

Ronaldo César Vieira de Almeida

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 apresentada ao Curso de Mestrado em Zoologia de Vertebrados da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Zoologia.

Área de concentração: Zoologia de Ambientes Impactados

Orientador: Prof. Dr. Germán Arturo Bohórquez Mahecha
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Trabalho elaborado com apoio da CAPES

Belo Horizonte
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
2003

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| RESUMO..... | 04 |
| ABSTRACT..... | 05 |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 06 |
| 2. REVISÃO DA LITERATURA..... | 09 |
| 3. MATERIAIS E MÉTODOS..... | 19 |
| 3.1. A coleção osteológica do Museu de Ciências Naturais da PUC-Minas..... | 19 |
| 3.2. Triagem do Material..... | 19 |
| 3.3. Medidas dos Caracteres..... | 20 |
| 3.4. Caracterização da Comunidade..... | 21 |
| 3.5. Análises Estatísticas..... | 22 |
| 3.6. Elaboração de Mapas de Uso do Solo | 23 |
| 4. RESULTADOS..... | 25 |
| 4.1. Caracterização da Comunidade de Aves Estudada..... | 25 |
| 4.2. Erro de Medida..... | 32 |
| 4.3. Distribuição Normal e Assimetria Flutuante..... | 35 |
| 4.4. Assimetria Flutuante e o Sexo da Comunidade de Aves Estudada..... | 38 |
| 4.5. Assimetria Flutuante e a Variação Temporal..... | 39 |
| 4.6. Assimetria Flutuante e a Dependência do Habitat..... | 42 |
| 4.7. Assimetria Flutuante nos Caracteres Osteológicos Estudados..... | 44 |
| 4.8. Variação Temporal do Uso e Ocupação do Solo no Município de Augusto de Lima, Minas Gerais..... | 45 |
| 5. DISCUSSÃO..... | 47 |
| 6. CONCLUSÕES..... | 49 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 50 |
| 8. APÊNDICE..... | 58 |

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Tabelas

| | |
|---|----|
| 1. Quantitativos de mensuração por caractere/indivíduo..... | 20 |
| 2. Espécies mensuradas para os quatro caracteres..... | 26 |
| 3. Caracterização da comunidade de aves quanto aos municípios de coleta..... | 29 |
| 4. ANOVA com relação à medida do comprimento da ulna do lado direito..... | 32 |
| 5. ANOVA com relação à medida do comprimento da ulna do lado esquerdo..... | 32 |
| 6. ANOVA com relação à medida do comprimento do coracóide do lado direito..... | 33 |
| 7. ANOVA com relação à medida do comprimento do coracóide do lado esquerdo..... | 33 |
| 8. ANOVA com relação à medida do comprimento do fêmur do lado direito..... | 33 |
| 9. ANOVA com relação à medida do comprimento do fêmur do lado esquerdo..... | 33 |
| 10. ANOVA com relação à medida do comprimento do tarso do lado direito..... | 34 |
| 11. ANOVA com relação à medida do comprimento do tarso do lado esquerdo..... | 34 |
| 12. Erro padrão do comprimento dos caracteres, por lado direito e esquerdo, com nível de confiança de 95% | 34 |
| 13. Medidas descritivas do comprimento dos lados direito e esquerdo, para os quatro caracteres mensurados..... | 35 |
| 14. Assimetria flutuante comparativa entre os sexos das aves da comunidade amostrada, para cada um dos caracteres estudados..... | 38 |
| 15. Resultados da ANOVA para assimetria flutuante da ulna em relação ao período de coleta, para a comunidade amostrada..... | 40 |
| 16. Resultados da ANOVA para assimetria flutuante do coracóide em relação ao período de coleta, para a comunidade amostrada..... | 40 |
| 17. Resultados da ANOVA para assimetria flutuante do fêmur em relação ao período de coleta, para a comunidade amostrada..... | 40 |
| 18. Resultados da ANOVA para assimetria flutuante do tarso em relação ao período de coleta, para a comunidade amostrada..... | 40 |
| 19. Medidas descritivas e comparativas entre os períodos de coleta das aves, em relação a assimetria flutuante, para cada um dos quatro caracteres estudados..... | 41 |
| 20. Resultados da ANOVA para a assimetria flutuante da ulna, em relação a dependência do habitat, para a comunidade amostrada..... | 42 |
| 21. Resultados da ANOVA para a assimetria flutuante do coracóide, em relação a dependência do habitat, para a comunidade amostrada..... | 42 |
| 22. Resultados da ANOVA para a assimetria flutuante do fêmur, em relação a dependência do habitat, para a comunidade amostrada..... | 42 |
| 23. Resultados da ANOVA para a assimetria flutuante do tarso, em relação a dependência do habitat, para a comunidade amostrada..... | 43 |
| 24. Medidas descritivas e comparativas entre a dependência do habitat das aves da comunidade amostrada, em relação a assimetria flutuante, para cada um dos quatro caracteres | |

| | |
|--|----|
| estudados..... | 43 |
| 25. Medidas descritivas entre os quatro caracteres estudados em relação a medida da assimetria flutuante..... | 45 |
| 26. Resultados da ANOVA para um planejamento em relação a medida da assimetria flutuante, em relação aos quatro caracteres estudados..... | 45 |
| 27. Variação temporal do uso e ocupação do solo no município de Augusto de Lima, Minas Gerais..... | 46 |

Figuras

| | |
|---|----|
| 1. Distribuição da comunidade, amostrada por família, das espécies mensuradas..... | 25 |
| 2. Caracterização da comunidade de aves amostrada quanto ao sexo..... | 28 |
| 3. Caracterização da comunidade de aves amostrada quanto ao habitat..... | 30 |
| 4. Caracterização da comunidade de aves amostrada, quanto a distribuição por bioma..... | 30 |
| 5. Caracterização da comunidade de aves amostrada, quanto a dependência do habitat..... | 31 |
| 6. Caracterização da comunidade de aves amostrada, quanto ao período de coleta..... | 31 |
| 7. Distribuição normal da assimetria flutuante para o caractere ulna, para a comunidade de aves amostrada..... | 36 |
| 8. Distribuição normal da assimetria flutuante para o caractere coracóide, para a comunidade de aves amostrada..... | 36 |
| 9. Distribuição normal da assimetria flutuante para o caractere fêmur, para a comunidade de aves amostrada..... | 37 |
| 10. Distribuição normal da assimetria flutuante para o caractere tarso, para a comunidade de aves amostrada..... | 37 |
| 11. Relação entre os sexos das aves quanto à medida da Assimetria Flutuante (AF)..... | 39 |
| 12. Variação da Assimetria Flutuante (AF) em relação aos períodos de coleta das aves para cada um dos caracteres utilizados..... | 41 |
| 13. Variação da Assimetria Flutuante (AF) em relação à dependência do habitat da comunidade de aves estudadas para cada um dos quatro caracteres analisados..... | 44 |

