



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA - UFU

INSTITUTO DE BIOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

DE RECURSOS NATURAIS



**ASSIMETRIA FLUTUANTE EM AVES DE AMBIENTES
FLORESTAIS NO CERRADO MINEIRO**

VANESSA FONSECA GONÇALVES

UBERLÂNDIA

Fevereiro – 2012

VANESSA FONSECA GONÇALVES

**ASSIMETRIA FLUTUANTE EM AVES DE AMBIENTES
FLORESTAIS NO CERRADO MINEIRO**

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

Orientador

Dra. Celine de Melo

UBERLÂNDIA

Fevereiro, 2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

G635a Gonçalves, Vanessa Fonseca, 1985-
2012 Assimetria flutuante em aves de florestas estacionais semidecíduais
 no Cerrado mineiro / Vanessa Fonseca Gonçalves. -- 2012.
 75 f. : il.

Orientadora: Celine de Melo.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Re-
cursos Naturais.

Inclui bibliografia.

1. Ecologia - Teses. 2. Aves - Ecologia - Teses. 3. Monitora-
mento biológico - Teses. I. Melo, Celine de. II. Universidade
Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia
e Conservação de Recursos Naturais. III. Título.

CDU: 574

AGRADECIMENTOS

Para a conclusão de mais uma etapa importante da minha vida, agradeço a compreensão e apoio de várias pessoas. Agradeço a cada uma que me ajudou de forma direta ou indireta a concluir este trabalho. Meu sincero obrigado!!!

Aos meus pais, Vania e Zezito, pelo amor incondicional, pelo carinho, pelo apoio e, principalmente, pelo incentivo durante os dois anos dedicados ao mestrado. Obrigada pela ajuda nos trabalhos de campo, pelas horas destinadas à confecção de saquinhos para aves e à limpeza de materiais. Enfim, obrigada por participarem ativamente desta etapa.

Aos meus irmãos, Sérgio e Arthur, pelos momentos de descontração e pelas dicas sobre como usar o Windows.

À profa. Dra. Celine de Melo, uma das responsáveis pelo meu crescimento profissional e pessoal, ensinando valores éticos, morais e intelectuais. Agradeço pela orientação, amizade, confiança e incentivo.

Aos meus companheiros de campo e amigos: Adriano, Camilla Baesse, Daniella, Giâncarlo e Thaís, pela companhia e valiosa ajuda na coleta de dados. Obrigada pelos momentos de risos e comidas no campo, pelas explicações físico-químico-biológicas sobre todos os assuntos. Vocês fazem parte deste trabalho.

Aos meus amigos Camila Junqueira, Carolina Arantes, Regina Célia e Luis Paulo, por fazerem parte dessa etapa e promoverem momentos de intelectualidade e descontração. Esses dois anos não seriam os mesmos se vocês.

Aos colegas do GEECA, pela companhia no campo e momentos de discussões.

A todos os meus colegas e amigos do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais, pelo companheirismo e dicas.

Aos meus amigos “extra mestrado”, pelos momentos de descontração, afinal, só estudar, deixa qualquer um louco.

À Universidade Federal de Uberlândia, pela infra-estrutura disponibilizada para a realização deste projeto.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais e ao Cnpq pelo apoio logístico e financeiro a este projeto e à Capes pela bolsa de estudos fornecida para a realização deste curso.

À Maria Angélica, secretaria do Programa, pela atenção, paciência e disposição.

Aos membros da banca, pelas sugestões apresentadas.

Aos demais professores do Programa, pelos ensinamentos.

Dedico este trabalho aos meus pais:

Vania Martins Fonseca Gonçalves e

José Francisco Gonçalves (Zezito)

ÍNDICE

	Página
RESUMO.....	I
ABSTRACT.....	II
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
CAPÍTULO 1: Efeito da qualidade ambiental na assimetria flutuante de asas e tarsos de aves em matas estacionais semidecíduais no Cerrado mineiro.....	9
Resumo.....	10
Abstract.....	11
Introdução.....	12
Material e Métodos.....	14
Resultados.....	21
Discussão.....	28
Conclusões.....	33
Referências.....	35
Capítulo 2: <i>Antilophia galeata</i> Lichtenstein, 1823 (Passeriformes; Pipridae); <i>Basileuterus flaveolus</i> Baird, 1865 (Passeriformes; Parulidae) e <i>Basileuterus hypoleucus</i> Bonaparte, 1830 (Passeriformes; Parulidae) como biomonitores da qualidade ambiental.....	41
Resumo.....	42
Abstract.....	43
Introdução.....	44
Material e Métodos.....	45
Resultados.....	64
Discussão.....	67
Conclusões.....	69
Referências.....	71
Anexos.....	74

RESUMO

Gonçalves, Vanessa Fonseca. 2012. Assimetria flutuante em aves de ambientes florestais no Cerrado mineiro. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. UFU. Uberlândia, MG. 66p

As ações antrópicas provocam alterações drásticas na estrutura e composição das florestas, o que reflete diretamente na fauna dependente desta vegetação para explorar seus recursos alimentares. As aves respondem a essas alterações, sendo excelentes indicadores da qualidade ambiental e ferramentas importantes para compreensão e monitoramento das alterações ambientais. Dentre as técnicas de monitoramento, a assimetria flutuante (AF), definida como uma alteração morfológica em caracteres bilaterais causada por estresse genético e/ou ambiental, vem sendo amplamente utilizada. Os objetivos dessa dissertação foram: determinar quais espécies de aves capturadas nas áreas de fragmentos florestais de matas semidecíduais no Cerrado mineiro apresentaram AF para asas e tarsos, verificar se o ambiente influenciou nos níveis de AF dessas aves, e testar o potencial uso das espécies como biomonitores da qualidade do ambiente. Os resultados mostraram que oito espécies: *Antilophia galeata*, *Basileuterus flaveolus*, *Basileuterus hypoleucus*, *Basileuterus leucophrys*, *Leptopogon amaurocephalus*, *Tolmomyias sulphurescens*, *Lanio penicillatus* e *Turdus leucomelas* apresentaram AF para asas ou tarsos. Estas espécies são dependentes de florestas e mostraram-se mais sensíveis às alterações ambientais. A AF de asas e tarsos foi maior em aves capturadas nas áreas consideradas mais perturbadas pela ação humana, sugerindo que os níveis de AF aumentam com o estresse ambiental no qual as espécies estavam submetidas. *Antilophia galeata* e *Basileuterus flaveolus* apresentaram variações na AF para as asas entre as áreas estudadas, enquanto que em *B. hypoleucus* foi verificada diferenças na AF para os tarsos. Portanto, estas espécies possuem características que permitem sua utilização como biomonitores em ambientes fragmentados e degradados.

Palavras-chave: morfometria, avifauna, alterações ambientais, fragmentação, biomonitoramento.

ABSTRACT

Gonçalves, Vanessa Fonseca. 2012. Fluctuating asymmetry in birds of forest habitat in the Cerrado of Minas Gerais. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. UFU. Uberlândia, MG. 66p

Antropic actions cause drastic alterations on forest's structure and composition, directly affecting the fauna that depends on this vegetation to obtain their food resources. Birds can be excellent indicators of environmental quality and an important tool to understand and to monitor environmental changes. One of the techniques used to monitor environmental changes is fluctuating asymmetry (FA) - morphologic alterations in bilateral characters caused by genetic and/or environmental stress. The objectives of this study were: to determine which birds captured in the areas of fragments of semideciduous forest in the Cerrado of Minas Gerais; to exhibit FA for wings and tarsi, to examine if the environment influenced the levels of FA and test the potential use of the species of birds as biomonitors of environmental quality. The results showed that eight populations (*Antilophia galeata*, *Basileuterus flaveolus*, *Basileuterus hypoleucus*, *Basileuterus leucophrys*, *Leptopogon amaurocephalus*, *Tolmomyias sulphurescens*, *Lanio penicillatus* and *Turdus leucomelas*) exhibited FA for wings or tarsi. They are forest-dependent species and therefore might suffer more with environmental changes. The FA for wings and tarsi were higher in birds captured in more degraded areas. *Antilophia galeata* and *Basileuterus flaveolus* exhibited variations in FA for wings among the areas, whereas *B. hypoleucus* exhibited verified differences in FA for tarsi. Therefore, these species have characteristics that allow their use as biomonitors in fragmented and degraded areas.

Keys-words: morphometry, birds, environmental changes, fragmentation, biomonitoring.

INTRODUÇÃO GERAL

O Cerrado é considerado o segundo maior bioma do Brasil (Klink e Machado 2005), cobrindo, originalmente, cerca de 2,0 milhões de km², abrangendo a região central do país e alguns estados das regiões Norte e Nordeste (Machado 2004). Este bioma é caracterizado por duas estações climáticas, uma seca e outra chuvosa (Rosa *et al.* 1991), e por um complexo de vegetação com diferentes fitofisionomias (formações florestais, savânicas e campestres), determinadas pela ação do fogo (Oliveira-Filho e Ratter 2002) e pelos tipos de solos (Coutinho 2006). Apresenta, ainda, endemismos para vários grupos da fauna e flora (Myers *et al.* 2000). Com relação à avifauna, o Brasil possui 1832 espécies de aves, o que representa mais da metade do total registrado na América do Sul (Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos 2011). Estima-se que das 856 espécies ocorram no Cerrado, 30 sejam endêmicas (Silva e Bates 2002, Silva e Santos 2005).

O Cerrado foi reconhecido como um dos principais *hotspots* mundiais, devido à alta biodiversidade e o grau de endemismo, aliados à intensa pressão antrópica (decorrentes da atividade agropecuária e ocupação desordenada) o que contribuiu para a redução de, pelo menos 75%, da área original (Oliveira-Filho *et al.* 1994, Myers *et al.* 2000, Machado 2004). Uma das causas dessa redução é a fragmentação e a antropização.

A fragmentação de habitats é o processo no qual uma grande e contínua parcela de vegetação é dividida em dois ou mais fragmentos isolados, que funcionam como ilhas cercadas por ambientes diferentes dos originais (Wilcove *et al.* 1986, Carvalho 2009). Esse processo é considerado uma das maiores ameaças à biodiversidade global, podendo interromper o fluxo gênico, afetar o tamanho populacional e promover o *inbreeding* (Primack e Rodrigues 2001), entre outros efeitos.

As ações antrópicas provocam alterações drásticas na estrutura e composição das florestas (Oliveira-Filho *et al.* 2001), o que reflete diretamente na fauna dependente desta vegetação para explorar seus recursos alimentares. Em regiões neotropicais, há perda de espécies nas comunidades de aves em fragmentos florestais após o isolamento (Willis 1979, Aleixo e Vielliard 1995, Gimenes e Anjos 2003). Além disso, fragmentos maiores possuem maior riqueza de espécies do que fragmentos menores (Marini 2001, Ribon *et al.* 2003, Marini e Garcia 2005, Farias *et al.* 2007), desde que apresentem qualidade comparável.

A redução da cobertura florestal afeta de forma diferente as guildas alimentares, reduzindo, principalmente, a riqueza de espécies especialistas (Willis 1979, Ribon *et al.* 2003, Uezu *et al.* 2005, Anjos 2006, Lee & Peres 2008, Martensen *et al.* 2008). Aves generalistas, por incluírem itens de origem animal e vegetal (Howe 1993, Magalhães *et al.* 2007) exploram maior variedade de recursos e, portanto, são menos afetadas com a escassez de determinado recurso (Willis 1979, Howe 1993, Anjos 2006).

A fragmentação e a antropização podem afetar negativamente o sucesso reprodutivo das aves, aumentando as taxas de predação e de parasitismo em ninhos (Robison *et al.* 1995, Borges 2008). Foi detectado que a predação em ninhos naturais e artificiais é maior na borda do que no interior de ambientes florestais (Gibbs 1991, Paton 1995, Marini *et al.* 1995, Keyser 2002, Borges 2008). Ademais, o tamanho médio da ninhada, a densidade de machos e a produtividade anual média de ovos são menores em paisagens fragmentadas e alteradas do que em ambientes não fragmentados (Porneluzi e Faaborg 1999). Em relação ao nidoparasitismo, as áreas fragmentadas podem apresentar maiores taxas que as não fragmentadas: em um estudo com emberezídeos e traupídeos houve um aumento na porcentagem de ninhos parasitados por *Molothrus baiianensis* na área fragmentada, enquanto que na área preservada não houve parasitismo (Borges 2008).

Além disso, essas modificações no ambiente podem interferir nas relações parasito-hospedeiro (Loye e Carroll 1995). Os níveis de infestação por ectoparasitas em paisagens alteradas tem sido atribuídos ao aumento da densidade de populações nativas em áreas menores, o que pode aumentar o risco de contágio de doenças e parasitos (Marini e Garcia 2005). Pascoli (2005) observou um alto nível de ectoparasitos em uma área fragmentada no Cerrado Mineiro, resultado da pressão antrópica exercida sobre a área.

As aves respondem tanto às alterações locais, como a fragmentação e a perturbação ambiental, quanto às drásticas mudanças em nível global, sendo excelentes indicadores da qualidade ambiental e ferramentas importantes para compreensão e monitoramento das alterações ambientais (Serrano 2008).

Dentre as ferramentas para o monitoramento das alterações ambientais, está a assimetria flutuante (AF) - variações sutis aleatórias da simetria bilateral perfeita - (Palmer e Strobeck 1986, Simmons *et al.* 1999, Palmer e Strobeck 2003, Van Dongen *et al.* 2006), que é utilizada para analisar o nível de estresse genético e/ou ambiental a que as populações estão submetidas (Parsons 1990, Sarre e Dearn 1991, Swaddle 2003, Ambo-Repel *et al.* 2008). A AF está relacionada às alterações antrópicas, sendo maior em aves encontradas em ambientes mais degradados do que em áreas menos degradadas (Lens *et al.* 1999, Vangestel e Lens 2011), portanto, pode fornecer dados para estudos de conservação de populações naturais ou de áreas florestais fragmentadas.

Os dados obtidos para a elaboração dessa dissertação foram reunidos em dois capítulos. Foram consideradas para as análises, as aves capturadas em sete fragmentos florestais no Cerrado mineiro, os quais foram classificados de acordo com o grau de perturbação antrópica em três níveis: alta perturbação, média perturbação e baixa perturbação.

O primeiro capítulo teve como objetivos: verificar quais populações de aves capturadas em áreas de fragmentos florestais de matas semidecíduais apresentaram AF para asas e tarsos, e determinar se o ambiente influenciou nos níveis de AF.

