiar@gmail.com
3. Orientador, Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, e-mail: wmag26@yahoo.com.br
4. Orientadora, Universidade Federal do Vale do São Francisco, e-mail: vininasf@gmail.com

PALAVRAS-CHAVE: Assimetria Flutuante; *Eulaema nigrita*; Fitofisionomias

INTRODUÇÃO

As abelhas Euglossini (Hymenoptera: Apidae) são importantes polinizadoras, e muitas espécies têm sido utilizadas como bioindicadoras da qualidade do habitat, tal como *Eulaema cingulata* (F.), que é sugerida como tolerante a áreas abertas e antropizadas (Milet-Pinheiro & Schlindwein, 2005; Aguiar & Gaglianone, 2008; 2012).

Uma maneira de mensurar a resposta dos organismos a fatores ambientais é através da assimetria flutuante (FA), que se baseia na diferença entre os lados direito e esquerdo em estruturas bilaterais relacionadas a imprecisões no processo de desenvolvimento ontogenético (Klingenberg, 2015). Aumentos nos níveis de FA estão associados estresses ambientais no desenvolvimento (Klingenberg & McIntyre, 1998; Klingenberg, 2015).

Embora seja uma importante ferramenta, poucos trabalhos utilizaram a FA para observar como diferentes ambientes influenciam na assimetria de populações de abelhas Euglossini. Silva *et al.* (2009) compararam os níveis de assimetria flutuante em *Euglossa pleosticta* Dressler e *Eulaema nigrita* Lepeletier, provenientes de diferentes ambientes, enquanto Pinto *et al.* (2015), compararam a assimetria das asas de *Eulaema nigrita* entre ambientes agrícolas e de cerrado. Assim, são necessários estudos que busquem entender como esses insetos respondem morfológicamente a estresses ao longo de gradientes ambientais. O objetivo desse estudo foi avaliar os níveis de assimetria flutuante das asas anteriores de *Eulaema cingulata* de diferentes fitofisionomias da Mata Atlântica.

MATERIAL E MÉTODOS

Machos de *Eulaema cingulata* foram amostrados em diferentes fitofisionomias do Corredor Central da Mata Atlântica, Baixo Sul da Bahia, e do Corredor da Serra do Mar, norte do Rio de Janeiro (Tabela 1). Os indivíduos foram coletados utilizando iscas odoríferas e estão depositados no Laboratório de Entomologia- LENT da Universidade Estadual de Feira de Santana- UEFS e no Laboratório de Ciências Ambientais- LCA da Universidade Estadual do Norte Fluminense- UENF.

Tabela 1. Número de indivíduos de *Eulaema cingulata* (Fabricius) analisados por fitofisionomia da Mata Atlântica, na Área de Proteção Ambiental do Pratigi, Bahia, e norte do

Rio de Janeiro: FEST: Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas; FESS: Floresta Estacional Semidecidual Submontana; FODM: Floresta Ombrófila Densa Montana; FODS: Floresta Ombrófila Densa Submontana; CCSE: Cacau-seringa.

Fitofisionomia	Município	Coordenadas	Nº de indivíduos analisados
FEST	São Francisco de Itabapoana- RJ	21°24'S 41°04'W	51
FESS	São José de Ubá-RJ	21°24'S 42°01'W	47
FODM ₁	Trajano de Moraes- RJ	21°48'S 14°40'W	53
FODS	Ibirapitanga- BA	13°52'S 39°16'W	59
FODM ₂	Ibirapitanga-BA	13°53'S 39°27'W	78
CCSE	Piraí do Norte-BA	13°48'S 39°17'W	41
Total			329

As asas anteriores de cada indivíduo foram destacadas, fixadas entre duas lâminas de microscopia e levadas para um estereomicroscópio com câmera acoplada, onde foram fotografadas. Um banco de imagens foi criado no *software* tpsUtil (Rohlf, 2010), e no programa tpsDig2 (Rohlf, 2008) foram digitalizados 18 *landmarks* na interseção das nervuras das asas duas vezes, para mensurar o erro de medição.