APÊNDICE

1. Banco de Dados: Características Morfométricas e Dados Biológicos das Espécies
2. Biomas de Ocorrência no Estado de Minas Gerais e Distribuição dos Municípios Pesquisados
3. Uso do Solo no Município de Augusto de Lima – Ano de 1994
4. Uso do Solo no Município de Augusto de Lima – Ano de 1997
5. Uso do Solo no Município de Augusto de Lima – Ano de 2002

RESUMO

Foram testados o método de mensuração e a presença da assimetria flutuante em quatro diferentes ossos (coracóide, ulna, fêmur e tarso) de 243 exemplares de aves da Ordem Passeriformes do Estado de Minas Gerais, Brasil, de uma série temporal de 20 anos, com distribuição predominante no bioma do cerrado.

O erro de medida foi considerado extremamente baixo. O Quadrado Médio do Erro (QMe) variou de 0,0001 a 0,0774 ($p < 0,001$). As distribuições de frequências dos valores individuais de assimetria, para cada um dos quatro caracteres analisados não diferiram da normalidade. Não existe diferença significativa ($p > 0,05$) entre os valores de assimetria flutuante para os sexos das aves Passeriformes da comunidade amostrada (p variando de 0,1633 a 0,6615). Existe diferença significativa ($p < 0,05$) da medida da assimetria flutuante em relação a variação temporal da comunidade amostrada em relação ao coracóide ($p= 0,0472$), e para o fêmur, admitindo-se um nível de significância de 6% ($p= 0,0602$).

Não foi detectada influência da dependência do habitat na assimetria flutuante para cada um dos caracteres estudados ($p > 0,05$); os valores de p variaram de 0,3655 a 0,7805. Foi detectada assimetria flutuante relativa aos quatro caracteres analisados ($p= 0,0001$), tendo como causa presumível o estresse ambiental, sofrido pelas populações de aves, no intenso processo de desmatamento, com supressão de habitats, na região estudada, ao longo dos anos.

Embora, não exista diferença significativa entre tarso e coracóide, estes dois ossos apresentaram médias de assimetria flutuante significativamente superiores (0,66 e 0,62, respectivamente) em relação ao fêmur e ulna (0,51 e 0,48, respectivamente), não tendo sido observada diferença significativa entre estes dois últimos.

Conclui o estudo que a mensuração osteológica, em séries temporais prolongadas, permite detectar a assimetria flutuante.

ABSTRACT

The measurement method and the signed fluctuating asymmetry in four different bones (coracoid, ulna, femur and tarsus) had been tested for 243 skeletons of Neotropical Passerine birds (Order Passeriformes) from Minas Gerais State, Brazil, from a long term series of 20 years, with predominant distribution in the Cerrado biome (Central Brazilian Savannahs).

The measurement error was considered extremely low. The Error Average Square (QMe) varied from 0,0001 to 0,0774 ($p < 0.001$). The frequency distributions of individual values of asymmetry, for each of the four analyzed traits, did not depart from normality. There were no significant differences ($p > 0,05$) for the values of fluctuating asymmetry between the sexes of Passerine birds from sampled community (p varying from 0,1633 to 0,6615).

Significant difference ($p < 0,05$) was observed for the fluctuating asymmetry, in relation to the long term variation of the sampled community, for the coracoid ($p = 0,0472$), and femur, admitting, for this last trait, a level of significance of 6% ($p = 0,0602$). There was no influence of habitat dependence in the signed fluctuating asymmetry, for each studied characters ($p > 0,05$); the values of p had varied from 0,3655 to 0,7805.

Fluctuating asymmetry was detected for the four analyzed traits ($p = 0.0001$), having as one of the presumable causes of environmental stress on the sampled bird community, the intense process of deforestation, with local habitat extinction, in the studied sites along the years. Although significant difference between tarsus and coracoid did not exist, these two bones had showed significant superior averages of fluctuating asymmetry (0,66 and 0,62, respectively) in relation to femur and ulna (0,51 and 0,48, respectively), even though no significant difference between these two last have not been observed.

The study concludes that the measurement of skeleton traits, deriving from long term series, allows the detection of fluctuating asymmetry.

1 INTRODUÇÃO

Há grande interesse no significado biológico de assimetria flutuante: variações sutis aleatórias da simetria bilateral perfeita (revisada por PALMER & STROBECK 1986; WATSON & TORNHILL, 1994; PALMER 2000). Acredita-se que a assimetria flutuante seja uma medida do “ruído do desenvolvimento”, isto é, na variabilidade aleatória do desenvolvimento (PALMER et al., 1993).

Desvios no tamanho, ou outros atributos, entre os lados esquerdo e direito de um organismo são esperados, e são raramente possíveis durante o desenvolvimento, para alcançar o ideal da simetria perfeita. Estes desvios são atribuídos ao ambiente, induzidos e surgidos no nível do organismo como um todo, ou em nível celular ou subcelular de instabilidade no desenvolvimento (LEWONTIN, 1966).

A assimetria flutuante, assim, provê um meio de comparar a estabilidade do desenvolvimento sem as presumíveis complicações das diferenças genéticas entre organismos. Reflete a habilidade de um dado genótipo de produzir, repetidamente, o mesmo “fenótipo alvo” (NIJHOUT & DAVIDOWITZ, 2003) em lados opostos do corpo, sob circunstâncias ambientais bem definidas (ZAKHAROV, 1992).

A assimetria flutuante vem sendo proposta como uma ferramenta para monitorar o nível de estresse genético e ambiental a que populações naturais estão submetidas (PARSONS 1990,1992; SARRE et al., 1994). Estudos de biologia de conservação vêm sugerindo a utilização da assimetria flutuante como índice de biomonitoramento, porque a mesma reflete distúrbios que ocorreram durante o desenvolvimento de organismos (WAYNE et al., 1986; LEARY & ALLENDORF, 1989; PALMER, 1996).

Os distúrbios que podem elevar o nível de assimetria flutuante em um caractere podem ser de origem genética (elevado endocruzamento, baixa taxa de heterozigose ou hibridação) ou ambiental (poluentes, parasitas, baixa oferta alimentar). A assimetria flutuante reflete, então, a habilidade de um organismo em desenvolver caracteres com precisão, enfrentando alterações genéticas ou ambientais. Esta habilidade varia consideravelmente entre indivíduos de uma mesma população (WATSON & THORNHILL, 1994).