No segundo capítulo foi testado o potencial uso das espécies *Antilophia galeata* Lichtenstein, 1823 (Passeriformes; Pipridae); *Basileuterus flaveolus* Baird, 1865 (Passeriformes; Parulidae) e *Basileuterus hypoleucus* Bonaparte, 1830 (Passeriformes; Parulidae) como biomonitores da qualidade do ambiente por meio da análise da AF de asas e tarsos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS¹

- Aleixo, A.; Vielliard, J. M. E. 1995. Composição e dinâmica da avifauna da mata de Santa Genebra. Rev. Bras. de Zool. 12: 493-511.
- Ambo-Repel, R.; Lajus, D. L.; Scheneider, M. J. 2008. Increased heavy metal nutrient contamination does not increase fluctuating asymmetry in the seagrass *Halophia ovalis*. Ecol. Ind. 8: 100-103.
- Anjos, L. dos; Zanette, L.; Lopes, E. 2006. Effects of fragmentation on the birds guildes of Brazilian Atlantic Forest in the North Paraná, southern Brazil. Ornith. Neotrop. 15: 137-144.
- Borges, F. J. A. 2008. Efeito da fragmentação sobre o sucesso reprodutivo de aves em uma região de Cerrado no Distrito Federal. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Instituto de Biologia, Univ. de Brasília, Brasília, Distrito Federal.
- Carvalho, W.A.C. 2009. Variação espacial da estrutura da comunidade arbórea de um fragmento de floresta semidecídua em Piedade do Rio Grande, MG, Brasil. Ver. Bras. de Bot. 30: 315-335.
- Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (CBRO). 2011. Listas das aves do Brasil. 8ª Edição. Disponível em <<http://www.cbro.org.br>>. Acesso em: 26 out de 2011.
- Coutinho, L. M. 2006. O conceito de Cerrado. Acta Bot. Bras. 20: 13-23.
- Farias, G. B.; Alves, Â. G. C.; Silva, A. C. B. L. 2007. Riqueza de aves em cinco fragmentos de Floresta Atlântica na Zona da Mata Norte de Pernambuco, Brasil. Biot. 20: 111-122.
- Gibbs, J. P. 1991. Avian nest predation in tropical wet forest: an experimental study. Oikos. 60: 151-161
- Gimenes, M. R.; Anjos, S. 2003. Efeitos da fragmentação florestal sobre as comunidades de aves. Acta Scie. Biol. Scien. 25: 391-402.
- Howe, H. F. 1993. Specialized and generalized dispersal systems: where does the paradigm stand? Vegetation. 107/108: 3-13.
- Keyser, A. J. 2002. Nest predation in fragmented forest: landscape matrix by distance from edge interactions. Wil. Bull. 114: 186-191.

¹ De acordo com a Revista Brasileira de Ornitologia.

- Klink, C. A.; Machado, R.B. 2005. A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade*. 1 (1): 147-155.
- Lee, A.; Peres, C. A. 2008. Conservation value of remnant riparian forest corridors of varying quality for Amazonian birds and mammals. *Cons. Biol.* 22: 439-449.
- Lens, L.; Van Dongen, S.; Wilder, C. M.; Brooks, T. M.; Matthysen, E. 1999. Fluctuating asymmetry increases with habitat disturbance in seven bird species of a fragmented afrotropical forest. *Proc. R. Soc.* 266: 1241-1246.
- Loye, J.; S. Carrol. 1995. Birds, bugs and blood: avian parasitism and conservation. *Trends in Ecol. and Evol.* 10 (6): 232-235.
- Machado, R. B. 2004. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. Relatório técnico não publicado. Conservação Internacional, Brasília, DF.
- Magalhães, V. S.; Júnior, S. M. A.; Lyra-Neves, R. M.; Telino-Júnior, W. R.; Souza, D. P. 2007. Biologia de aves capturadas em um fragmento de Mata Atlântica, Igarassu, Pernambuco, Brasil. *Rev. Bras. de Zool.* 24 (4): 950-964.
- Marini, M. A.; Robison, S. K.; Heske, E. J. Edge effects on nest predation in the Shawnee national forest, Illinois. *Biol. Cons.* 74: 203-213.
- Marini, M. A. 2001. Effects of forest fragmentation on birds of Cerrado region, Brazil. *Bird Cons. Inter.* 11: 13-25.
- Marini, M. A.; Garcia, F. I. 2005. Bird conservation in Brazil. *Cons. Biol.* 19: 665-671.
- Martensen, A. C.; Pimentel, R. C.; Metzger, J. P. 2008. Relative effects of fragment size and connectivity on bird community in the Atlantic rain forest: implications for conservation. *Biol. Cons.* 141: 2184-2192.
- Myers, N.; Mittermeier, R. A.; Mittermeier, C. G.; Fonseca, G. A. B.; Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. 403:843-858.
- Oliveira-Filho, A. T., Scolforo, J. R. S., Mello, J. M. 1994. Composição florística e estrutura de um remanescente de floresta estacional semidecidual montana em Lavras, MG. *Rev. Bras. de Bot.* 17: 167-182.
- Oliveira-Filho, A. T.; Curi, N.; Vilela, E. A.; Carvalho, D. A. 2001. Variation in tree community composition and struture with changes in soil properties within a fragment of semideciduous forest in south-eastern Brazil. *Edinb. Journ. of Biol.* 58(1):139-158.
- Oliveira-Filho, A. T.; Ratter, J. A. 2002. Vegetation physiognomies and woody flora of the Cerrado Biome. Pp. 91-120. Em: Oliveira, P.S. E Marquis, R.J. (eds.). *The Cerrados of*

- Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna. New York: Columbia University Press.
- Palmer, A. R.; Strobeck, C. 1986. Fluctuating asymmetry: measurement, analysis, patterns. *Annual Rev. of Ecol. and Syst.* 45: 391-421.
- Palmer R A.; Strobeck C. 2003. Fluctuating asymmetry revisited. Pp 279-319. Em: Polak M (ed) *Developmental Instability (DI): Causes and Consequences*. New York: Oxford University
- Parsons, P. A. 1990 Fluctuating asymmetry: an epigenetic measure of estresse. *Biol. Revi.* 65: 131-145.
- Pascoli, G. V. T. 2005. Ectoparasitismo em aves silvestres em um fragmento de mata (Uberlândia, MG). Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais). Instituto de Biologia, Univ. Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais.
- Paton, P. W. C. 1995. The effect of edge on avian nest success: how strong is the evidence? *Cons. Biol.* 8: 17-26.
- Porneluzi, P. A.; Faaborg, J. 1999. Seasonal long fecundity, survival, and viability of ovenbirds in fragmented and unfragmented landscapes. *Cons. Biol.* 13: 1151-1161.
- Primack, R. B.; Rodrigues, E. 2001. *Biologia da conservação*. Londrina: Editora Planta.
- Ribon, R.; Simon, J. E.; Mattos, G. T. Bird extinctions in Atlantic forest fragments of the Viçosa region, southeastern Brazil. *Cons. Biol.* 17: 1827-2839.
- Robison, S. K.; Thompson III, F. R.; Donovan, T. M.; Whitehead, D. R.; Faaborg, J. 1995. Regional forest fragmentation and the nesting success of migratory birds. *Science*. 267: 1987-1990.
- Rosa R.; Lima, S. C.; Assunção, W. L. 1991. Abordagem preliminar das condições climáticas de Uberlândia (MG). *Soc. & Nat.* 91-108.
- Sarre. S., Dearn, J. D. 1991. Morphological variation and fluctuating asymmetry among insular populations of the sleepy lizard, *Trachydosaurus rugosus* Gray (Squamata: Scincidae). *Austral. Journ. of Zool.* 39: 91-104.
- Serrano, I. 2008. O anilhamento como ferramenta para o estudo de aves migratórias. Em: *Primer Taller para la conservación de aves playeras miratorias en arrozceras del Cono Sur*. Wetlands Internacional. Buenos Aires, Argentina. Disponível em: <<http://lac.wetlands.org>>.

- Silva, J. M. C.; Bates, J. M. 2002. Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: a tropical savanna hotspot. *BioScience*. 52(3): 225-233.
- Silva, J. M. C.; Santos, M. P. D. 2005. A importância relativa dos processos biogeográficos na formação da avifauna do Cerrado e de outros biomas brasileiros. In *Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação*. MMA, Brasília. 219-233.
- Simmons, L. W.; Tomkins, J. L.; Kotiano, J. S.; Hunt, J. 1999. Fluctuating paradigm. *Proc. Royal Soc. of London*. 266: 593-595.
- Swaddle, J. P. 2003. Fluctuating asymmetry, animal behavior and evolution. *Advanc. in the study of beh.* 32: 169-207.
- Van Dongen, S. Molenberghs, G. Matthysen, E. 1999. The statistical analysis of fluctuating asymmetry: REML estimation of a mixed regression model. *Journ. of Evolu. Biol.* 12: 94-102.
- Vangestel, C.; Lens, L. 2011. Does fluctuating asymmetry constitute a sensitive biomarker of nutritional stress in house sparrows (*Passer domesticus*)? *Ecologic. Indicat.* 11: 389–394.
- Willis, E. O. 1979. The composition of avian communities in remanescent woodlots in southern Brazil. *Pap. Avul. Zool.* 33:1-25.
- Uezu, A.; Metzger, J. P.; Vielliard, J. M. F. 2005. Effects of structural and functional connectivity and patch size on the abundance of seven Atlantic Forest bird species. *Biol. Cons.* 123: 507-519.

CAPÍTULO 1

**Efeito da qualidade ambiental na assimetria flutuante de asas e tarsos de aves em matas
estacionais semidecíduais no Cerrado mineiro**

RESUMO

A assimetria flutuante (AF) - diferença aleatória entre os dois lados de caracteres com simetria bilateral - é utilizada para descrever variações fenotípicas causadas por distúrbios de natureza ambiental e/ou por fatores genéticos. É uma ferramenta de monitoramento ambiental prática e confiável, devido à forma de obtenção dos dados para avaliação quantitativa de estresse. Os objetivos desse capítulo foram: determinar quais populações de aves apresentaram AF; verificar se os frugívoros e insetívoros tiveram os maiores valores de AF; comparar os valores de AF de asas e tarsos de aves entre três áreas com diferentes graus de impacto; e identificar quais espécies são mais sensíveis às alterações ambientais. O estudo foi realizado em sete fragmentos de mata estacional semidecidual no Cerrado mineiro. As áreas foram classificadas em três grupos de acordo com um protocolo de avaliação rápida da qualidade de ambientes terrestres, sendo que os locais menos afetados por distúrbios ambientais receberam os menores escores (1 - 10), enquanto que para as áreas mais alteradas foram dados os maiores valores (21 - 30). As aves foram capturadas com redes de neblina entre março de 2010 e março de 2011. As asas e tarsos dos indivíduos capturados foram medidos três vezes com paquímetro digital. Foram capturados 322 indivíduos de 45 espécies e 17 famílias, sendo que oito espécies apresentaram AF para asas ou tarsos (*Antilophia galeata*, *Basileuterus flaveolus*, *Basileuterus hypoleucus*, *Basileuterus leucophrys*, *Leptopogon amaurocephalus*, *Tolmomyias sulphurescens*, *Lanio penicillatus* e *Turdus leucomelas*). São espécies dependentes de habitat florestal, o que pode conferir uma maior sensibilidade às alterações ambientais. Não houve diferença significativa para os valores de AF de asas e tarsos entre as guildas, sugerindo que diferenças intrínsecas de cada espécie de ave são fatores que influenciam nos níveis de AF. No entanto, houve diferenças entre as áreas, sendo que os valores de AF para asas e tarsos foram maiores nas aves capturadas nos ambientes com maiores graus de perturbação antrópica. Os valores de AF podem aumentar com o estresse ambiental no qual as populações estão submetidas. *Antilophia galeata* e *B. flaveolus* apresentaram variações na AF para as asas entre as áreas estudadas, enquanto que em *B. hypoleucus* foram verificadas diferenças na AF para os tarsos, sendo as espécies mais sensíveis. Os valores de AF foram diferentes entre as espécies e entre os ambientes indicando que a característica do ambiente no qual a espécie concentra suas atividades parece ser o fator mais importante na determinação da estabilidade do caráter.

Palavras-chave: assimetria flutuante, avifauna, ambiente.

ABSTRACT

Fluctuating asymmetry (FA) represents random differences between the two sides of bilaterally symmetrical characters. It is widely used to describe phenotypic variation caused by environmental disturbances and/or genetic factors. It is a practical and reliable tool of biomonitoring, due to the way of obtaining data for quantitative evaluation of stress. The objectives of this chapter were to determine which bird populations had FA; verify whether the frugivores and insectivores had higher values of FA; compare the values of FA for wings and tarsi of birds captured in three areas with different degrees of impact; and identify which species are more sensitive to environmental changes. The study was conducted in seven fragments of semideciduous forest in the Cerrado region of Minas Gerais, which were classified in three groups according to environmental quality. The birds were captured with mist nets between March of 2010 and March of 2011 and the wings and tarsi were measured three times with digital calipers. 322 individuals of 45 species and 17 families were captured and eight species exhibited FA for wings or tarsi (*Antilophia galeata*, *Basileuterus flaveolus*, *Basileuterus hypoleucus*, *Basileuterus leucophrys*, *Leptopogon amaurocephalus*, *Tolmomyias sulphureus*, *Lanio penicillatus* and *Turdus leucomelas*). These are forest-dependent species, and might be more sensitive to environmental changes. There was no significant difference in the values of FA for wings and tarsi between the guilds, suggesting that species-specific factors influenced levels of FA. However, there were differences among areas, and the values of FA for wings and tarsi were higher in birds captured in more disturbed areas. *Antilophia galeata* and *B. flaveolus* exhibited variations in FA for wings among the areas, while *B. hypoleucus* exhibited differences in FA for tarsi. The differences of FA among species and habitat indicated that environmental characteristic might be the most important factor in determining the stability of a character.

Keys-words: fluctuating asymmetry, birds, environmental changes.

INTRODUÇÃO

Dentre as práticas de monitoramento de populações realizadas em habitats alterados para a avaliação de impactos ambientais está a análise da assimetria flutuante (AF), definida como sendo a diferença randômica entre os dois lados de caracteres com simetria bilateral (Van Valen 1962, Leary & Allendorf 1989, Palmer & Strobeck 2003, Van Dongen 2006). A AF constitui-se de pequenos desvios, apresentando um padrão de variação com distribuição normal, a partir de uma média zero (Palmer 1999, Polak *et al.* 2003).