Os arquivos foram levados para o *software* MorphoJ (Klingenberg, 2008) para análises estatísticas. Foi realizada uma sobreposição de Procrustes, que remove efeitos não relacionados com a forma. Para acessar a assimetria do tamanho das asas, foi aplicada uma ANOVA *two-way*, em que o tamanho do centróide é uma variável dependente, lado como efeito fixo e indivíduo como um fator aleatório. A medida de assimetria flutuante é, então, a interação entre essas variáveis (Klingenberg & McIntyre, 1998; Klingenberg, 2015). Para a forma das asas, utilizou-se a Procrustes ANOVA, que é possível calcular a variação nos níveis de indivíduo, que é a variação entre as médias de ambos os lados de cada indivíduo (Klingenberg & McIntyre, 1998; Ferreira, 2016), (Klingenberg, 2015), além da interação indivíduo x lado (indivíduo é o efeito aleatório e lado é o efeito fixo) que serve como uma medida de assimetria flutuante (Klingenberg & McIntyre, 1998; Klingenberg, 2015).

Para eliminar o efeito da alometria (influência do tamanho na forma), utilizou-se uma análise de regressão multivariada (Klingenberg, 2015). Os componentes simétricos (representa a variação individual) e assimétricos (representa a assimetria flutuante) foram às variáveis dependentes, e o tamanho do centróide a variável independente (Klingenberg *et al.* 2002; Ferreira, 2016). Juntamente com a análise de regressão multivariada, foi realizado um teste de permutação, com 10000 ciclos, para calcular a significância (Ferreira, 2016; Klingenberg, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a assimetria do tamanho da asa, a ANOVA *two-away* indicou diferenças estatisticamente significativas ($p < 0.05$) entre as variáveis lado e interação indivíduo x lado para todas as populações, o que indica a presença de assimetria direcional e flutuante. Para a assimetria da forma da asa, a Procrustes ANOVA indicou diferenças estatisticamente

significativas ($p < 0.05$) entre os efeitos lado e interação indivíduo x lado, que resulta na ocorrência de assimetria direcional e flutuante.

A assimetria flutuante é apontada como um importante biomarcador para monitorar como estresses ambientais e genéticos interferem sobre o desenvolvimento dos organismos (Klingenberg, 2015), e assim, embora *Eulaema cingulata* seja indicada como tolerante a diferentes alterações ambientais (Milet-Pinheiro & Schindwein, 2005; Aguiar & Gaglianone, 2012), a presença de assimetria flutuante indica que as populações, independente da fitofisionomia, estão submetidas a diferentes pressões, sejam de origem natural ou antrópica, que podem estar levando a desvios em seu padrão de simetria. Ferreira (2016) também observou a presença de assimetria direcional e FA em *Centris analis* (Frabicius) e *Centris tarsata* Smith coletados em ambientes agrícolas e naturais.

A assimetria direcional parece ser geneticamente determinada e adaptativa (Szentgyörgy *et al.* 2017). Os dados sobre assimetria direcional encontrados no presente estudo reforçam os resultados encontrados por Smith *et al.* 1997 e Ferreira (2016), que a ocorrência desse tipo de assimetria é comum em abelhas e independe do ambiente analisado, o que pode ser verificado em vários outros estudos com esses insetos (Pinto *et al.* 2015; Szentgyörgyi *et al.* 2016).

Os efeitos alométricos para os componentes simétricos (variação individual) e assimétricos (assimetria flutuante) foram pequenos para todas as populações, contudo, a variação individual foi superior à assimetria flutuante em todas as fitofisionomias analisadas (Tabela 2). O maior nível de assimetria flutuante foi observado para a população coletada em FODS, seguido por FESS, FODM₂, CCSE, FEST e FODM₁.

Tabela 2. Variação individual e assimetria flutuante observada nas populações de diferentes fitofisionomias de Mata Atlântica. O valor *P* refere-se ao teste de Permutação de 10000 ciclos.

Fitofisionomia	Variação individual	Assimetria Flutuante
FEST	7.2%, $P < 0.001$	5.1%, $P < 0.001$
FESS	9.0%, $P < 0.001$	2.3%, $P > 0.05$
FODM ₁	9.9%, $P < 0.001$	2.6%, $P > 0.05$
FODS	3.7%, $P < 0.05$	1.5%, $P > 0.05$
FODM ₂	4.3%, $P < 0.001$	3.3%, $P < 0.001$
CCSE	5.0%, $P < 0.05$	3.3%, $P > 0.05$