Um grande número de *taxa* foi estudado em relação a esse fenômeno como distúrbios médicos, disruptura de complexos gênicos coadaptados e as consequências da qualidade do habitat e dos distúrbios humanos causados nos ecossistemas naturais (PALMER & STROBECK, 1986; EMLLEN et al., 1993).

Metodologicamente é difícil distinguir assimetria flutuante de outros tipos de assimetria, e do erro de medida. Entretanto, o erro de medida pode não estar confinado à variação randômica. Pode, também, inclinar os efeitos de fatores fixados na análise de assimetria flutuante, como por exemplo, lados de um caractere bilateral, suas medidas e os resultados dos testes para os diferentes tipos de assimetria. Tais inclinações podem estar disseminadas em estudos que envolvem mensurações complicadas, feitas com duas mãos, uma vez que a maioria dos observadores apresenta, em certo grau, diferentes habilidades entre as mãos (HELM & ALBRECHT, 2000).

Apesar de uma década de intensa atividade e de uma disposição cada vez mais conflitante de métodos analíticos, exigências essenciais para um estudo robusto da assimetria flutuante não mudaram: (1) escolha criteriosa dos caracteres, (2) da atenção meticulosa à precisão da medida, (3) da inspeção visual e dos testes para dados duvidosos, (4) de testes de correções apropriados para a dependência de tamanho da amostra, (5) de confirmação que os desvios mínimos da simetria excedem aqueles previstos, devido ao erro de medida e o encontro de critérios para a assimetria flutuante ideal e (6) de uma mente aberta sobre hipóteses alternativas (PALMER & STROBECK, 2003).

A definição de caracteres métricos, replicáveis e que possibilitem associações entre a assimetria flutuante e as prováveis causas ambientais de sua manifestação oferecem perspectivas novas para trabalhos com coleções museológicas, no contexto de investigação das transformações temporais sofridas pelas comunidades, à luz deste conceito (ALVARENGA, 1992; HELM & ALBRECHT, 2000; PALMER & STROBECK, 2003).

Este trabalho objetivou (1) verificar a ocorrência de assimetria flutuante em ossos da cintura escapular e asa (coracóide e ulna), e do membro pelvino (fêmur e tarso-metatarso) das espécies de aves Passeriformes, do estado de Minas Gerais, (2) comparar a assimetria flutuante dos ossos das asas e das pernas das espécies estudadas, tendo como base os diferentes caracteres e métodos de mensuração utilizados; (3) investigar a relação entre a assimetria flutuante e a variação temporal das comunidades de aves e, (4) investigar a relação entre a assimetria flutuante e a dependência do habitat das espécies estudadas.

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Ornitologia do Museu de Ciências Naturais da PUC-Minas (MCNPUCMinas), onde se encontra depositada a coleção osteológica e de peles de aves, que teve a sua origem no início da década de 80.

Seu acervo inicial foi formado com doações, material de coleta de projetos de pesquisa e de estudos de impacto ambiental. A partir da década de 90, passa a contar com acervo de esforço de coleta específico, em áreas de desenvolvimento de projetos institucionais, sobretudo nos biomas do cerrado e da mata atlântica, no estado de Minas Gerais.

O acervo atual da coleção é composto de 912 esqueletos já incorporados ao acervo e livro de tombo, sendo 409 de exemplares da Ordem Passeriformes. Destes, 243 são de aves coletadas no estado de Minas Gerais, e que atenderam ao protocolo estabelecido para o presente trabalho.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Assimetria flutuante é uma característica morfológica definida por VAN VALEN (1962) como a diferença randômica entre os dois lados de caracteres com simetria bilateral. São desvios pequenos, aleatórios, da simetria dos caracteres bilateralmente simétricos (LUDWIG, 1932). Refletem a variação residual depois que todos os efeitos diretos do genótipo e do ambiente, na formação do caractere, foram removidos (MATHER, 1953).

Esta forma de assimetria origina-se a partir da interação entre a estabilidade do desenvolvimento ou homeostase, que representa o controle genético do desenvolvimento, e a instabilidade do desenvolvimento, representada por distúrbios de origem genética ou ambiental, enfrentados por organismos diversos durante o desenvolvimento dos caracteres, sendo a minoria dos indivíduos de uma população assimétricos em frequência equivalente entre os lados (VAN VALEN, 1962).

É considerada como a única forma de assimetria não adaptativa, conseqüente da interação entre o genótipo e o ambiente em que o organismo se desenvolve, representando a instabilidade do desenvolvimento (MOLLER, 1995; MOLLER & SWADDLE, 1997), onde o crescimento de caracteres bi-simétricos em animais é dependente, em baixos níveis, do estresse ambiental (HOVORKA & ROBERTSON, 2000).

PALMER (2003) revisou os inúmeros termos utilizados para descrever padrões observáveis de assimetria flutuante, e aqueles utilizados para a descrição dos seus processos ou causas, sugerindo o seguinte agrupamento:

- Padrões observáveis:

1. Assimetria flutuante - padrão de variação da diferença entre os lados direito e esquerdo ($R - L$) onde a variação tem distribuição normal, a partir de uma média zero.

2. Antissimetria - padrão de variação (R - L), onde a variação tem distribuição normal, a partir de uma média zero, mas a frequência de distribuição parte da normalidade na direção da platikurtose ou bimodalidade.
 3. Assimetria Direcional - padrão da variação de (R - L) onde a variação é distribuída normalmente sobre uma média que seja significativamente diferente de zero.
 4. Precisão de Desenvolvimento - um termo geral, neutro, para descrever quão próxima uma estrutura se aproxima do seu "fenótipo ideal ou alvo" (NIJHOUT & DAVIDOWITZ, 2003), para um dado genótipo e ambiente particular de crescimento. Não tem implicações sobre as causalidades, e não é restringida aos caracteres bilaterais.
- Processos ou causas:
 1. "Ruído no desenvolvimento" - variação aleatória em um conjunto de fatores do desenvolvimento que são a causa final de desvios sutis da simetria, incluindo taxas metabólicas, concentrações de moléculas reguladoras, difusão, ruído térmico, e taxas da divisão celular, do crescimento e da morte celular (NIJHOUT & DAVIDOWITZ, 2003). O aumento do "ruído no desenvolvimento" leva a diminuição da precisão do desenvolvimento, e ao aumento da assimetria flutuante.
 2. Estabilidade do desenvolvimento - a capacidade de um indivíduo corrigir as perturbações aleatórias causadas pelo "ruído no desenvolvimento". O aumento da estabilidade do desenvolvimento aumenta a precisão do desenvolvimento e a diminuição da assimetria flutuante.
 3. Instabilidade do desenvolvimento - as contribuições combinadas do "ruído do desenvolvimento" e da estabilidade do desenvolvimento que definem a variação prevista ou hipotética de R-L. Este termo é equivalente ao de assimetria potencial (SOULÈ, 1986). O aumento da instabilidade do desenvolvimento acarreta menor precisão do desenvolvimento e o aumento