A AF tem sido o índice mais comumente utilizado para descrever variações fenotípicas causadas por distúrbios de natureza ambiental (degradação de habitats, baixa oferta alimentar, ação de parasitas e/ou doenças), e por fatores genéticos (decorrentes de desarmonia gênica provocada por elevado endocruzamento, baixa taxa de heterozigotidade ou hibridação) (Leary & Allendorf 1989, Parsons 1992, Anciães & Marini 2000, Lomônaco & Germanos 2001, Carcamo *et al.* 2008, Hopton *et al.* 2009). É considerada a única forma de assimetria não adaptativa, conseqüente da interação entre a estabilidade do desenvolvimento ou homeostase (controle genético) e a instabilidade do desenvolvimento (distúrbios de origem genética ou ambiental) enfrentados por organismos durante o desenvolvimento dos caracteres (Van Valen 1962, Moller & Swaddle 1997, Swaddle 2003, Ambo-Repel *et al.* 2008). Além disso, é uma ferramenta prática e confiável de monitoramento ambiental, devido à forma de obtenção dos dados para a avaliação quantitativa de estresse e à superioridade em relação a outros índices (Anciães & Marini 2000, Mamedova 2009), sendo afetado pela localização das populações (Siikamäki & Lammi 1998, Lens *et al.* 2002a,b), podendo ser considerado uma sensível técnica de biomonitoramento (Clarke 1992, Gorur 2006, Vangestel & Lens 2011).

Os efeitos das alterações antrópicas em ambientes florestais nos níveis de AF das espécies de aves variam de acordo com a guilda alimentar. Em geral, espécies insetívoras e

frugívoras são mais sensíveis às alterações ambientais, podendo apresentar maiores valores de AF para asas ou tarsos, de acordo com a importância do carácter (Balmford *et al.* 1993, Anciães & Marini 2000), enquanto que os onívoros são menos sensíveis, apresentando menores valores de AF, provavelmente devido ao fato de serem generalistas e explorarem uma maior variedade de recursos alimentares (Willis 1979, Laurance 1991, Anjos *et al.* 2006).

Alguns estudos sugerem que a AF em aves pode ser utilizada no biomonitoramento de ambientes naturais e alterados. Por exemplo, em Passeriformes da Mata Atlântica, os maiores níveis de AF ocorreram em áreas mais fragmentadas em relação às áreas contínuas (Anciães & Marini 2000). O estresse ambiental pode gerar, inclusive, AF em estruturas internas (ossos: coracóide, ulna, tarso e fêmur) como ocorreu com os Passeriformes do estado de Minas Gerais (Almeida 2003). Moller & Swadle (1997) detectou maiores níveis de AF em populações marginais de aves (mais próximas à borda) do que em populações que se encontram no centro do fragmento.

A AF pode também ser utilizada no contexto de seleção sexual e de hábito da espécie. Variações em penas da cauda de *Hirundo rustica* indicaram que a AF é negativamente correlacionada com o sucesso de acasalamento (Rasmuson 2002). Os custos da aerodinâmica em asas e tarsos de aves aumentam diretamente com a magnitude da AF (Thomas 1993). Algumas espécies de aves que despendem um maior tempo em vôo ou as que migram, podem apresentar asas mais assimétricas que outras, demonstrando que a AF depende da forma e da importância funcional do carácter (Balmford *et al.* 1993).

Considerando que a AF em aves permite avaliar a qualidade ambiental, este trabalho teve como objetivos: 1) determinar quais populações de aves apresentam AF; 2) verificar se os frugívoros e insetívoros são mais afetados pelos distúrbios ambientais, apresentando maiores valores de AF; 3) comparar os valores de AF de asas e tarsos de aves entre três áreas

com diferentes graus de impacto; 4) identificar quais espécies são mais sensíveis às alterações ambientais.

MATERIAL E MÉTODOS

Áreas de estudo:²

Este estudo foi realizado em sete fragmentos de mata estacional semidecidual no Cerrado do Triângulo Mineiro, todos localizados na Bacia do rio Paranaíba. Segue a caracterização de cada área, de acordo com Lopes (2010):

a) Mata da fazenda **Água Fria** (18°29'50''S e 48°23'03''O – figura 1a), localizada no município de Araguari – MG, possui uma área de 200 ha e é considerado um fragmento bem conservado, com características de formações primárias.

b) Floresta **Cruzeiro dos Peixotos** (18°40'26''S e 48°24'32''O – figura 1b), localizada no vale do rio Araguari, nas proximidades do distrito de Cruzeiro dos Peixotos, no município de Uberlândia – MG. Possui uma área de 17,5 ha, com ausência de curso d'água em seu interior. Na porção oeste encontram-se pastagens e culturas anuais, além de ser cortado por duas estradas e uma trilha em seu interior.

c) Mata da fazenda **Irara** (19°08'39''S e 48°08'46''O – figura 1c), localizada em propriedade particular na zona rural do município de Uberlândia – MG. O fragmento florestal possui área de 22,3 ha e se encontra próximo a um córrego com gradiente de cerradão, floresta estacional semidecidual e floresta de galeria.

d) Mata da fazenda experimental do **Glória** (18°57'03''S e 48°12'22''O – figura 1d), localizada no município de Uberlândia – MG e pertence à Universidade Federal de

² Em negrito nome pelo qual cada área será chamada ao longo do texto.

Uberlândia (UFU), com uma área de 30 ha com formações de mata de galeria e mata estacional semidecidual.

e) Estação Ecológica do **Panga** ($19^{\circ}10'04''\text{S}$ e $48^{\circ}23'41''\text{O}$ – figura 1e), localizada ao sul do município de Uberlândia – MG. A área foi utilizada para criação extensiva de gado até 1985, ano em que passou a constituir Reserva do Patrimônio Natural pertencente à UFU. A área destinada ao estudo possuía 16 ha, sendo caracterizada por um gradiente entre cerrado, floresta estacional semidecidual e mata de galeria.

f) Floresta do **Pereira** - Fazenda São Pedro – Itaú ($18^{\circ}55'40''\text{S}$ e $48^{\circ}03'51''\text{O}$ – figura 1f), localizada na zona rural do município de Uberlândia – MG, compreende um fragmento com área de 35 ha, caracterizado por um gradiente entre cerrado e floresta estacional semidecidual.

g) Mata da fazenda **São José** ($18^{\circ}51'35''\text{S}$ e $48^{\circ}13'53''\text{W}$ – figura 1g), localizada na zona rural do município de Uberlândia – MG, com uma área de 20 ha, sendo caracterizada por um gradiente entre floresta estacional semidecidual e mata de galeria.



Figura 1: Imagens de satélite dos sete fragmentos de mata estacional semidecidual e seu entorno, visualizadas a uma altura aproximada de 1000m. Fonte: Google Earth, 2011.



Figura 1: Imagens de satélite dos sete fragmentos de mata estacional semidecidual e seu entorno, visualizadas a uma altura aproximada de 1000m (continuação). Fonte: Google Earth, 2011.

Para cada um dos fragmentos foi aplicado um protocolo de avaliação rápida da qualidade de ambientes terrestres (figura 2), adaptado de Rodrigues & Castro (2008). A partir desse protocolo, foram avaliados nove parâmetros.

Figura 2: Protocolo de avaliação rápida da qualidade de ambientes terrestres (adaptado de Rodrigues & Castro 2008).

Parâmetros	Pontuação			
	5 pontos	3 pontos	1 Ponto	0 ponto
1. Tipo de ocupação na matriz de entorno	Campo de pastagem / agricultura / monocultura / reflorestamento (entre 60 a 100%)	Campo de pastagem / agricultura / monocultura / reflorestamento (entre 30 e 60%)	Campo de pastagem / agricultura / monocultura / reflorestamento (menor que 30%)	Vegetação natural
2. Trilhas	Alta ocorrência	Moderada ocorrência	Baixa ocorrência	Ausente
3. Deposição de resíduos sólidos no interior	Alta ocorrência	Moderada ocorrência	Baixa ocorrência	Ausente
4. Flora exótica no interior	Alta ocorrência	Moderada ocorrência	Baixa ocorrência	Ausente
5. Gado no interior	Alta ocorrência	Moderada ocorrência	Baixa ocorrência	Ausente
6. Atividade turística	Alta ocorrência	Moderada ocorrência	Baixa ocorrência	Ausente
7. Proximidade com área urbana	Menos de 1 km da cidade	Entre 1 e 10 km da cidade	Entre 10 e 30 km da cidade	Mais de 30 km da cidade
8. Ruídos externos	Alta ocorrência	Moderada ocorrência	Baixa ocorrência	Ausente
9. Evidências de incêndios recentes	Alta (acima de 60% da área)	Moderada (entre 30% e 60% da área)	Baixa (menos de 30% da área)	Ausente

Após aplicação do protocolo, os fragmentos foram reunidos em três grupos (tabela 1), sendo que os locais menos afetados por distúrbios ambientais receberam os menores escores (1 - 10), enquanto que para as áreas mais alteradas foram dados os maiores valores (21 - 30). Os fragmentos foram reunidos em três grupos: baixo nível de perturbação ambiental (Água Fria e Panga), médio nível (Cruzeiro e Glória) e alto nível (Irara, São José e Pereira).

Tabela 1: Faixa de pontuação e categorização das áreas estudadas.

Faixa de pontuação	Áreas
1 a 10 pontos – baixo nível de perturbação	Água Fria e Panga
11 a 20 pontos – médio nível de perturbação	Cruzeiro e Glória
21 - 30 pontos – alto nível de perturbação	Irara, São José e Pereira

Coleta de dados:

As aves foram capturadas com redes de neblina (12 metros de comprimento por 3 metros de altura) dispostas ao longo de trilhas em cada fragmento, em número mínimo de 12 e máximo de 25 redes, no período entre 6:30h e 17:00h, durante os meses de março de 2010 a março de 2011, sendo o esforço de campo padronizado em aproximadamente 24000 horas.m² para cada uma das sete áreas. O esforço de campo foi calculado de acordo com Straube & Bianconi (2002).

Os indivíduos foram identificados, de acordo com Sigrist (2009), anilhados com anilhas metálicas cedidas pelo Centro de Pesquisa para a Conservação de Aves Silvestres (CEMAVE/ICMBio - autorizações 2943 e 3238) e pesados com balanças tipo dinamômetros (Pesola®), com escalas de 30, 60 e 100g. Após identificação, anilhamento e pesagem, as asas e os tarsos dos indivíduos foram medidos três vezes com paquímetro digital Lotus®, precisão 0,01 mm, na seguinte ordem: asa esquerda, tarso esquerdo, asa direita, tarso direito. Os

animais triados foram liberados imediatamente após as medições. Posteriormente, foi feita a média aritmética das medidas de cada caracter.

As espécies foram classificadas em relação à dieta (guildas alimentares) em insetívoros, frugívoros e onívoros, de acordo com a literatura disponível.

Estimativa de assimetria flutuante (AF):

A assimetria flutuante (AF) foi avaliada separadamente para a asa e o tarso de cada indivíduo, seguindo cálculos definidos por Palmer & Strobeck (1986) e usadas por Anciães & Marini (2000): $AF = \sum \left| (D - E) \cdot N^{-1} \right|$, sendo D a média aritmética das medidas do lado direito, E a média aritmética das medidas do lado esquerdo e N o número de indivíduos da amostra.

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 (Perfectti & Camacho 1999). De acordo com Palmer & Strobeck (1986) é necessário distinguir a AF de outros tipos de assimetrias, como assimetria direcional e antissimetria. Para isto, foram feitos: um teste *t* para verificar se a diferença nas médias das medidas do lado direito e do lado esquerdo ($D - E$) eram significativamente iguais a zero, e o teste Kolmogorov-Smirnov para verificar a normalidade da distribuição ($D - E$). Quando as médias da medida dos lados direito e esquerdos são iguais a zero e apresentam distribuição normal, descarta-se a ocorrência de assimetria direcional e antissimetria, respectivamente. A dependência da AF com o tamanho da medida original foi testada para cada amostra através de uma Correlação de Pearson entre o $|AF|$ e a média da medida do lado direito (Palmer & Strobeck, 1986).

Análises estatísticas:

Para comparar os níveis de AF entre as guildas alimentares das aves capturadas foi realizada a Análise de Variância (ANOVA) para dois fatores, considerando a guilda e a área como fatores. Para analisar os valores de AF entre as diferentes áreas para cada espécie, foi feita uma ANOVA para fator, separadamente, para cada caracter (asa e tarso). Os dados foram analisados estatisticamente através do *software* Systat 10.2, sendo as análises conduzidas em nível de significância de 5% (Zar 2010).

RESULTADOS

Foram capturados 322 indivíduos de 45 espécies e 17 famílias em 167.051 horas.m², sendo que somente as espécies comuns nos três grupos de fragmentos foram utilizadas para a análise de assimetria flutuante (AF) (tabela 2).

Tabela 2: Espécies utilizadas na análise de assimetria flutuante, guilda alimentar e número de indivíduos.

Táxon	Guilda alimentar (baseada na dieta predominante)	Número total de indivíduos
Parulidae		
<i>Basileuterus flaveolus</i> Baird, 1865	Insetívoro	30
<i>Basileuterus hypoleucus</i> Bonaparte, 1830	Insetívoro	26
<i>Basileuterus leucoprphys</i> Pelzeln, 1868	Insetívoro	14
Pipridae		
<i>Antilophia galeata</i> Lichtenstein, 1823	Frugívoro	59
Rynchocyclidae		
<i>Leptopogon amaurocephalus</i> Tschudi, 1846	Insetívoro	13
<i>Tolmomyias sulphurescens</i> Spix, 1825	Insetívoro	11

Thamnophilidae

<i>Thamnophilus caerulescens</i> Vieillot, 1816	Insetívoro	10
---	------------	----

Thraupidae

<i>Lanio penicillatus</i> Spix, 1825	Onívoro	25
--------------------------------------	---------	----

Turdidae

<i>Turdus leucomelas</i> Vieillot, 1818	Onívoro	18
---	---------	----

Para as seguintes espécies: *Antilophia galeata* (figura 3a), *Basileuterus flaveolus* (figura 3b), *Basileuterus hypoleucus* (figura 3c), *Basileuterus leucophrys* (figura 3d), *Leptopogon amaurocephalus* (figura 3e), *Tolmomyias sulphurescens* (figura 3f), *Lanio penicillatus* (figura 3g) e *Turdus leucomelas* (figura 3h), os erros nas medições foram considerados desprezíveis ($p < 0,001$), as distribuições foram normais (anexo 1.1) com médias iguais à zero para asas e tarso (anexo 1.2), descartando-se, portanto, a ocorrência de antissimetria e assimetria direcional, respectivamente. Desta forma, estas espécies apresentaram AF para asas (tabela 3) e tarsos (tabela 4). Os valores de $|AF|$ para asa e tarso (anexo 1.3) não se correlacionaram com a média das medidas originais.