Segundo Klingenberg & McIntyre (1998), é provável que um mesmo processo de desenvolvimento responda diferentemente a fatores genéticos e ambientais, e assim, essa variabilidade na assimetria flutuante observada pode ser consequência de variáveis como flutuação na disponibilidade de recursos entre as estações, fragmentação do habitat, clima, temperatura, além da diversidade genética dessas populações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da tolerância a diferentes condições ambientais, *Eulaema cingulata* respondeu, através da assimetria da forma e tamanho das asas, a pressões no seu desenvolvimento, o que torna a assimetria flutuante um bom indicador de estresses em abelhas, sendo necessários novos estudos para compreender como diferentes variáveis bióticas e abióticas interferem no desenvolvimento ontogenético desses insetos.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, W.M.; & GAGLIANONE, M.C. 2008. Comunidade de abelhas Euglossina (Hymenoptera: Apidae) em remanescentes de mata estacional semidecidual sobre tabuleiro no estado do Rio de Janeiro. *Neotrop Entomol.* 37(2): 118-125.

- AGUIAR, W.M.; & GAGLIANONE, M.C. 2012. Euglossine bee communities in small forest fragments of the Atlantic Forest, Rio de Janeiro state, southeastern Brazil (Hymenoptera, Apidae). *Rev. Bras. de Entomol.* 56(2): 210-219.
- FERREIRA, V.S. 2016. Análise morfométrica de *Centris* (Heterocentris) *analis* (Fabricius, 1804) e *Centris* (Hemisiella) *tarsata* Smith, 1874 sob a ótica da biologia reprodutiva. Universidade de São Paulo, Tese.
- KLINGENBERG, C.P. 2008. MorphoJ. *Faculty of Life Sciences, University of Manchester* 3: 75-77.
- KLINGENBERG, C.P. 2016. Size, shape, and form: concepts of allometry in geometric morphometrics. *Dev Genes Evol.* 226(3): 113-137.
- KLINGENBERG, C.P.; BARLUENGA, M.; MEYER, A. 2002. Shape analysis of symmetric structures: quantifying variation among individuals and asymmetry. *Evolution* 56(10): 1909-1920.
- KLINGENBERG, C.P. 2015. Analyzing fluctuating asymmetry with geometric morphometrics: concepts, methods, and applications. *Symmetry* 7(2): 843-934.
- KLINGENBERG, C.P.; & MCINTYRE, G.S. 1998. Geometric morphometrics of developmental instability: analyzing patterns of fluctuating asymmetry with Procrustes methods. *Evolution* 52(5): 1363-1375.
- MILET-PINHEIRO, P.; & SCHLINDWEIN, C. 2005. Do euglossine males (Apidae, Euglossini) leave tropical rainforest to collect fragrances in sugarcane monocultures? *Rev. Bras. Zool.* 22(4): 853-858.
- PINTO, N.S.; SILVA, D.P.; RODRIGUES, J.G.; & DE MARCO, P. 2015. The size but not the symmetry of the wings of *Eulaema nigrita* Lepeletier (Apidae: Euglossini) is affected by human-disturbed landscapes in the Brazilian Cerrado Savanna. *Neotrop Entomol.* 44(5): 439-447.
- ROHLF, F.J. 2008. TpsDIG2. 12. *Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook.*
- ROHLF, F.J. 2010. tpsUtil version 1.44. *Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook.*
- SILVA, M.C.; LOMÔNACO, C.; AUGUSTO, S.C.; & KERR, W.E. 2009. Climatic and anthropic influence on size and fluctuating asymmetry of Euglossine bees (Hymenoptera, Apidae) in a semideciduous seasonal forest reserve. *Genet Mol Res.* 8(2): 730-737.
- SMITH, D.R.; CRESPI, B.J.; & BOOKSTEIN, F.L. 1997. Fluctuating asymmetry in the honey bee, *Apis mellifera*: effects of ploidy and hybridization. *J Evol Biol.* 10(4): 551-574.
- SZENTGYÖRGYI, H.; CZEKOŃSKA, K.; & TOFILSKI, A. 2016. Influence of pollen deprivation on the fore wing asymmetry of honeybee workers and drones. *Apidologie* 47(5): 653-662.
- SZENTGYÖRGYI, H.; MOROŃ, D.; NAWROCKA, A.; TOFILSKI, A.; & WOYCIECHOWSKI, M. 2017. Forewing structure of the solitary bee *Osmia bicornis* developing on heavy metal pollution gradient. *Ecotoxicology* 26(8): 1031-1040.