da assimetria flutuante, mas, pode incrementar o aumento do “ruído no desenvolvimento”, ou a diminuição da estabilidade do desenvolvimento. Este uso difere de PALMER (1994), mas evita as implicações não intencionais de que as diferenças observadas da assimetria flutuante são atribuídas a diferenças no “ruído no desenvolvimento” versus a estabilidade do desenvolvimento, quando nada é conhecido sobre as causas reais.

Os termos assimetria flutuante, assimetria direcional e antissimetria referem-se a padrões de variação, em um dado caractere, apresentado por uma amostra de indivíduos. Não é possível determinar o padrão de uma das formas de assimetria, para um único indivíduo, sem referência a outros indivíduos da amostra, até porque, um dado caractere não desvia (ou varia) estatisticamente da assimetria flutuante, sendo a assimetria direcional ou a antissimetria ausentes para esse caractere.

Assim, só é possível concluir que, dado o tamanho da amostra e a precisão das medidas efetuadas, nenhuma variação da assimetria flutuante pode ser detectada, ou seja, amostras de tamanho pequeno ou erro de medida moderado, podem encobrir variações estatísticas da assimetria flutuante, muito embora elas possam existir. Por esta razão, o termo “assimetria sutil” é de emprego aconselhado para aplicação nas variações da simetria em indivíduos, desde que não se presuma a qual distribuição a variação daquele indivíduo pertença.

O padrão de assimetria flutuante em um determinado caractere, em uma população, é representado pela distribuição de frequências da diferença entre os lados do caractere, em uma distribuição normal com média zero, evidenciando a tendência natural de indivíduos apresentarem caracteres simétricos. A alteração deste padrão pode indicar um aumento na frequência de indivíduos assimétricos na população. As outras formas de assimetria existentes são adaptativas, ocorrendo em caracteres que são naturalmente mais desenvolvidos em um dos lados, de forma randômica (antissimetria) ou não (assimetria direcional).

Enquanto a assimetria é representada por uma curva de distribuição de frequências bimodal, a simetria direcional é representada por uma curva com desvio para um dos lados (PALMER & STROBECK, 1986).

O interesse pelo estudo da assimetria flutuante tem aumentado principalmente por sua qualidade como medida do estresse do desenvolvimento e do ambiente (LEARY & ALLENDORF, 1989; CLARKE, 1995;1998; LENS et al., 1999), e no contexto de seleção natural e sexual (BALMFORD et al., 1993); POLAK & TRIVERS, 1994; MOLLER & SWADDLE, 1997; SIMMONS et al.,1999).

O seu estudo vem sendo indicado como uma ferramenta para monitorar o nível de estresse genético e ambiental a que populações naturais estão submetidas PARSONS (1990,1992); SARRE et al., (1994).

Estudos de biologia de conservação vêm sugerindo a utilização da assimetria flutuante como índice de biomonitoramento, porque a mesma reflete distúrbios que ocorreram durante o desenvolvimento de organismos (WAYNE et al., 1986; LEARY & ALLENDORF, 1989; EVANS,1993; PARSONS 1990; PALMER, 1996). Os distúrbios que podem elevar o nível de assimetria flutuante em um caractere podem ser de origem genética (elevado endocruzamento, baixa taxa de heterozigose ou hibridação) ou ambiental (poluentes, parasitas, baixa oferta alimentar, fragmentação de habitats).

KHOROYAN (2000), no estudo de padrões de rosetas da pelagem de populações do leopardo das neves (*Panthera pardus*) da Armênia, através de peles de museus, aponta para a diversidade genética maior de suas populações, entre os anos 50 e 60, tendo sido deplecionada, nos anos 80, em virtude das migrações causadas pela alteração dos ambientes naturais de sua distribuição original, constatada pelo aumento da assimetria flutuante destes elementos nos indivíduos estudados.

KARK (2001), aponta mudanças na distribuição da assimetria bilateral na ave corredora (*Alectoris chukar*), em um gradiente de 320 km de sua área de distribuição nas planícies de Israel, com base em medições do dedo III. A partir de sua zona core de distribuição, em direção às áreas mais periféricas (1) a expressão da assimetria direcional aumenta, (2) a frequência de indivíduos simétricos na população decresce de forma significativa, (3) os níveis médios de assimetria aumentam significativamente e (4) a distribuição da assimetria aumenta de tal forma que, os indivíduos mais assimétricos, se originam do ponto mais periférico das áreas de

distribuição. Infere que mudanças substanciais na assimetria podem ocorrer em distâncias geográficas pequenas, apresentando um contínuo entre os tipos de assimetria, que podem refletir a instabilidade do desenvolvimento.

WAUTERS et al. (1996), em estudos dos membros anteriores de esquilos vermelhos (*Sciurus vulgaris*) encontraram valores de assimetria flutuante maiores, para todos os tratos medidos, e menor massa corporal para grupos de populações que vivem em áreas fragmentadas. Ainda, esquilos mais pesados apresentaram menores valores de assimetria flutuante, com a indicação do seu aumento em indivíduos de populações submetidas a algum tipo de estresse ambiental, sem, contudo, ser possível o estabelecimento de correlações entre o aumento da assimetria e a qualidade do habitat.

O estudo das retrizes da andorinha (*Hirundo rustica*) revela que a ontogenia da assimetria em caracteres morfológicos contém informações gerais sobre o processo de desenvolvimento (MOLLER, 1996). As penas assimétricas são resultado do incremento diário do crescimento, e são positivamente correlacionadas às diferentes condições ambientais, muito embora o nível de assimetria seja maior sob condições ambientais adversas. Assimétricas individuais no comprimento da cauda e no seu crescimento, não estão relacionadas à duração do período de desenvolvimento, embora o incremento tardio seja menor e mais simétrico do que o incremento inicial, sugerindo que a assimetria flutuante se origine, parcialmente, como consequência de uma alteração aleatória dos folículos da pena, e das diferenças ambientais, durante a sua ontogenia.