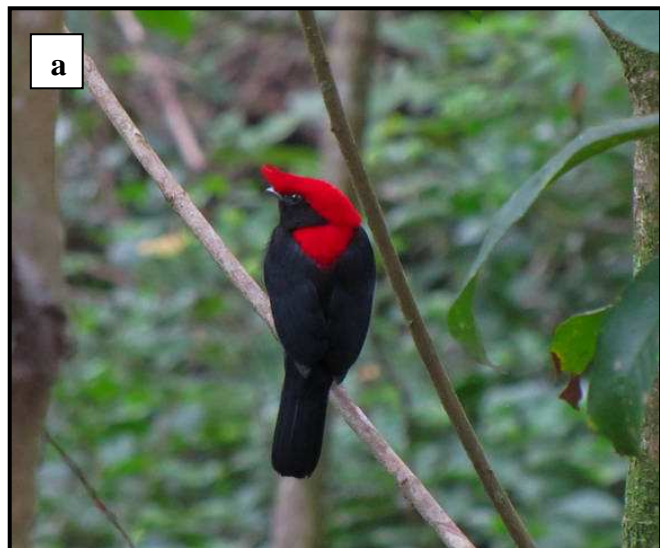


Figura 3: Espécies de aves capturadas que apresentaram assimetria flutuante (AF) e asas e tarsos. (a) *Antilophia galeata*, (b) *Basileuterus flaveolus*, (c) *Basileuterus leucophrys*, (d) *Basileuterus hypoleucus*. Fotos: Adriano Marcos da Silva; Vanessa Fonseca Gonçalves.



Figura 3: Espécies de aves capturadas que apresentaram assimetria flutuante (AF) em asas e tarsos. (e) *Leptopogon amaurocephalus*, (f) *Tolmomyias sulphureus*, (g) *Lanio penicillatus*, (h) *Turdus leucomelas*. (continuação). Fotos: Adriano Marcos da Silva; Wikiaves.

Tabela 3: Assimetria flutuante (média \pm desvio padrão - centímetros) das asas das oito espécies analisadas. Áreas: 1 - baixo nível de perturbação ambiental, 2 - médio nível de perturbação ambiental, 3 - alto nível de perturbação ambiental.

Espécie	Áreas		
	1	2	3
<i>Antilophia galeata</i>	0,003 \pm 0,003	0,002 \pm 0,002	0,004 \pm 0,004
<i>Basileuterus flaveolus</i>	0,003 \pm 0,002	0,002 \pm 0,002	0,008 \pm 0,006
<i>Basileuterus hypoleucus</i>	0,002 \pm 0,002	0,003 \pm 0,002	0,001 \pm 0,001
<i>Basileuterus leucophrys</i>	0,003 \pm 0,003	0,003 \pm 0,001	0,008 \pm 0,006
<i>Lanio penicillatus</i>	0,004 \pm 0,002	0,003 \pm 0,003	0,005 \pm 0,004
<i>Leptopogon amaurocephalus</i>	0,003 \pm 0,002	0,005 \pm 0,001	0,004 \pm 0,003
<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	0,005 \pm 0,002	0,002 \pm 0,001	0,008 \pm 0,006
<i>Turdus leucomelas</i>	0,001 \pm 0,001	0,001 \pm 0,001	0,002 \pm 0,002

Tabela 4: Assimetria flutuante (média \pm desvio padrão - centímetros) dos tarsos das oito espécies analisadas. Áreas: 1 - baixo nível de perturbação ambiental, 2 - médio nível de perturbação ambiental, 3 - alto nível de perturbação ambiental.

Espécie	Áreas		
	1	2	3
<i>Antilophia galeata</i>	0,005 \pm 0,006	0,002 \pm 0,001	0,007 \pm 0,012
<i>Basileuterus flaveolus</i>	0,004 \pm 0,005	0,003 \pm 0,002	0,005 \pm 0,005
<i>Basileuterus hypoleucus</i>	0,002 \pm 0,001	0,003 \pm 0,002	0,012 \pm 0,021
<i>Basileuterus leucophrys</i>	0,002 \pm 0,002	0,003 \pm 0,002	0,007 \pm 0,003
<i>Lanio penicillatus</i>	0,004 \pm 0,005	0,004 \pm 0,001	0,008 \pm 0,007
<i>Leptopogon amaurocephalus</i>	0,006 \pm 0,004	0,006 \pm 0,008	0,006 \pm 0,008
<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	0,003 \pm 0,002	0,003 \pm 0,001	0,010 \pm 0,007
<i>Turdus leucomelas</i>	0,003 \pm 0,002	0,004 \pm 0,003	0,004 \pm 0,003

De acordo com a ANOVA para dois fatores, não houve diferença significativa entre os valores de AF entre as guildas para asas ($F_{2,175}=0,204$; $p=0,815$) e nem para tarsos ($F_{2,175}=0,020$; $p=0,981$), mas apresentou diferenças entre as áreas (asa: $F_{2,175}=5,993$; $p=0,003$ / tarso: $F_{2,175}=3,559$; $p=0,031$) e não houve interação entre os fatores (asa: $F_{4,175}=0,206$; $p=0,935$ / tarso: $F_{4,175}=0,101$; $p=0,982$)

Houve diferenças nos valores de AF de asas ($F_{2,175} = 7,273$; $p = 0,001$) (figura 4) e tarsos ($F_{2,175} = 5,206$; $p = 0,006$) (figura 5) das aves capturadas nas diferentes áreas, sendo que os valores de AF foram maiores nas aves capturadas nos locais com alto nível de perturbação antrópica (Irara, São José e Pereira).

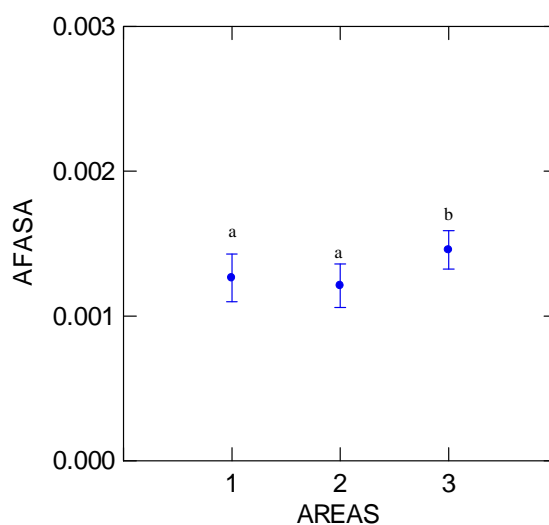


Figura 4: Assimetria flutuante (AF) (média \pm desvio padrão) em asas das oito espécies de aves analisadas. Letras iguais não diferem significativamente em nível de 0,05% pelo teste de comparações múltiplas de Tukey. Áreas: 1 - baixo nível de perturbação ambiental, 2 - médio nível de perturbação ambiental, 3 - alto nível de perturbação ambiental.

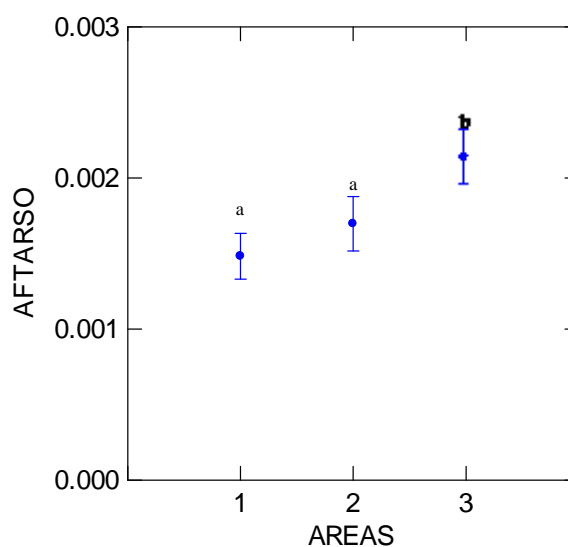


Figura 5: Assimetria flutuante (AF) (média \pm desvio padrão) em tarsos das oito espécies de aves analisadas. Letras iguais não diferem significativamente em nível de 0,05% pelo teste de comparações múltiplas de Tukey. Áreas: 1 - baixo nível de perturbação ambiental, 2 - médio nível de perturbação ambiental, 3 - alto nível de perturbação ambiental.

As espécies que apresentaram diferenças entre os valores de AF, entre as áreas, para asa foram: *A. galeata* ($F_{2,56} = 7,347$; $p = 0,001$), *B. flaveolus* ($F_{2,27} = 3,776$; $p = 0,036$), e para tarso: *B. hypoleucus* ($F_{2,10} = 0,032$; $p = 1,169$) (tabela 5).

Tabela 5: Valores do teste ANOVA para um fator para a AF de asas e tarsos das oito espécies analisadas.

Espécie	Anova para um fator	
	asa	tarso
<i>Antilophia galeata</i>	F_{2,56} = 7,347; p = 0,001	F _{2,56} = 2,703; p = 0,076
<i>Basileuterus flaveolus</i>	F_{2,27} = 3,776; p = 0,036	F _{2,27} = 0,061; p = 0,941
<i>Basileuterus hypoleucus</i>	F _{2,23} = 2,609; p = 0,095	F_{2,23} = 1,169; p = 0,032
<i>Basileuterus leucophrys</i>	F _{2,10} = 3,404; p = 0,075	F _{2,10} = 2,326; p = 0,148
<i>Lanio penicillatus</i>	F _{2,23} = 0,442; p = 0,648	F _{2,23} = 1,327; p = 0,285
<i>Leptopogon amaurocephalus</i>	F _{2,10} = 0,521; p = 0,609	F _{2,10} = 0,004; p = 0,996
<i>Tolmomyias sulphurencens</i>	F _{2,15} = 0,059; p = 0,583	F _{2,15} = 0,332; p = 0,722
<i>Turdus leucomelas</i>	F _{2,8} = 3,911; p = 0,065	F _{2,27} = 3,788; p = 0,070

DISCUSSÃO

Antilophia galeata, *Basileuterus flaveolus*, *Basileuterus hypoleucus*, *Basileuterus leucophrys*, *Leptopogon amaurocephalus*, *Tolmomyias sulphurencens*, *Lanio penicillatus* e *Turdus leucomelas* são espécies dependentes de habitat florestal (Sick 1997, Sigrist 2006). A dependência de florestas pode conferir uma maior sensibilidade às alterações ambientais, conforme observado por Anciães & Marini (2000). Essas espécies utilizam um menor número de habitats em relação às semi-dependentes e possuem uma associação com as características florísticas e estruturais dos habitats (Anciães & Marini 2000, Roma 2006). Além disso, apresentam menor capacidade de atravessar áreas abertas (Hansbauer *et al.* 2008), e de se deslocarem dentro dos fragmentos (Anciães & Marini 2000). Portanto, é possível que o hábito floresta-dependente confira uma maior sensibilidade a essas espécies (Silva 1995).

As alterações antrópicas modificam as estruturas das florestas, provocando alterações na estrutura e dinâmica das comunidades arbóreas, como a redução da cobertura vegetal

(Primack & Rodrigues 2001, Santos 2006), originando áreas mais abertas com a presença de clareiras no interior (Gusson *et al.* 2009) e a diminuição da variedade de microhabitats (Gimenes & Anjo 2003), além de uma tendência em aumentar a proporção de espécies vegetais pioneiras e anemocórias (Henriques 2003). Nesse sentido, podem ocorrer alterações no nicho das aves de hábito dependente de floresta (Antunes 2005), gerando AF em algumas espécies.

Em relação às guildas alimentares, não houve diferenças entre os valores de AF para asas e tarsos, contrariando dados coletados por Anciães & Marini (2000). Era de se esperar que os frugívoros e insetívoros fossem mais sensíveis as alterações ambientais, sendo, portanto mais assimétricos que os onívoros. Isto porque, mudanças na estrutura da vegetação do fragmento e do entorno podem afetar o comportamento de forrageamento de aves frugívoras e insetívoras, que geralmente são especializadas na busca de recursos e táticas de captura (Sick 1997, Sigrist 2006). Além disso, frutos e insetos são altamente variáveis no tempo e no espaço, desta forma, as aves, especialistas nesses tipos de dietas, deveriam explorar amplas áreas, seguindo a disponibilidade de recursos (Terborgh 1986, Galetti & Pizo 1996, Sigrist 2006). No entanto, no presente estudo, a ação antrópica não foi suficiente para afetar as guildas de forma diferente.

A ausência de diferenças entre as guildas sugere que diferenças intrínsecas de cada espécie de ave são fatores que influenciam nos níveis de AF (Anciães & Marini 2000). As táticas de forrageamento e formas de exploração do habitat pelas aves, mesmo sendo da mesma guilda, são diferentes (Soares & Anjos 1999), podendo expor os grupos a condições ambientais diversas e, portanto, podem apresentar respostas distintas.

No entanto, houve diferenças nos níveis de AF de asas e tarsos das aves capturadas nas áreas com diferentes níveis de perturbação antrópica. Os valores de AF podem aumentar com o estresse ambiental no qual as populações estão submetidas (Soulé & Baker 1968, Evans &

Marshall 1996, Lens *et al.* 2002b). As mudanças nos habitats dos ambientes florestais e da matriz de entorno podem gerar alterações nas comunidades, por meio do aumento da predação, da competição, de parasitas e de doenças (Rolstad 1991, Gimenes & Anjo 2003), ou diminuição de recursos disponíveis e de sítios para nidificação e pouso (Bierregaard & Lovejoy 1989, Tellería & Santos 1993, Tubelis & Cavalcanti 2000).

As áreas com alto nível de perturbação ambiental foram consideradas as mais degradadas em relação às outras áreas do estudo. Sob condições estressantes, a eficiência dos mecanismos de estabilização pode ser reduzida, levando a um aumento dos níveis de AF (Clarke 1995, Palmer & Strobeck 2003). Um possível mecanismo de relação entre AF e estresse é que os organismos requerem mais energia para compensar o estresse, resultando em menores gastos com reprodução e crescimento (Leung *et al.* 1999), ou seja, tal estresse reduz a energia disponível para o desenvolvimento de precisão nos caracteres (Sommer 1996). O estresse pode fortalecer a relação entre AF e *fitness*: se aquisição de recursos for reduzida como forma de defesa contra o estresse, haverá uma diminuição da qualidade individual e da homeostase (Leung *et al.* 1999, Lens *et al.* 2002a,b, Carcamo *et al.* 2008). De acordo com Kanegae & Lomônaco (2003) é possível prever que organismos com menos habilidade para a plasticidade sejam mais susceptíveis a apresentar maiores índices de AF em situações de estresse. Portanto, maiores níveis de perturbação de habitat podem aumentar os níveis de assimetria da população, antes de um decréscimo na sobrevivência tornar-se aparente (Lens *et al.* 2002a).