MOLLER (1995) detectou maiores níveis de assimetria flutuante em populações marginais do que em populações centrais de aves. Sugere que diferenciações morfológicas em populações marginais são fatores potenciais de especiação e, portanto, a assimetria flutuante é útil para a determinação de prováveis zonas de contato.

O estudo de comunidades de aves da floresta atlântica, no sudeste e sul do Brasil, em sete fragmentos de diferentes tamanhos, com base na mensuração de asas e tarsos, sugere que os efeitos da fragmentação de habitats florestais aumentam as

taxas de assimetria flutuante, sobretudo para as asas. Aponta que, há relação direta entre o tamanho do fragmento e a assimetria flutuante (ANCIÃES, 2000).

A assimetria flutuante reflete, então, a habilidade, ou a inabilidade, de um organismo em desenvolver caracteres com precisão, enfrentando alterações genéticas ou ambientais. Esta habilidade varia consideravelmente entre indivíduos de uma mesma população (SOULÈ, 1986; WATSON & THORNHILL, 1994).

Na última década, a literatura sobre assimetria flutuante explodiu (PALMER, 2000). Além de uma inundação de publicação de dados (MØLLER & SWADDLE, 1997), muitos métodos analíticos novos avançaram, junto com diversas críticas aos métodos analíticos. Os métodos analíticos refinados melhorarão a qualidade de dados e de análise da assimetria flutuante? Em algumas situações podem. Entretanto, análises mais sofisticadas nunca compensarão a pobreza de dados ou a forma de pensar do pesquisador.

Estudos de assimetria flutuante encontram grande número de sérios desafios: a) a variação fenotípica aleatória manifesta-se por razões outras, além da instabilidade do desenvolvimento, b) todos os descritores da assimetria flutuante estimam uma variância, e as variâncias são estimadas com confiança muito mais baixas do que as médias (isto é, a repetibilidade é mais baixa), c) a detecção da assimetria é dificultada pela confiabilidade em medições que são difíceis de serem executadas, d) erro de medida e tamanho do caractere interagem de maneiras complexas e misturadas, e e) os testes para “partidas da normalidade” são incomodamente fracos para tamanhos de amostra pequenos e modestos (HELM & ALBRECHT, 2000).

Apesar de uma década de intensa atividade e de uma disposição cada vez mais conflitante de métodos analíticos, exigências essenciais para um estudo robusto da assimetria flutuante não mudaram: (1) escolha criteriosa dos caracteres, (2) da atenção meticulosa à precisão da medida, (3) da inspeção visual e dos testes para dados duvidosos, (4) de testes de correções apropriadas para a dependência de tamanho da amostra, (5) de confirmação que os desvios mínimos da simetria excedem aqueles previstos, devido ao erro de medida e o encontro de critérios para

a assimetria flutuante ideal e (6) de uma mente aberta sobre hipóteses alternativas (PALMER & STROBECK, 2003).

A escolha criteriosa dos caracteres, a obtenção de amostras suficientes, a atenção meticulosa à precisão da medida e os protocolos de mensuração constituem os principais entraves ao desenvolvimento de trabalhos de assimetria flutuante.

PALMER (1994), aponta a dificuldade de se estabelecerem critérios de mensuração para caracteres métricos, destacando a objetividade dos caracteres métricos em estudos de assimetria flutuante, sobretudo relacionados à repetibilidade.

Uma vez que a magnitude da assimetria é usualmente pequena, o erro de medida pode contribuir muito, com expressiva inclinação, nas estimativas e resultados da assimetria, em ambos os níveis de população e de indivíduos. A única maneira de se evitar os efeitos do erro de medida é a repetição de medidas e a utilização de modelos mistos de análises (PALMER & STROBECK, 1986; VAN DONGEN et al., 1999 a).

Entretanto, segundo HELM & ALBRECHT (2000), o erro de medida pode não estar confinado apenas à variação randômica, como estimada pelo erro na ANOVA. Pode, também, inclinar os efeitos de fatores fixados na análise de assimetria flutuante, como por exemplo, lados de um caractere bilateral, assimetria flutuante, e os resultados dos testes para os diferentes tipos de assimetria. Tais inclinações podem estar disseminadas em estudos que envolvem mensurações complicadas, feitas com duas mãos, uma vez que a maioria dos observadores apresenta, em certo grau, diferentes habilidades entre as mãos.

Assim, o emprego de elementos osteológicos como caracteres métricos de mensuração nos estudos de assimetria flutuante (HUTCHISON & CHEVERUD, 1995) podem reduzir os efeitos do erro de medida e melhorar a replicabilidade dos experimentos, a partir de representações temporais de comunidades de animais coletados, com potencial discussão sobre as alterações e transformações ambientais, que podem se manifestar em termos de assimetria flutuante, no contexto do estresse do desenvolvimento e do ambiente.

ALVARENGA (1992) relata que as coleções osteológicas avianas oferecem maiores perspectivas especialmente na identificação de restos de aves encontrados em conteúdos estomacais, em exame de material em territórios, ninhos ou pouso de animais carnívoros, em restos arqueológicos e paleontológicos. De forma indireta, atestam a composição da fauna de aves nas localidades de onde provieram, permitindo análises e estudos sobre as dinâmicas relacionadas ao uso e ocupação do solo, com vistas a biologia de conservação, na medida que se constituem testemunhos destas dinâmicas, que foram ou não alteradas por processos antropogênicos.

Elementos osteológicos foram utilizados por LEAMY (1999), na identificação da hereditabilidade da assimetria direcional e flutuante nos caracteres da mandíbula de cobaias, com a escolha de pontos periféricos que facilitariam a repetibilidade das medidas tomados em projeção de imagem por computador. A variação genética na assimetria direcional e flutuante não foram estatisticamente significativas, sugerindo que este potencial indicador seja mais bem explorado.

BADYAEV (2000) aponta que o desenvolvimento mandibular em população do musaranho *Sorex cinereus* (ordem Insetívora), em condições de estresse, tem assimetria aumentada, sendo mais suscetíveis às variações ambientais, sobretudo aquelas relativas a supressão de vegetação e fragmentação de habitats, que resulta em forte declínio da estabilidade do desenvolvimento.