Lens *et al.* (1999) em um estudo com aves capturadas em três fragmentos florestais no sudeste do Quênia, observou que sete espécies de aves dependentes de florestas apresentaram níveis de AF em tarsos de quatro a sete vezes maiores nos fragmentos mais degradados. Além disso, foram feitas comparações com espécimes de museus coletadas nesses mesmos locais na

década de 40. Com isso, foi comprovada uma variação temporal e espacial nos valores de AF, sendo essa medida, utilizada no monitoramento de ecossistemas alterados.

Em outro estudo no sul do Quênia (Lens 2000), no qual foram analisadas populações de aves em três fragmentos florestais classificados em diferentes níveis de degradação, constatou-se que AF aumentava em fragmentos com maiores níveis de degradação e que também existia uma relação negativa entre a probabilidade de sobrevivência e a AF na área mais degradada.

Os impactos da deterioração do habitat e da fragmentação podem exigir estratégias de forrageamento diferentes entre as espécies (Lens *et al.* 2002b). Nesse sentido, as populações podem apresentar variadas sensibilidades e respostas às perturbações no ambiente.

As diferenças nos valores de AF entre as espécies sugerem que a AF é influenciada pela utilização diferenciada e importância de cada carácter para os grupos taxonômicos. A AF é específica para o carácter (Palmer & Strobeck 1986, Parsons 1990, Anciães & Marini, 2000), o que pode gerar variações entre caracteres de um mesmo indivíduo e até entre caracteres relacionados ao desenvolvimento de uma estrutura morfológica (Klingenberg & Macintyre 1998).

O estresse não afeta todas as estruturas da mesma forma, as características do ambiente no qual a espécie concentra suas atividades parece ser o fator mais importante na determinação da estabilidade do carácter (Gonçalves; Melo, 2011 *no prelo*). *Antilophia galeata* e *Basileuteus flaveolus* apresentaram diferenças nos valores de AF para as asas entre as áreas, enquanto que para *Basileuterus hypoleucus* a diferença na AF entre as áreas foi para os tarsos. A AF das outras espécies: *Basileuterus leucophrys*, *Lanio penicillatus*, *Leptopogon amaurocephalus*, *Tolmomyias sulphurencens* e *Turdus leucomelas* não diferiram entre os locais de estudo.

Antilophia galeata, embora seja um frugívoro territorialista, é encontrada em diferentes ambientes, desde áreas conservadas (Marçal-Júnior *et al.* 2009) até locais alterados (Franchin & Marçal-Júnior 2004, Valadão *et al.* 2006, Silva & Melo 2011). Além disso, desloca-se aproximadamente 700 m no mesmo local (Marini 1992), podendo, portanto apresentar variações na AF das asas de acordo com o ambiente.

Basileuterus flaveolus pode perseguir cupins alados em revoadas e forragear em bordas (Marini & Cavalcanti 1993, Sick 1997), desta forma, ocorre um desloca-se amplo dentro do ambiente florestal, expondo com maior frequência as asas aos variados níveis de estresses ambientais encontrados nas distintas áreas estudadas. Áreas mais degradadas apresentam fatores bióticos intensificados, como maiores níveis de luz, temperatura, vento, umidade (Anciães & Marini 2000, Primack & Rodrigues 2001, Gimenes & Anjo 2003), resultando em elevados níveis de AF.

Basileuterus hypoleucus forrageia no sub-bosque, procurando pequenos insetos nas folhagens (Willis 1979, Marini & Cavalcanti 1993, Sick 1997), o que indica que os tarsos são relativamente importantes para as atividades dessa espécie, refletindo em uma maior sensibilidade desse carácter às alterações ambientais, e consequentemente, uma maior AF. Além disso, essa espécie pode deslocar-se dentro do fragmento, semelhante ao observado em *B. flaveolus*, portanto, uma maior movimentação horizontal dentro do fragmento pode gerar uma maior exposição às alterações ambientais, refletindo, assim, em maiores valores de AF em ambientes mais perturbados.

Basileuterus leucophrys é comumente encontrado em áreas alagadas ou florestas de galeria (Sick 1997, Marini & Cavalcanti 1993) e no interior de fragmentos (Marini & Cavalcanti 1993, Gonçalves & Melo 2011 *no prelo*), sendo mais exigente em relação ao microhabitat. O interior de um fragmento florestal é mais isolado dos efeitos de borda (Primack & Rodrigues, 2001), assim as perturbações causadas pelo homem influenciam

menos no desenvolvimento da estabilidade dos caracteres (Siikamäki & Lammi, 1998). Devido a essa restrição ao habitat, os indivíduos ficam mais restritos às regiões alagadas, ou seja, se deslocam pouco ou quase nada dentro do fragmento, resultando, assim, em menores variações na AF entre diferentes áreas. *Lanio penicillatus* é uma espécie típica do sub-bosque, encontrada na vegetação, a baixa altura, e geralmente não se desloca em lugares abertos (Sick 1997, Sigrist 2006, Gwynne *et al.* 2010). Essa característica demonstra que a espécie, provavelmente, é menos influenciada pelas alterações ambientais, e apesar de apresentar AF, não houve diferenças entre as áreas. *Leptopogon amaurocephalus*, *Tolmomyias sulphurencens* e *Turdus leucomelas* forrageiam no estrato médio do sub bosque e dossel (Willis 1979, Gimenes & Anjo 2000, Gwynne *et al.* 2010), deslocando-se no estrato vertical, e populações que ocupam esses estratos são menos afetadas pelas alterações (Willis 1979, Bierregaard & Lovejoy 1989).

CONCLUSÕES

Antilophia galeata, *Basileuterus flaveolus*, *Basileuterus hypoleucus*, *Basileuterus leucophrys*, *Leptopogon amaurocephalus*, *Tolmomyias sulphurescens*, *Lanio penicillatus* e *Turdus leucomelas* foram as populações de aves, capturadas em fragmentos de Florestas Estacionais Semidecíduais no Cerrado Mineiro, que apresentaram AF para asas e tarsos. São espécies dependentes de florestas, portanto, sofrem mais com as perturbações antrópicas.

Não houve diferenças nos valores de AF para asas e tarsos entre as guildas de aves estudadas, portanto, os frugívoros, insetívoros e onívoros foram afetados de forma semelhante pelas alterações ambientais, sugerindo que a AF nessas espécies é influenciada pelas diferenças intrínsecas dos organismos, como táticas de forrageamento, exploração do habitat e importância do caracter.

A AF de asas e tarsos foi maior em aves capturadas nas áreas consideradas mais degradadas, sugerindo que os níveis de AF aumentam com o estresse ambiental a qual as populações estão submetidas;

As espécies mais sensíveis foram: *Antilophia galeata*, *Basileuterus flaveolus* e *Basileuterus hypoleucus*. *Antilophia galeata* e *B. flaveolus* apresentaram variações na AF para as asas entre as áreas estudadas, enquanto que em *B. hypoleucus* foi verificada diferenças na AF para os tarsos. Portanto, o estresse ambiental não afeta todas as estruturas da mesma forma.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS³

- Almeida, R. C. V. 2003. Assimetria flutuante em esqueletos de aves Passeriformes do Estado de Minas Gerais: aspectos metodológicos e implicações sobre a utilização de coleções osteológicas como objeto de estudos de variação temporal de comunidades. Dissertação (Mestrado em Zoologia de Vertebrados) - PUC Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais.
- Ambo-Repel, R.; Lajus, D. L.; Scheneider, M. J. 2008. Increased heavy metal nutrient contamination does not increase fluctuating asymmetry in the seagrass *Halophia ovalis*. Ecol. Ind. 8: 100-103.
- Anciães, M.; M. Â. Marini. 2000. Fluctuating asymmetry as indicator of fragmentation effects on birds from Brazilian Tropical forests. Jour. of Appli. Ecol. 37: 1013-1028.
- Anjos, L. dos; Zanette, L.; Lopes. E. 2006. Effects of fragmentation on the birds guildes of Brazilian Atlantic Forest in the North Paraná, southern Brazil. Ornit. Neot. 15: 137-144.
- Antunes, A. Z. 2005. Alterações na composição da comunidade de aves ao longo do tempo em um fragmento florestal no sudeste do Brasil. Ararajuba. 13 (1): 47-61.
- um fragmento florestal no sudeste do Brasil
- Babbitt, G. A.; Kiltie, R.; Bolker, B. 2006. Are Fluctuating Asymmetry Studies Adequately Sampled? Implications of a New Model for Size Distribution. The Amer. Natural. 167: 230-245.
- Balmford, A.; Jones, I. L.; Thomas, A. L. R. 1993. On avian asymmetry: evidence of natural selection for symmetrical tails and wings in birds. Proc. of the Royal Soc. 252: 245-251.
- Bierregaard, R. O. Jr.; Lovejoy, T. E. 1989. Effects of forest fragmentation on Amazonia understory bird communities. Acta Amaz. 19: 215-241.
- 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.
- Clarke, G.M. 1992. Fluctuating asymmetry: a technique for measuring developmental stress of genetic and environmental origin. Acta Zool. Fen. 191:31-35.

³ De acordo com a Revista Ornitología Neotropical.

- Clarke, G. M. 1995. Relationship between developmental stability and fitness: application for conservation biology. *Cons. Biol.* 9: 18-24.
- Evans, A. S.; Marshall, M. 1996. Developmental instability in *Brassica campestris* (Cruciferae): fluctuating asymmetry of foliar and floral traits. *Jour. Evol. of Biol.* 9: 717-736.
- Franchin, A. G.; Marçal Júnior, O. 2004. A riqueza da avifauna no Parque do Sabiá. *Biotemas*. 17(1): 179-202.
- Galetti, M.; Pizo, M. A. 1996. Fruit eating by birds in a forest fragment in southeastern Brazil. *Ararajuba*. 4: 71-79.
- Gimenes, M. R.; Anjos, S. 2003. Efeitos da fragmentação florestal sobre as comunidades de aves. *Acta Scien.. Biolog. Scien.* 25: 391-402.
- Gonçalves, V. F.; Melo, C. 2011. Assimetria flutuante em três espécies de *Basileuterus* (Passeriformes, Parulidae) em um fragmento de floresta semidecidual do Cerrado brasileiro. *Rev. de Ecol. do Brasil. No prelo*.
- Gorur, G. 2006. Developmental instability in cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*) populations exposed to heavy metal accumulated host plants. *Ecol. Ind.* 6: 743-748.
- Gusson, A.E.; Lopes, S.F.; Dias-Neto, O.C.; Vale, V.S.; Oliveira, A.P.; Schiavini, I. 2009. Características químicas do solo e estrutura de um fragmento de floresta estacional semidecidual em Ipiacu, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia*. 60 (2): 403-414.
- Gwynne, J. A.; Ridgely, R. S.; Tudor, G.; Argel, M. 2010. *Aves do Brasil: Pantanal e Cerrado*. Belo Horizonte: Editora Horizonte.
- Hansbauer, M. M.; Storch, I.; Leu, S.; Nieto-Holguin, J. P.; Pimentel, R. G. Knauer, F.; Metzger, J. P. W. 2008. Movements of neotropical understory passerines affected by anthropogenic forest edges in the Brazilian Atlantic rainforest. *Biol. Cons.* 141: 782-791.
- Henriques, O. K. 2003. Caracterização da vegetação natural de Ribeirão Preto, SP: Bases para conservação. Tese (Doutorado em Ecologia, Univ. de São Paulo, São Paulo).
- Hopton, M. E.; Cameron, G. N.; Cramer, M. J.; Polak, M.; Uetz, G. W. 2009. Live animal radiography to measure developmental instability in populations of small mammals after a natural disaster. *Ecol. Ind.* 9: 883-891.
- 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.
- Laurance, W. F. 1991. Edge effects in tropical forest fragments: Application of a model for the design of nature reserves. *Biol. Cons.* 52: 205-219.
- Leary, R.F.; Allendorf, F.W. 1989. Fluctuating asymmetry as indicator of e stress: implications for conservation biology. *Trends in Ecol.and Evol.* 4:214-217.
- Lens, L.; Van Dongen, S.; Galbusera, P.; Schenck, T.; Matthysen, E.; Van de Castelee, T. 2000. Developmental instability and inbreeding in natural bird populations exposed to different levels of habitat disturbance. *Journ. of Evol. Biology*. 13: 889-896.
- Lens, L.; Van Dongen, S.; Matthysen, E. 2002a. Fluctuating asymmetry as an early warning system in the critically endangered taita thrush. *Cons. Biol.* 16: 479-487.
- Lens, L.; Van Dongen, S.; Matthysen, E. 2002b. Fluctuating asymmetry as an indicator of fitness: can we bridge the gap between studies? *Biol. Rev.* 77: 27-38.
- Lens, L.; Van Dongen, S.; Wilder, C. M.; Brooks, T. M.; Matthysen, E. 1999. Fluctuating asymmetry increases with habitat disturbance in seven bird species of a fragmented afro-tropical forest. *Proc. R. Soc. London*. 266: 1241-1246.
- Leung, B.; Forbes, M. R.; Houle, D. 1999. Fluctuating asymmetry as a bioindicator of stress: comparing efficacy of analyses involving multiple traits. *The Americ. Natur.* 155 (1): 101-115.
- Lomônaco, C.; Germanos, E. 2001. Variações fenotípicas em *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) em resposta à competição larval por alimento. *Neotropical Entomology*. 30: 223-231.
- Lopes, S. F. 2010. Padrões florísticos e estruturais das Florestas Estacionais Semidecíduais do Triângulo Mineiro, MG. Tese (Doutorado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais). Instituto de Biologia, Univ. Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais.
- Mamedova, A. O. 2009. Bioindication of environmental quality based on plant mutational and modification variability. *Cytol. and Genet.* 43: 123-125.
- Marçal Júnior, O.; Frachin, A. G.; Alteff, E. F.; Júnior-Silva, E.; Melo, C. 2009. Levantamento da avifauna na Reserva Ecológica Panga (Uberlândia, MG, Brasil). *Biosc. Journal*. 25 (6): 149-164.

- Marini, M. A. 1992. Foraging behavior and diet of the Helmeted Manakin. *The Condor*. 94 (1): 151-158.
- Marini, M. A.; Cavalcanti, R. B. 1993. Habitat and foraging substrate use of three *Basileuterus* warblers from Central Brazil. *Ornit. Neot.* 4 (2): 69-76.
- Moller, A. P.; Swaddler, J. P. 1997. Asymmetry, developmental stability, and evolution. Oxford: Oxford University Press.
- Palmer, A. R. 1999. Detecting publication bias in meta analyses: a case study fluctuating asymmetry and sexual selection. *Americ. Natur.* 154: 220-233.
- Palmer, A. R.; Strobeck, C. 1986. Fluctuating asymmetry: measurement, analysis, patterns. *Annual Rev. of Ecol. and Syst.* 45: 391-421.
- Palmer R A.; Strobeck C. 2003. Fluctuating asymmetry revisited. Pp 279-319. *In*: Polak M (ed) *Developmental Instability (DI): Causes and Consequences*. Oxford University Press, NY.
- Parsons, P. A. 1990. Fluctuating asymmetry: an epigenetic measure of estresse. *Biol. Review.* 65: 131-145.
- Parsons, P. A. 1992. Fluctuating asymmetry: a biological monitor of environmental and genomic stress. *Heredity*. 68:361-364.
- Perfectti, F.; Camacho, J. P. 1999. Analysis of genotypic differences in developmental stability in *Annona cherimola*. *Evolution*. 53: 1396-1405.
- Polak, M.; Kroeger, D. E.; Cartwright, I. L.; DeLeon, C. P. 2003. Genotype-specific response of fluctuating asymmetry and of preadult survival to the effect of lead and temperature stress in *Drosophila melanogaster*. *Environ. Pollut.* 127:154-155.
- Primack, R. B.; Rodrigues, E. 2001. *Biologia da conservação*. Londrina: Editora Planta.
- Rasmuson, M. 2002. Fluctuating asymmetry: indicator of what? *Hereditas*. 136: 177-183.
- Rodrigues, A. S. L.; CASTRO, P .T. A. 2008. Adaptation of a rapid assessment protocol for rivers on rocky meadows. *Acta Limn. Brasilien.* 20 (4): p. 291-303.
- Roma, J. C. 2006. A fragmentação e seus efeitos sobre as aves de fitofisionomias abertas do Cerrado. Tese (Doutorado em Ecologia). Univ. de Brasília, Brasília, Distrito Federal.
- Rostald, J. 1991. Consequences of Forest fragmentation for the dynamics of bird populations: conceptual issues and the evidence. *The Linnean Soc. of London*. 149-163.
- Santos, K. 2006. Caracterização florística e estrutural de onze fragmentos de mata estacional semidecídua da Área de Proteção Ambiental do Município de Campinas – SP. Tese (Doutorado em Ecologia). Univ. Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo.

- Sick, H. 1997. Ornitologia brasileira. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira.
- Sigrist, T. 2006. Aves do Brasil: uma visão artística. São Paulo: Editora Leitura Dinâmica.
- Siikamäki, P.; Lammi, A. 1998. Fluctuating asymmetry in central and marginal populations of *Lychnis viscaria* in relation to genetic and environmental factors. *Evolution*. 52:1285-1292.
- Silva, A. M.; Melo, C. 2011. Frugivory and seed dispersal by the Helmeted Manakin (*Antilophia galeata*) in forests of Brazilian Cerrado. *Ornit. Neot.* 22: 69-77.
- Silva, J. M .C. 1995. Birds of the Cerrado Region, South America. *Steentrupia*. 21 (2): 69-92.
- Soares, E. S.; Anjos, L. dos. 1999. Efeito da fragmentação florestal sobre aves escaladoras de tronco e galho na região de Londrina, norte do estado do Paraná, Brasil. *Ornit. Neot.* 10: 61-68.
- Sommer, C. 1996. Ecotoxicology and developmental stability as an in situ monitor of adaptation. *Ambio*. 25: 374-376.
- Soulé, M.; Baker, B. 1968. Phenetics of natural populations IV: The population asymmetry parameter in the butterfly *Coenonympha tullia*. *Heredity*. 23: 611-613.
- Straube, F. C.; Bianconi, G. V. 2008. Sobre a grandeza e a unidade utilizada para estimular esforço de captura com utilização de redes de neblina. *Chirop. Neot.* 8: 150-152,
- Swaddle, J. P. 2003. Fluctuating asymmetry, animal behavior and evolution. *Adv. in the study of behav.* 32: 169-207.
- Tellería, J. L.; Santos, T. 1993. Distributional patterns of insectivorous passerines in the iberian forests: does abundance decrease near the border? *Journ. of Biology*. 20: 235-240.
- Terborgh, J. 1986. Keystones plant resources in the tropical forest. *Cons. Biol.* 330-344.
- Thomas, A. L. R.. 1993. On the aerodynamics of bird tails. *Philos. Trans. R. Soc. Lond.* 340: 361-380.
- Tubelis, D. P.; R. B. Cavalcanti. 2000. A comparison of bird communities in natural and disturbed non-wetland open habitats in the Cerrado's central region, Brazil. *Bird.Cons. Int.* 10: 331-350.
- Valadão, R. F.; Marçal Júnior, O.; Franchin, A. G. 2006. A avifauna no Parque Municipal Santa Luzia, zona urbana de Uberlândia, Minas Gerais. *Biosc. Journal*. 22 (2): 97-108.
- Van Dongen, S. 2006. Fluctuating asymmetry and developmental instability in evolutionary biology past, present and future. *Journal of Evolut. Biol.* 19: 1727-1743.
- Van Valen, L. 1962. A study of fluctuating asymmetry. *Evolution*. 16:125-142.

- Vangestel, C.; Lens, L. 2011. Does fluctuating asymmetry constitute a sensitive biomarker of nutritional stress in house sparrows (*Passer domesticus*)? *Ecol. Indic.* 11: 389–394.
- Willis, E. O. 1979. The composition of avian communities in remanescent woodlots in southern Brazil. *Pap. Avul. Zool.* 33:1-25.
- Zar, J. H. 2010. *Biostatistical analysis*. New Jersey, Prentice Hall.

CAPÍTULO 2

Antilophia galeata Lichtenstein, 1823 (Passeriformes; Pipridae); *Basileuterus flaveolus* Baird, 1865 (Passeriformes; Parulidae) e *Basileuterus hypoleucus* Bonaparte, 1830 (Passeriformes; Parulidae) como biomonitores da qualidade ambiental

RESUMO

O biomonitoramento é o uso sistemático das respostas de organismos vivos para avaliar as mudanças, qualitativas e quantitativas, ocorridas no ambiente, geralmente causadas por ações antrópicas. Uma ferramenta para o monitoramento de ambientes naturais, alterados e fragmentados é a assimetria flutuante (AF), definida como sendo a diferença randômica entre os dois lados de caracteres com simetria bilateral, causada por distúrbios ambientais e/ou genéticos. Os objetivos desse capítulo foram: comparar os valores de AF para asas e tarsos de *Antilophia galeata*, *Basileuterus flaveolus* e *Basileuterus hypoleucus* entre as áreas estudadas e analisar o potencial uso dessas três espécies como biomonitores. O estudo foi realizado em sete fragmentos de mata estacional semidecidual no Cerrado do Triângulo Mineiro. As áreas foram reunidas em três grupos de acordo com um protocolo de avaliação rápida da qualidade de ambientes terrestres, sendo que os locais menos afetados por distúrbios ambientais receberam os menores escores (1 - 10), enquanto que para as áreas mais alteradas foram dados os maiores valores (21 - 30). As aves foram capturadas com redes de neblina entre março de 2010 e março de 2011. Foram capturados 59 indivíduos de *A. galeata*, 30 de *B. flaveolus* e 26 de *B. hypoleucus*. Para *A. galeata* e *B. flaveolus*, houve diferenças nos valores de AF para asas entre as áreas, sendo maior nas áreas com maior grau de perturbação antrópica, o que não foi observado para tarsos. No entanto, para *B. hypoleucus* houve diferenças nos valores de AF para tarso entre as áreas, mas não para asa. A AF depende da importância funcional do caráter para cada espécie. Nesse sentido, estas três espécies podem ser utilizadas em diagnósticos da qualidade do ambiente, sendo *B. hypoleucus*, o melhor biomonitor.

Palavras-chave: assimetria flutuante, monitoramento, tarso, asa.

ABSTRACT

Biomonitoring is the use of living organisms's responses to assess qualitative and quantitative changes, in the environment, usually caused by human actions. One of the techniques used to monitoring is fluctuating asymmetry (FA) which represents morphological alterations in bilateral characters caused by genetic and/or environmental stress. The objectives of this chapter were: to compare the values of FA for wing and tarsi of *Antilophia galeata*, *Basileuterus flaveolus* and *Basileuterus hypoleucus* among there areas and to analyze the potential use of these three species as biomonitors. The study was conducted in seven fragments of semideciduous forest in the Cerrado region of Minas Gerais, which were classified in three groups according to environmental quality. The birds were captured with mist nets between March 2010 and March 2011 and the wings and tarsi were measured three times with digital calipers. 59 individuals of *A. galeata*, 30 of *B. flaveolus* and 26 of *B. hypoleucus* were captured. For *A. galeata* and *B. flaveolus* there were differences in the values of FA for wings among areas, being higher in areas with higher levels of human disturbance, which was not observed for tarsi. However, there weren't any differences in the values of FA for tarsi between the areas for *B. hypoleucus*. FA depends upon the functional importance of the character for each species. Therefore, these three species can be used in biomonitoring, and *B. hypoleucus* the best biomonitor.

Key-words: fluctuating asymmetry, biomonitoring, wings, tarsi.

INTRODUÇÃO

As alterações nos ambientes florestais ao longo do tempo, devido ao processo de ocupação do território e expansão das atividades agropecuárias, descaracterizaram as formações vegetais e reduziram a cobertura vegetal natural (Viana *et al.* 1997; Gusson *et al.* 2009). Nesse sentido, podem ocorrer modificações na ecologia das populações (Primack & Rodrigues 2001), como interrupção da dispersão, alterações na seleção de habitat, aumento nas taxas de predação, competição e parasitismo, diminuição da oferta alimentar e da disponibilidade de micro habitat específico para nidificação (Bierregard & Lovejoy 1989, Rolstad 1991, Tellería & Santos 1993, Borges 2008).

Para a conservação da biota, além da manutenção de áreas dispersas, é necessário o desenvolvimento de práticas de biomonitoramento (Santos 2004). De acordo com Matthews *et al.* (1982), biomonitoramento é o uso sistemático das respostas de organismos vivos para avaliar as mudanças, qualitativas e quantitativas, ocorridas no ambiente, geralmente causadas por ações antrópicas.

A assimetria flutuante (AF) é um índice empregado para o monitoramento de populações de habitats alterados (Leary & Allendorf 1989, Lomônaco & Germanos 2001). Van Valen (1962) definiu a AF como sendo a diferença aleatória entre os dois lados de caracteres com simetria bilateral. Alguns autores apontam a AF como característica importante para o biomonitoramento de ambientes naturais e fragmentos.

Em um estudo com lagartos, nas ilhas oceânicas da costa da Austrália e do continente, observou-se que a AF diminuía com o aumento do tamanho da ilha (Sarre & Dearn 1991). *Drosophila melanogaster* na natureza possuía maior AF em comparação com as gerações em laboratório, indicando que o estresse ambiental pode ser maior no campo do que no laboratório (Woods *et al.* 1999). Lens *et al.* (1999) observaram um aumento na AF em sete

espécies de aves em remanescentes mais degradados. Estes resultados sugerem que a AF pode ser utilizada para estudos de populações em áreas naturais ou em áreas modificadas pela ação antrópica.

Em um estudo (ver capítulo 1 desta dissertação), foi detectado que três espécies de Passeriformes, comuns nos três grupos de áreas com diferentes níveis de perturbação (baixo, médio e alto nível de perturbação antrópica) apresentaram AF. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivos: 1) comparar os valores de AF para asa e tarso de *Antilophia galeata*, *Basileuterus flaveolus* e *Basileuterus hypoleucus* entre as áreas estudadas; 2) analisar o potencial uso dessas três espécies como biomonitores.

MATERIAL E MÉTODOS

Espécies estudadas:

Antilophia galeata Lichtenstein, 1823 (Passeriformes; Pipridae), soldadinho (figura 1), apresenta dimorfismo sexual na fase adulta (Sick 1997). Os machos adultos exibem uma plumagem negra com penas escarlate no topo da cabeça, formando um topete e as fêmeas e os juvenis possuem uma plumagem esverdeada discreta em todo o corpo (Marini 1992, Sick 1997). A alimentação desta espécie é basicamente frugívora, mas inclui em menor escala, ortópteros, coleópteros, dípteros, himenópteros e aranhas na dieta (Sick 1997, Silva & Melo 2011). É endêmica de Cerrado e habita o sub-bosque das matas ciliares (Marini 1992).

O gênero *Basileuterus* (Passeriformes, Parulidae) é insetívoro, possui coloração verde e amarela, com desenhos marcantes na cabeça. Não apresentam dimorfismo sexual e locomove-se aos saltos (Sick 1997, Sigrist 2006). *Basileuterus hypoleucus* Bonaparte, 1830, o pula-pula-de-barriga-branca (figura 2a) é frequentemente encontrado formando casais isolados nas matas secas, secundárias ou mesófilas no alto do sub-bosque e baixa copa;

enquanto que *B. flaveolus* Baird, 1865, canário-do-mato (figura 2b) frequenta o sub-bosque e habita regiões secas (Marini & Cavalcanti 1993, Sigrist 2006).



Figura 1: Imagens de indivíduos de *Antilophia galeata*. (a) macho; (b) indivíduo verde (macho juvenil ou fêmea). Fotos: Adriano Marcos da Silva, Vanessa Fonseca Gonçalves.

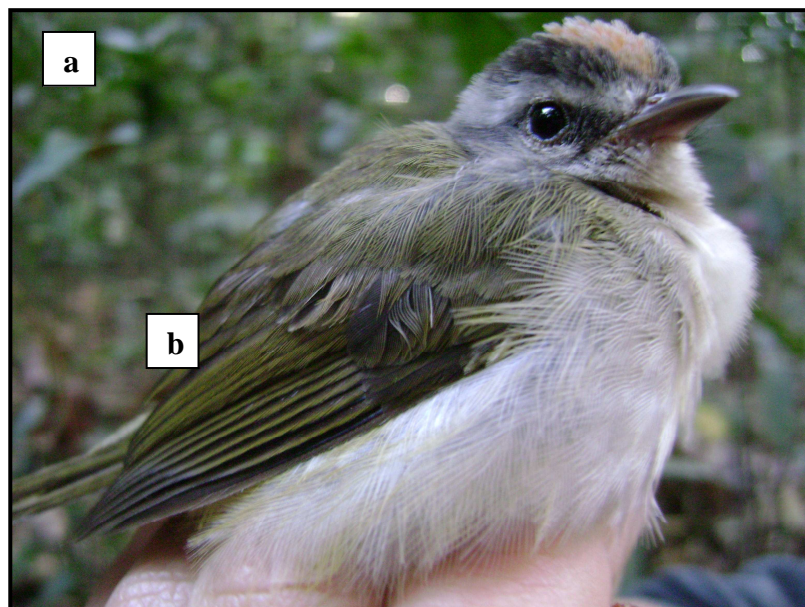


Figura 2: Imagens de indivíduos de *Basileuterus hypoleucus* (a) e *Basileuterus flaveolus* (b) Fotos: Vanessa Fonseca Gonçalves.