BORTOLOTTI & GABRIELSON (1994) afirmam que quanto maior o estresse físico sofrido por um organismo, maior a assimetria. No estudo de 92 esqueletos do gavião quiriquirei (*Falco sparverius*), para testar as consequências do dimorfismo sexual no tamanho de machos e fêmeas, foram escolhidos elementos esqueléticos objetivando pontos-alvos distintos, que permitissem a repetibilidade das medidas, com erro de medida baixo (SCHNELL,1970). Para a análise de assimetria flutuante, o comprimento do fêmur, tibiotarso, tarsometatarso, úmero, rádio, ulna e carpometacarpo, dos lados esquerdo e direito, foram medidos duas vezes. O grau de dimorfismo sexual foi variável ao longo de partes do corpo. Não houve diferença significativa do tamanho entre machos e fêmeas para todos os ossos da perna e do esterno: o maior dimorfismo se expressou nos elementos da asa. Esta variabilidade

era esperada, na medida em que padrões similares ocorrem em caracteres morfológicos externos.

Os esforços persistentes para melhorar ferramentas analíticas renderam alguns avanços úteis: a) transformações logarítmicas ajudam a remover a dependência do tamanho da assimetria e da heterogeneidade da variância que pode surgir da dependência deste tamanho (da amostra), b) valores críticos apropriados para a estatística de kurtose provêm testes estatísticos mais confiáveis, c) os índices que combinam informação de caracteres múltiplos possibilitam estimativas mais confiáveis da instabilidade de desenvolvimento individual, e d) uma generalização dos testes estatísticos melhora a facilidade e o poder das análises que testam as diferenças da assimetria flutuante entre indivíduos, caracteres ou grupos (PALMER,2003).

Sugere-se que a seleção natural seja determinante dos níveis de assimetria flutuante em populações. Os padrões de assimetria resultam das pressões de seleção nos caracteres, o que quer dizer que, se um determinado nível de assimetria flutuante em um caractere tem elevado custo funcional em uma espécie, a seleção será direcionada para que este caractere seja mais simétrico do que em uma espécie, na qual o mesmo nível de assimetria flutuante, neste caractere, tenha um menor custo funcional (BALMFORD et al., 1993).

O estresse ambiental e o genético parecem aumentar a assimetria flutuante (LEUNG & FORBES, 1996; PALMER, 1996; VØLLESTAD et al., 1999). Ainda, os desvios sutis da simetria, que produzem a assimetria flutuante podem, também, relacionar-se à qualidade individual ou eficácia biológica (MØLLER, 1997; HOULE, 1998). Por estas razões, a assimetria flutuante vem sendo estudada extensamente em muitos contextos ecológicos e evolucionários (MØLLER e SWADDLE, 1997), embora desconfortos relacionados a validade de publicações se levantassem em diversas frentes (HOULE, 1998; PALMER (1999, 2000); SIMMONS et al., 1999; PALMER & HAMMOND, 2000).

Nesse contexto, as investigações sobre as consequências da assimetria devem ser restritas a caracteres que influenciem a performance individual, como caracteres que

influenciam o voo (DUFOUR & WEATHERHEAD, 1998c). THOMAS (1993) explica que o custo aerodinâmico da assimetria flutuante em asas e caudas aumenta diretamente com a magnitude da assimetria flutuante. No entanto, BALMFORD et al. (1993) demonstraram que a assimetria flutuante depende da forma e importância funcionais das asas e caudas destes organismos, e que a assimetria flutuante tem diferentes significados para diferentes espécies.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 A Coleção Osteológica do Museu de Ciências Naturais da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (MCNPUCMinas)

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Ornitologia do Museu de Ciências Naturais da PUC-Minas (MCNPUCMinas), onde se encontra depositada a coleção osteológica e de peles de aves. A coleção osteológica do MCNPUCMinas teve sua origem no início da década de 80. Seu acervo inicial teve como origem doações, material de coleta de projetos de pesquisa e de estudos de impacto ambiental, realizados no estado de Minas Gerais.

A partir da década de 90, passa a contar com acervo de esforço de coleta específico, em áreas de desenvolvimento de projetos institucionais, sobretudo nos biomas do cerrado e da mata atlântica, no estado de Minas Gerais.

Segundo SANTOS (1994) o processamento dos esqueletos das aves existentes no Museu de Ciências Naturais da PUCMinas foi feito a partir de maceração biológica. Em seguida, os ossos foram lavados em água corrente e desengordurados em xilol. Posteriormente, cada esqueleto foi catalogado, acondicionado em saco plástico, com ficha de identificação correspondente ao registro de origem e registrado no livro de tomo da coleção, em ordem sequencial. As identificações taxonômicas, precedentes aos procedimentos de preparação do material osteológico, seguem SCHAUENSEE (1982) e SICK (1997).

O acervo atual da coleção é composto de 912 esqueletos já incorporados ao acervo e livro de tomo, sendo 409 de exemplares da Ordem Passeriformes. Destes, 243 são de aves coletadas no estado de Minas Gerais, e que atenderam ao protocolo estabelecido para o presente trabalho.

3.2 Triagem do Material

O critério utilizado para o presente trabalho foi a mensuração de espécies da Ordem Passeriformes (cujo conjunto do acervo se equivale à amostra representativa de

uma comunidade natural com distribuição temporal e espacial definida), coletados no estado de Minas Gerais, com elementos esqueléticos da cintura escapular e asas (ulna e coracóide) e do membro pelvino (fêmur e tarso-metatarso) dos lados do corpo (direito e esquerdo) íntegros, após preparação.

3.3 Medidas dos Caracteres

Os ossos foram escolhidos com base na facilidade de identificação de pontos-alvo distintos (BORTOLOTTI & GABRIELSON, 1994) que propiciem a sua repetibilidade, com redução do erro da medida, e de acordo com PALMER (1994), para as análises de caracteres métricos.

Segundo FEDUCCIA (1975) o elemento mais robusto da cintura escapular é o coracóide, que está direcionado ventralmente e caudalmente para articular-se com o esterno no sulco do coracóides. A ulna, osso do antebraço, possui, proximalmente, uma superfície côncava para articular-se ao côndilo maior do úmero, e uma extensão denominada olécrano. Na superfície externa do corpo, encontram-se uma série de pequenas projeções ósseas que são pontos de inserções para as remiges secundárias da asa, muito pronunciadas nas espécies voadoras ativas. O fêmur é robusto, quase sempre pequeno, e direcionado cranialmente. O tarso-metatarso, fusão dos ossos tarsais distais, consiste uma parte da contribuição tarsal para a sua extremidade proximal, e da fusão de três metatarsos (dedos II, III e IV). Distalmente, o tarsometatarso termina em três processos, as trócleas, que usualmente apresentam um forame entre as trócleas dos dedos III e IV.

Cada indivíduo teve os ossos da cintura escapular e asa, coracóide e ulna, respectivamente, e da cintura pélvica e tarso, fêmur e tarso-metatarso, medidos à precisão de 0,01mm (DIGIMESS), com três repetições consecutivas e alternância entre os ossos, fechando-se o paquímetro entre cada medida, em sessões diárias de quinze exemplares, totalizando sessenta exemplares por semana, observado um intervalo de uma semana entre medições contínuas, para diminuir os efeitos da repetibilidade nas amostras.

Todas as medidas foram tomadas por um único observador, sem alternância da mão que segurava o paquímetro (mão direita) e o osso (mão esquerda), até o seu encaixe na haste do paquímetro (definido como o eixo de suporte dos ossos, e considerada, como anterior, a porção “livre” do paquímetro, e posterior, a porção presa à caixa de leitura), adaptado de HELM & ALBRECHT, 2000.

TABELA 1
Quantitativos de mensuração por caractere/indivíduo

| Ossos medidos | Nº de indivíduos | Frequência relativa (%) |
|----------------------------|------------------|-------------------------|
| Ulna/Coracóide/Fêmur/Tarso | 88 | 36,21 |
| Ulna/Coracóide/Fêmur | 12 | 4,94 |
| Ulna/Coracóide/Tarso | 11 | 4,53 |
| Ulna/Fêmur/Tarso | 07 | 2,88 |
| Coracóide/Fêmur/Tarso | 13 | 5,35 |
| Ulna/Coracóide | 03 | 1,23 |
| Ulna/Fêmur | 03 | 1,23 |
| Ulna/Tarso | 03 | 1,23 |
| Coracóide/Fêmur | 35 | 14,40 |
| Coracóide/Tarso | 05 | 2,06 |
| Fêmur/Tarso | 06 | 2,47 |
| Ulna | 04 | 1,65 |
| Coracóide | 25 | 10,29 |
| Fêmur | 24 | 9,88 |
| Tarso | 04 | 1,65 |
| TOTAL | 243 | 100,00 |

3.4 Caracterização da Comunidade

Foram identificadas 105 espécies de aves da Ordem Passeriformes, distribuídas em 12 famílias e 12 subfamílias. As características em relação a dependência do habitat, foram anotadas para cada espécie, visando o estabelecimento de relações entre a assimetria flutuante e as suas características ecológicas (BURKE & NOL, 1998). A dependência do habitat, para as diferentes espécies, refere-se a níveis sucessivos de necessidade de habitat florestal para reprodução – (1) dependente; (2) semi-dependente e (3) independente, segundo SILVA (1995), LOVEJOY et al. (1986), BIERREGAARD & LOVEJOY (1989) e SICK (1997).

Para a definição do bioma correspondente à localidade de coleta de cada exemplar, adotou-se a divisão proposta por COSTA et al. (1998).

3.5 Análises Estatísticas

Para a avaliação do método de medição do máximo comprimento dos quatro caracteres estudados (ulna, coracóide, fêmur e tarso), uma Análise de Variância (ANOVA unicaudal) foi utilizada, para testar a variabilidade (QMe) entre as três medidas realizadas, por caractere (osso) e lado (direito e esquerdo).

A existência do padrão de assimetria flutuante em cada caractere foi avaliada para cada espécie e para a comunidade amostrada, através do teste de Kolmogorov-Smirnov, para médias conhecidas (MONTGOMERY, 1991).

A comparação entre as médias das medidas da assimetria flutuante, em relação ao sexo, foi realizada utilizando-se o teste *t de Student* para amostras independentes.

O efeito do período de coleta em relação a dependência do habitat da comunidade, foi verificado por uma Análise de Variância (ANOVA unicaudal).

Quando a análise indicou uma influência significativa de qualquer fator, utilizou-se o teste de comparações múltiplas de médias *LSD (Least Significant Difference)* para avaliar tal efeito. Assim, quando a diferença observada entre as médias da assimetria flutuante for superior ao valor de *LSD* calculado, conclui-se que essa diferença é significativa.

O efeito dos quatro caracteres mensurados na variação das medidas da assimetria flutuante, retirando-se a influência do tamanho do caractere, foi verificado, a partir da Análise de Variância (ANOVA unicaudal) baseada em um planejamento em bloco com um fator.

Para o cálculo da assimetria flutuante (AF) utilizada neste trabalho, utilizou-se a fórmula seguinte (PALMER & STROBECK, 1986):

$$\text{Cálculo da Assimetria Flutuante} \rightarrow AF = \frac{|D - E|}{\frac{(D + E)}{2}} \times 100$$

onde, D → Medida do comprimento do caractere do lado Direito

E → Medida do comprimento do caractere do lado Esquerdo

Todos os resultados foram considerados significativos ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

3.6 Elaboração de Mapas de Uso do Solo

O mapeamento da variação temporal do uso e ocupação do solo no município de Augusto de Lima, um dos três municípios que mais contribuíram com o número total de exemplares utilizados no presente trabalho, objetivou verificar a transformação de florestas e cerrados em áreas agrícolas, pastagens e áreas urbanas como o principal fator de mudanças ambientais, provocando a perda de habitats, com a conseguinte perda de biodiversidade (DIAZ et al. 2002). Ainda, objetivou as possíveis inferências sobre se esta modificação foi suficiente para aumentar a instabilidade do desenvolvimento e a assimetria flutuante (SARRE, 1996).

Para a geração dos mapas de uso do solo foram usados como base de dados a cobertura vegetal do estado de Minas Gerais, no formato do SGI (Sistema de Informações Geográficas), do Instituto Estadual de Florestas (IEF), feita no ano de 1990, e as imagens de satélites Landsat TM7 dos respectivos anos (1994; 1997 e 2002).

Foi utilizado o SOFTWARE SPRING 3.6.03 para delimitar os polígonos de cada tipo de vegetação e conferido com a classificação do uso de 1990 do IEF. A tabela quantitativa é gerada pelo próprio software, que faz o cruzamento das informações.

A partir dos limites feitos, para confecção dos mapas, foram exportados os dados em formato SHAPEFILE e os mapas foram confeccionados no software ArgGis.

4 RESULTADOS

4.1 Caracterização da Comunidade de Aves Estudada

Os gráficos de 1 a 7 e as tabelas 2 e 3 apresentam uma caracterização geral das espécies, em relação aos aspectos considerados no presente trabalho, quanto às variáveis: família, número de indivíduos amostrado por espécie, sexo, local de coleta, bioma, dependência do habitat e período de coleta dos animais.