Áreas de estudo:

O estudo foi realizado em sete fragmentos de mata estacional semidecidual no Cerrado do Triângulo Mineiro, conforme caracterização descrita no capítulo 1.

Para cada um dos fragmentos foi aplicado um protocolo de avaliação rápida da qualidade de ambientes terrestres, no qual foram avaliados nove parâmetros: tipo de ocupação na matriz de entorno, trilhas, deposição de resíduos sólidos, presença de flora exótica e gado no interior, atividade turística, proximidade com a área urbana, ruídos externos e evidências de incêndios recentes.

Após aplicação do protocolo, os fragmentos foram reunidos em três grupos, sendo que os locais com baixo nível de perturbação ambiental receberam os menores escores (1 - 10), enquanto que para as áreas com alto nível de perturbação ambiental obtiveram os maiores valores (21 - 30).

Coleta de dados:

Os indivíduos de *Antilophia galeata*, *Basileuterus flaveolus* e *Basileuterus hypoleucus* foram capturados com redes de neblina (12 metros de comprimento por 3 metros de altura) dispostas ao longo de trilhas em cada fragmento, em número mínimo de 12 e máximo de 25 redes, no período entre 6:30h e 17:00h, durante os meses de março de 2010 a março de 2011. O esforço de campo, calculado de acordo Straube & Bianconi (2002), foi de aproximadamente 24000 horas.m² para cada uma das sete áreas.

Os indivíduos foram identificados, de acordo com Frisch & Frisch (2005) e Sigrist (2009), anilhados com anilhas metálicas cedidas pelo Centro de Pesquisa para a Conservação de Aves Silvestres (CEMAVE/ICMBio - autorizações 2943 e 3238) e pesados com balanças tipo dinamômetros (Pesola®), com escalas de 30, 60 e 100g. Após identificação, anilhamento e pesagem, as asas e os tarsos dos indivíduos foram medidos três vezes com paquímetro

digital Lotus®, precisão 0,01 mm, na seguinte ordem: asa esquerda, tarso esquerdo, asa direita, tarso direito. Os animais triados foram liberados imediatamente após as medições. Posteriormente, foi feita a média aritmética das medidas de cada caracter.

Estimativa de assimetria flutuante (AF):

A assimetria flutuante (AF) foi avaliada separadamente para a asa e o tarso de cada espécie, seguindo cálculos definidos por Palmer & Strobeck (1986) e usados por Anciães & Marini (2000): $AF = \sum | (D - E) \cdot N^{-1} |$, sendo D a média aritmética das medidas efetuadas no lado direito, E a média aritmética das medidas realizadas no lado esquerdo e N o número de indivíduos da amostra.

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 (Perfectti & Camacho 1999). De acordo com Palmer & Strobeck (1986) é necessário distinguir a AF de outros tipos de assimetrias, como assimetria direcional e antissimetria. Para isto, foram feitos: um teste *t* para verificar se a diferença nas médias das medidas do lado direito e do lado esquerdo ($D - E$) eram significativamente iguais a zero, e o teste Kolmogorov-Smirnov para verificar a normalidade da distribuição ($D - E$). Quando as médias da medida dos lados direito e esquerdos são iguais a zero e apresentam distribuição normal, descarta-se a ocorrência de assimetria direcional e antissimetria, respectivamente. A dependência da AF com o tamanho da medida original foi testada para cada amostra através de uma Correlação de Pearson entre o $|AF|$ e a média da medida do lado direito (Palmer & Strobeck, 1986).

Análises estatísticas:

A Análise de Variância (ANOVA) para um fator foi utilizada para verificar se existem diferenças nos valores de AF de asas e tarsos para cada uma das populações de *Antilophia*

galeata, *Basileuterus flaveolus* e *Basileuterus hypoleucus* capturadas em locais com diferentes graus de perturbação antrópica. Teste de comparações múltiplas de Tukey foram realizados à posterior. Os dados foram analisados estatisticamente através do *software* Systat 10.2, sendo as análises conduzidas em nível de significância de 5% (Zar 2010).

RESULTADOS

Foram capturados 59 indivíduos de *Antilophia galeata*, 30 de *Basileuterus flaveolus* e 26 de *Basileuterus hypoleucus*. As distribuições foram normais (anexo 1.1) e médias iguais à zero para asa e tarso (anexo 1.2), descartando-se, portanto, a ocorrência de antissimetria e assimetria direcional, respectivamente. Os valores de AF para asa (anexo 1.3) e tarso (anexo 1.4) não se correlacionaram com a média das medidas originais

Para *Antilophia galeata*, houve diferenças nos valores de AF para asas entre as áreas ($F_{2,56} = 7,347$; $p = 0,001$) (figura 3), sendo maior nas áreas com alto nível de perturbação ambiental, o que não foi observado para tarsos ($F_{2,56} = 2,703$; $p = 0,076$).

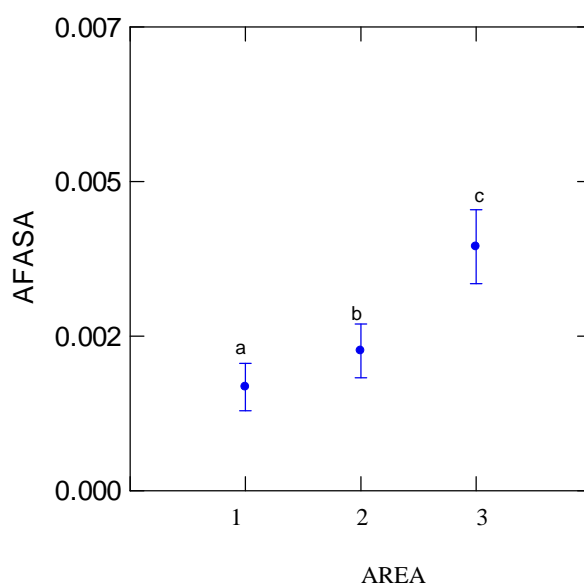


Figura 3: Assimetria flutuante (AF) (média \pm desvio padrão) em asas de *Antilophia galeata* em áreas de Florestas Semidecíduais no Cerrado Mineiro. Letras iguais não diferem significativamente em nível de 0,05% pelo teste de comparações múltiplas de Tukey. Áreas: 1 - baixo nível de perturbação ambiental, 2 - médio nível de perturbação ambiental, 3 - alto nível de perturbação ambiental.

Em *Basileuterus flaveolus* também houve diferenças nos valores de AF para asas entre as áreas ($F_{2,27} = 3,776$; $p = 0,036$) (figura 4), sendo maior nas áreas com alto nível de perturbação (área 3), o que não ocorreu para tarsos ($F_{2,27} = 0,061$; $p = 0,941$).

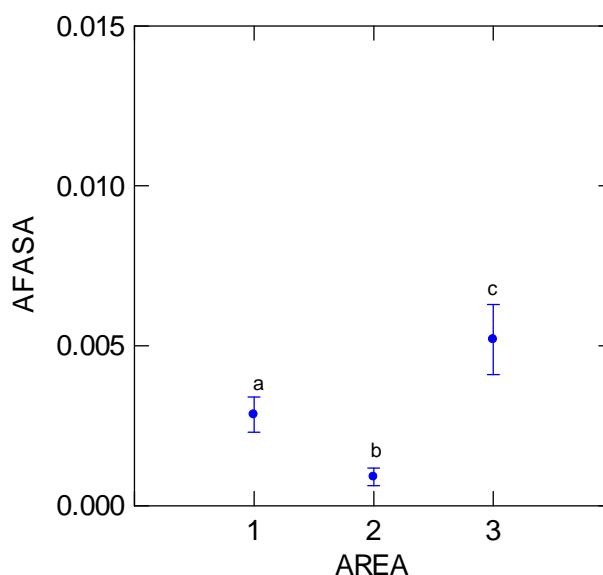


Figura 4: Assimetria flutuante (AF) (média \pm desvio padrão) em asas de *Basileuterus flaveolus* em áreas de Florestas Semidecíduais no Cerrado Mineiro. Letras iguais não diferem significativamente em nível de 0,05% pelo teste de comparações múltiplas de Tukey. Áreas: 1 - baixo nível de perturbação ambiental, 2 - médio nível de perturbação ambiental, 3 - alto nível de perturbação ambiental.

No entanto, para *Basileuterus hypoleucus* houve diferenças nos valores de AF para tarso entre as áreas ($F_{2,23} = 1,169$; $p = 0,032$) (figura 5), mas não nos valores de AF para asa

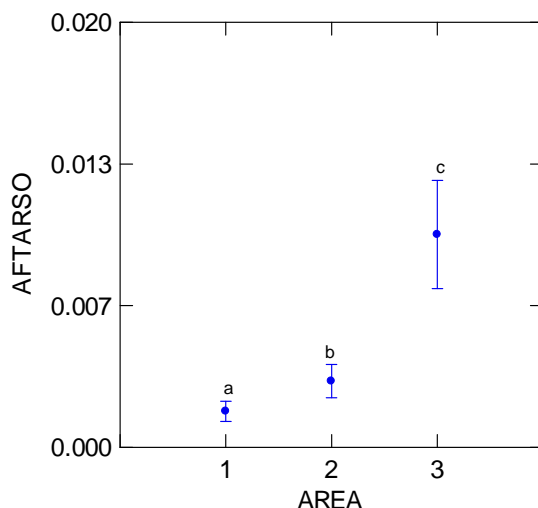


Figura 5: Assimetria flutuante (AF) (média \pm desvio padrão) em tarsos de *Basileuterus hypoleucus* em áreas de Florestas Semidecíduais no Cerrado Mineiro. Letras iguais não diferem significativamente em nível de 0,05% pelo teste de comparações múltiplas de Tukey. Áreas: 1 - baixo nível de perturbação ambiental, 2 - médio nível de perturbação ambiental, 3 - alto nível de perturbação ambiental.

DISCUSSÃO

A intensidade de utilização e importância dos caracteres para as espécies são fatores que influenciam os níveis de assimetria flutuante (AF) (Balmford *et al.* 1993, Evans *et al.* 1995, Anciães & Marini 2000, Vangestel & Lens 2011). Nesse sentido, as investigações sobre as alterações nos valores de AF devem ser restritas a caracteres que influenciem na performance individual, tais como voo e táticas de forrageamento (Almeida 2003, Gonçalves & Melo 2011 *no prelo*). Os efeitos de estresses genético e ambiental são cumulativos: organismos sob estresse genético podem ser utilizados como indicadores biológicos de

estresse ambiental, quantificado através da AF (Clarke 1992, Parsons 1992, Silva *et al.* 2009). Portanto, espécies que apresentam maiores níveis de AF, podem representar grupos mais sensíveis a distúrbios no desenvolvimento de caracteres (Anciães & Marini 2000).

Antilophia galeata é uma espécie que captura frutos predominantemente em voo (Marini 1992, Silva & Melo 2011). As manobras em voo expõem com maior frequência as asas à ação do ambiente, sendo, portanto mais afetadas pelas alterações ambientais, refletindo em maiores níveis de AF em áreas com alto nível de degradação. Além disso, é considerada dependente de florestas (Anciães & Peterson 2006), ocorrendo desde ambientes preservados, como as unidades de conservação (Marçal Júnior *et al.* 2009), até fragmentos florestais pequenos e alterados, inclusive em ambientes urbanos, como parques urbanos (Franchin & Marçal Júnior 2004, Valadão *et al.* 2006, Silva & Melo 2011). Por ser encontrada em ambientes com diferentes níveis de degradação e apresentar AF, pode oferecer dados para estudos de qualidade ambiental. Nesse sentido, *A. galeata* pode ser utilizada no biomonitoramento de ambientes florestais, através da análise da AF em asas.

Basileuterus flaveolus pode forragear em bordas de matas, deslocando-se horizontalmente dentro do fragmento. O microambiente da borda e as áreas mais degradadas apresentam um aumento nos níveis de luz, temperatura e vento (Primack & Rodrigues 2001), o que pode ocasionar um estresse ambiental que influencia nos valores de AF nas asas. A AF tem sido o índice mais utilizado para descrever variações fenotípicas causadas por um ruído ambiental, portanto, a AF em asas *B. flaveolus* pode ser utilizada com eficiência em programas de biomonitoramento da qualidade ambiental (Van Valen 1962, Lomônaco & Germanos 2001, Gorur 2006, Vangestel & Lens 2011).

Basileuterus hypoleucus é encontrado, ocasionalmente, chegando próximo ao solo; alimenta-se de invertebrados apanhados no meio das folhagens (Marini & Cavalcanti 1993). Além disso, sobe e desce galhos verticais em pequenos pulos, sendo um escalador de cipós e

raízes (Sigrist & 2006), demonstrando que os tarsos são relativamente mais importantes para as atividades dessa espécie. Em ambientes com maiores níveis de perturbação de habitat, especialmente em áreas mais degradadas (Gimenes & Anjos 2003) pode ocorrer uma maior pressão sobre esse caracter, o que pode ocasionar variações nos valores de AF (Lens *et al.* 2002a,b). Desta forma, *B. hypoleucus* pode ser empregado com eficiência em programas de biomonitoramento (Gonçalves & Melo 2011 *no prelo*).

A AF reflete a habilidade, ou inabilidade, de um organismo em desenvolver caracteres com precisão devido às alterações genéticas e/ou ambientais (Almeida 2003). Essa habilidade varia entre indivíduos de uma mesma população em ambientes diferentes, entre espécies e entre os caracteres.

As asas são estruturas mais flexíveis e sofrem um intenso desgaste, devido ao contato com o ar. O emprego de elementos rígidos, como tarso e estruturas osteológicas nos estudos de AF podem reduzir os efeitos do erro de medida e melhorar a replicabilidade dos experimentos, com potencial discussão sobre as alterações e transformações ambientais (Hutchison & Cheverud 1995, Almeida 2003). Desta forma, o melhor caracter para a análise da AF seria o tarso, no entanto, não se deve dispensar o uso das asas, uma vez que existem espécies que apresentam AF somente nas asas, devido a importância da mesma para as atividades. Além disso, vale ressaltar que se devem evitar medições em asas desgastadas ou em processo de muda, a fim de evitar erros nas medições.

CONCLUSÕES

Antilophia galeata, *Basileuterus flaveolus* e *Basileuterus hypoleucus* são espécies que apresentam características que permitem a utilização como biomonitores em ambientes

florestais alterados e com diferentes níveis de degradação ambiental, através da análise da assimetria flutuante (AF).

O uso destas três espécies como monitores biológicos deve ser feito de forma diferenciada, uma vez que *A. galeata* e *B. flaveolus* apresentaram AF para asas, enquanto que *B. hypoleucus* apresentou para tarsos.

Os tarsos são estruturas rígidas, por isso podem reduzir os erros nas medições, portanto, a AF em tarsos de *B. hypoleucus* é um mais índice eficaz para o monitoramento da qualidade ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS⁴

- Almeida, R. C. V. 2003. Assimetria flutuante em esqueletos de aves Passeriformes do Estado de Minas Gerais: aspectos metodológicos e implicações sobre a utilização de coleções osteológicas como objeto de estudos de variação temporal de comunidades. Dissertação (Mestrado em Zoologia de Vertebrados) - PUC Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais.
- Anciães, M.; M. Â. Marini. 2000. Fluctuating asymmetry as indicator of fragmentation effects on birds from Brazilian Tropical forests. *Journal of Applied Ecology*. 37: 1013-1028.
- Anciães, M.; Peterson, A. T. 2006. Climate change effects on Neotropical Manakin diversity based on ecological niche modeling. *The Condor*. 108 (4):778-791.
- Balmford, A.; Jones, I. L.; Thomas, A. L. R. 1993. On avian asymmetry: evidence of natural selection for symmetrical tails and wings in birds. *Proc. of the Royal Soc.* 252: 245-251.
- Bierregaard, R. O. Jr.; Lovejoy, T. E. 1989. Effects of forest fragmentation on Amazonia understory bird communities. *Acta Amaz.* 19: 215-241.
- Borges, F. J. A. 2008. Efeitos da fragmentação sobre o sucesso reprodutivo de aves em uma região de cerrado no Distrito Federal. Dissertação (Mestrado em Ecologia)- Universidade de Brasília, Brasília. 55p.
- Clarke, G.M. 1992. Fluctuating asymmetry: a technique for measuring developmental stress of genetic and environmental origin. *Acta Zool. Fen.* 191:31-35.
- Evans, A. S.; Marshall, M. 1996. Developmental instability in *Brassica campestris* (Cruciferae): fluctuating asymmetry of foliar and floral traits. *Jour. Evol. of Biol.* 9: 717-736.
- Franchin, A. G.; Marçal Júnior, O. 2004. A riqueza da avifauna no Parque do Sabiá. *Biotemas*. 17(1): 179-202.
- Gonçalves, V. F.; Melo, C. 2011. Assimetria flutuante em três espécies de *Basileuterus* (Passeriformes, Parulidae) em um fragmento de floresta semidecidual do Cerrado brasileiro. *Rev. de Ecol. do Brasil. No prelo*.
- Gorur, G. 2006. Developmental instability in cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*) populations exposed to heavy metal accumulated host plants. *Ecol. Ind.* 6: 743-748.

⁴ De acordo com a Revista Ornitología Neotropical.

- Gusson, A.E.; Lopes, S.F.; Dias-Neto, O.C.; Vale, V.S.; Oliveira, A.P.; Schiavini, I. 2009. Características químicas do solo e estrutura de um fragmento de floresta estacional semidecidual em Ipiacu, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia*. 60 (2): 403-414.
- Hutchison, D. W.; Cheverud, J. M. 1995. Fluctuating asymmetry in Tamarin (*Saguinus*) cranial morphology: Intra- and interspecific comparisons between taxa with varying levels of genetic heterozygosity. *J. Hered.* 86: 280-288.
- Leary, R.F.; Allendorf, F.W. 1989. Fluctuating asymmetry as indicator of e stress: implications for conservation biology. *Trends in Ecol. and Evol.* 4:214-217.
- Lens, L.; Van Dongen, S.; Mathysen, E. 2002a. Fluctuating asymmetry as an early warning system in the critically endangered taita thrush. *Cons. Biol.* 16: 479-487.
- Lens, L.; Van Dongen, S.; Mathysen, E. 2002b. Fluctuating asymmetry as an indicator of fitness: can we bridge the gap between studies? *Biol. Rev.* 77: 27-38.
- Lens, L.; Van Dongen, S.; Wilder, C. M.; Brooks, T. M.; Matthysen, E. 1999. Fluctuating asymmetry increases with habitat disturbance in seven bird species of a fragmented afro-tropical forest. *Proc. R. Soc. London*. 266: 1241-1246.
- Lomônaco, C.; Germanos, E. 2001. Variações fenotípicas em *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) em resposta à competição larval por alimento. *Neot. Ent.* 30: 223-231.
- Marini, M. A. 1992. Notes on the Breeding and Reproductive Biology of the Helmeted Manakin. *The Wilson Bull.* 104(1): 168-173.
- Marini, M. A.; Cavalcanti, R. B. 1993. Habitat and foraging substrate use of three *Basileuterus* warblers from Central Brazil. *Ornit. Neot.* 4 (2): 69-76.
- Matthews, R. A.; Buikema, A. L.; Cairns Júnior, J. 1982. Biological monitoring part IIA: Receiving system functional methods relationships, and indices. *Water Research*, 16: 129-139.
- Palmer, A. R.; Strobeck, C. 1986. Fluctuating asymmetry: measurement, analysis, patterns. *Annual Rev. of Ecol. and Syst.* 45: 391-421.
- Parsons, P. A. 1992. Fluctuating asymmetry: a biological monitor of environmental and genomic stress. *Heredity*. 68:361-364.
- Perfectti, F.; Camacho, J. P. 1999. Analysis of genotypic differences in developmental stability in *Annona cherimola*. *Evolution*. 53: 1396-1405.
- Primack, R. B.; Rodrigues, E. 2001. *Biologia da conservação*. Londrina: Editora Planta.
- Rostald, J. 1991. Consequences of Forest fragmentation for the dynamics of bird populations: conceptual issues and the evidence. *The Lin. Soc. of London*. 149-163.

- Santos, A. M. R. 2004. Comunidades de aves em remanescentes florestais secundários de uma área rural no sudeste do Brasil. *Rev. Ararajuba*. 12 (1): 41-49.
- Sarre. S., Dearn, J. D. 1991. Morphological variation and fluctuating asymmetry among insular populations of the sleepy lizard, *Trachydosaurus rugosus* Gray (Squamata: Scincidae). *Aust. Journ. of Zool.* 39: 91-104.
- Sick, H. 1997. Ornitologia brasileira. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira.
- Sigrist, T. 2006. Aves do Brasil: uma visão artística. São Paulo: Editora Leitura Dinâmica.
- Silva, A. M.; Melo, C. 2011. Frugivory and seed dispersal by the Helmeted Manakin (*Antilophia galeata*) in forests of Brazilian Cerrado. *Ornit. Neot.* 22: 69-77.
- Straube, F. C.; Bianconi, G. V. 2008. Sobre a grandeza e a unidade utilizada para estimular esforço de captura com utilização de redes de neblina. *Chirop. Neot.* 8: 150-152,
- Tellería, J. L.; Santos, T. 1993. Distributional patterns of insectivorous passerines in the iberian forests: does abundance decrease near the border? *Journal of Biology*. 20: 235-240.
- Valadão, R. F.; Marçal Júnior, O.; Franchin, A. G. 2006. A avifauna no Parque Municipal Santa Luzia, zona urbana de Uberlândia, Minas Gerais. *Biosc. Journal*. 22 (2): 97-108.
- Van Valen, L. 1962. A study of fluctuating asymmetry. *Evolution*. 16:125-142.
- Vangestel, C.; Lens, L. 2011. Does fluctuating asymmetry constitute a sensitive biomarker of nutritional stress in house sparrows (*Passer domesticus*)? *Ecol. Indic.* 11: 389–394.
- Viana, V. M.; Tabanez. A. A. J.; Martins, J. L. A. 1992. A restauração e manejo de fragmentos florestais. *In*: Congresso Nacional sobre Essências Nativas. Volume. 2. São Paulo, Anais. Instituto Florestal.
- Woods, R. E.; Sgro, C. M.; Hercus, M. J. 1998. The association between fluctuating asymmetry, trait heritability and stress: a multiply replicated experiment on combined stresses in *Drosophila melanogaster*. *Evolution*. 53: 493-505.
- Zar, J. H. 2010. Biostatistical analysis. New Jersey, Prentice Hall.

ANEXO 1

Anexo 1.1: Valores de p para o teste de normalidade KS - Liliefors para as oito espécies analisadas. Áreas: 1 - baixo nível de perturbação ambiental, 2 - médio nível de perturbação ambiental, 3 - alto nível de perturbação ambiental.

Espécie	Áreas 1		Áreas 2		Áreas 3	
	asa	tarso	asa	tarso	asa	tarso
<i>Antilophia galeata</i>	0,309	0,188	0,050	0,110	0,582	0,051
<i>Basileuterus flaveolus</i>	0,278	0,363	0,867	0,121	1,000	1,000
<i>Basileuterus hypoleucus</i>	1,000	1,000	0,235	0,310	0,659	0,189
<i>Basileuterus leucophrys</i>	1,000	1,000	0,140	1,000	0,510	0,143
<i>Lanio penicillatus</i>	1,000	0,180	0,261	0,416	0,401	0,176
<i>Leptopogon amaurocephalus</i>	0,674	1,000	1,000	1,000	1,000	0,160
<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	0,666	1,000	0,765	0,344	1,000	1,000
<i>Turdus leucomelas</i>	0,395	0,248	0,572	0,316	0,556	0,251

Anexo 1.2: Valores do teste t para uma amostra para as oito espécies analisadas. Áreas: 1 - baixo nível de perturbação ambiental, 2 - médio nível de perturbação ambiental, 3 - alto nível de perturbação ambiental.

Espécie	Áreas 1		Áreas 2		Áreas 3	
	asa	tarso	asa	tarso	asa	tarso
<i>Antilophia galeata</i>	t = 2,726; p = 0,053	t = 2,876; p = 0,054	t = 1,679; p = 0,067	t = 0,241; p = 0,470	t = 0,579; p = 0,523	t = 2,233; p = 0,053
<i>Basileuterus flaveolus</i>	t = 1,483; p = 0,062	t = 2,803; p = 0,061	t = 5,500; p = 0,114	t = 1,033; p = 0,490;	t = 4,795; p = 0,122	t = 4,600; p = 0,513
<i>Basileuterus hypoleucus</i>	t = 4,287; p = 0,414	t = 3,980; p = 0,083	t = 2,932; p = 0,062	t = 1,649; p = 0,143	t = 3,322; p = 0,077	t = 1,649; p = 0,143
<i>Basileuterus leucophrys</i>	t = 1,219; p = 0,437	t = 1,349; p = 0,406	t = 2,419; p = 0,060	t = 3,286; p = 0,115	t = 2,732; p = 0,062	t = 0,682; p = 0,210

<i>Lanio penicillatus</i>	t = 2,098; p = 0,104	t = 2,405; p = 0,061	t = 3,592; p = 0,061	t = 6,821; p = 0,291	t = 4,005; p = 0,537	t = 4,527; p = 0,269
<i>Leptopogon amaurocephalus</i>	t = 3,305; p = 0,063	t = 3,630; p = 0,062	t = 3,052; p = 0,638	t = 1,033; p = 0,490	t = 3,618; p = 0,250	t = 2,028; p = 0,098
<i>Tolmomyias sulphurens</i>	t = 6,266; p = 0,630	t = 2,405; p = 0,138	t = 2,623; p = 0,059	t = 5,655; p = 0,167	t = 2,303; p = 0,148	t = 2,336; p = 0,145
<i>Turdus leucomelas</i>	t = 3,500; p = 0,063	t = 3,179; p = 0,079	t = 3,114; p = 0,089	t = 3,179; p = 0,079	t = 3,145; p = 0,155	t = 3,180; p = 0,085

Anexo 1.3: Correlação de Pearson entre o |AF| e a média da medida do lado direito de cada caracterdas oito espécies analisadas. Áreas: 1 - baixo nível de perturbação ambiental, 2 - médio nível de perturbação ambiental, 3 - alto nível de perturbação ambiental.

Espécie	Áreas 1		Áreas 2		Áreas 3	
	asa	tarso	asa	tarso	asa	tarso
<i>Antilophia galeata</i>	r = 0,566; p > 0,05	r = 0,083; p > 0,05	r = 0,062; p > 0,05	r = 0,469; p > 0,05	r = 0,047; p > 0,05	r = 0,155; p > 0,05
<i>Basileuterus flaveolus</i>	r = 0,561; p > 0,05	r = 0,378; p > 0,05	r = 1,000; p > 0,05	r = 1,000; p > 0,05	r = 0,271; p > 0,05	r = 0,271; p > 0,05
<i>Basileuterus hypoleucus</i>	r = 0,144; p > 0,05	r = 0,322; p > 0,05	r = 0,027; p > 0,05	r = 0,774; p > 0,05	r = 0,124; p > 0,05	r = 0,369; p > 0,05
<i>Basileuterus leucophrys</i>	r = 1,000;	r = 1,000;	r = 0,396;	r = 0,231;	r = 0,417;	r = 0,602;

	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05
<i>Lanio penicillatus</i>	r = 0,051;	r = 0,068;	r = 0,200;	r = 0,277;	r = 0,007;	r = 0,067;
	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05
<i>Leptopogon amaurocephalus</i>	r = 0,316;	r = 0,065;	r = 1,000;	r = 1,000;	r = 0,375;	r = 0,398;
	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05
<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	r = 0,635;	r = 0,938;	r = 0,278;	r = 0,034;	r = 0,998;	r = 0,722;
	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05
<i>Turdus leucomelas</i>	r = 0,065;	r = 0,938;	r = 0,769;	r = 0,034;	r = 0,104;	r = 0,722;
	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05

Anexo 1.4: Valores de p para o teste de normalidade KS - Liliefors das guildas analisadas.

Áreas: 1 - baixo nível de perturbação ambiental, 2 - médio nível de perturbação ambiental, 3 - alto nível de perturbação ambiental.

		Área 1		Área 2		Área 3	
Guilda							
alimentar	N	asa	tarso	asa	tarso	asa	tarso
Frugívoro	59	0,574	0,643	0,050	0,090	0,036	0,001
Insetívoro	111	0,549	0,005	0,516	0,451	0,005	0,001
Onívoro	49	0,102	0,054	0,003	0,808	0,016	0,009