GRÁFICO 1. Distribuição da comunidade amostrada, por família, das espécies mensuradas

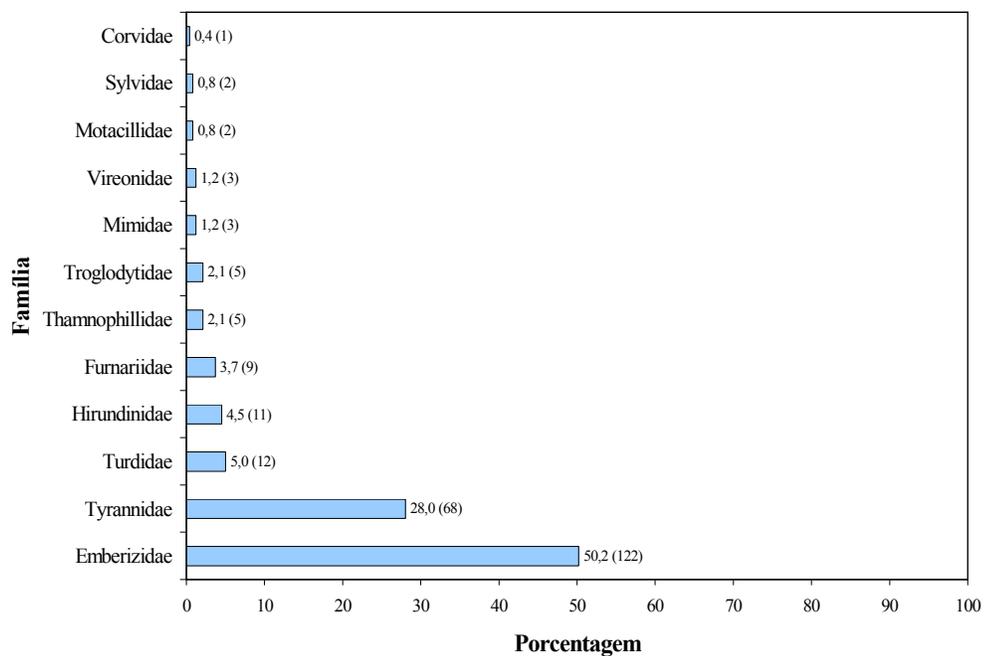


TABELA 2
Espécies mensuradas para os quatro caracteres

| Espécie | Frequência | |
|----------------------------------|------------|------|
| | N | % |
| <i>Turdus leucomelas</i> | | |
| Sabiá barranco | 3 | 3,37 |
| <i>Phaeoprogne tapera</i> | | |
| Andorinha do campo | 1 | 1,12 |
| <i>Stelgidopteryx ruficollis</i> | | |
| Andorinha serrador | 1 | 1,12 |
| <i>Stelgidopteryx fucata</i> | | |
| Andorinha serrador | 1 | 1,12 |
| <i>Donacobius atricapillus</i> | | |
| Japacanim | 2 | 2,24 |
| <i>Notiochelidon cyanoleuca</i> | | |
| Andorinha pequena de casa | 2 | 2,24 |
| <i>Turdus amaurochalinus</i> | | |
| Sabiá poca | 4 | 4,49 |
| <i>Anthus lutescens</i> | | |
| Caminheiro; zumbidor | 1 | 1,12 |
| <i>Cycharis gujanensis</i> | | |
| Pitiguari | 2 | 2,24 |
| <i>Basileuterus hypoleucus</i> | | |
| Pichito | 1 | 1,12 |
| <i>Basileuterus flaveolus</i> | | |
| Canário do mato | 1 | 1,12 |
| <i>Hemithraupis ruficapilla</i> | | |
| Sáira da mata | 3 | 3,37 |
| <i>Nemosia pileata</i> | | |
| Sáira de chapéu preto | 3 | 3,37 |
| <i>Tangara cayana</i> | | |
| Sáira amarelo | 2 | 2,24 |
| <i>Tangara cyanocephala</i> | | |
| Sáira militar | 1 | 1,12 |
| <i>Tangara desmaresti</i> | | |
| Sáira lagarta | 1 | 1,12 |
| <i>Tangara cyanoventris</i> | | |
| Douradinha | 1 | 1,12 |
| <i>Euphonia musica</i> | | |
| Gaturamo rei | 2 | 2,24 |
| <i>Tersina viridis</i> | | |
| Sai andorinha | 2 | 2,24 |
| <i>Thraupis sayaca</i> | | |
| Sanhaço cinzento | 4 | 4,49 |
| <i>Sturnella superciliaris</i> | | |
| Polícia inglesa | 1 | 1,12 |
| <i>Pseudoleistes guirahuro</i> | | |
| Chopim do brejo | 1 | 1,12 |
| <i>Agelaius ruficapillus</i> | | |
| Garibaldi | 1 | 1,12 |
| <i>Gnorimopsar chopi</i> | | |
| Pássaro preto; melro | 2 | 2,24 |
| <i>Icterus cayennensis</i> | | |
| Inhapim | 1 | 1,12 |
| <i>Icterus icterus</i> | | |
| Corrupião; sofrê | 1 | 1,12 |
| <i>Cacicus haemorhous</i> | | |
| Guaxe | 1 | 1,12 |

continua

| Espécie | Frequência | |
|----------------------------------|------------|---------------|
| | N | % |
| <i>Psarocolius decumanus</i> | | |
| Japú | 1 | 1,12 |
| <i>Saltator similis</i> | | |
| Trinca ferro | 3 | 3,37 |
| <i>Sporophila caeruleascens</i> | | |
| Papa capim | 1 | 1,12 |
| <i>Arremon taciturnus</i> | | |
| Tico tico do mato bico preto | 2 | 2,24 |
| <i>Arremon flavirostris</i> | | |
| Tico tico do mato | 1 | 1,12 |
| <i>Zonotrichia capensis</i> | | |
| Tico tico | 1 | 1,12 |
| <i>Embernagra longicauda</i> | | |
| Sabiá do banhado | 1 | 1,12 |
| <i>Emberizoides herbicola</i> | | |
| Canário do campo | 1 | 1,12 |
| <i>Sicalis flaveola</i> | | |
| Canário da terra verdadeiro | 1 | 1,12 |
| <i>Sicalis columbiana</i> | | |
| Canário do amazonas | 2 | 2,24 |
| <i>Furnarius leucopus</i> | | |
| Casaca de couro amarelo | 1 | 1,12 |
| <i>Phacellodomus rufifrons</i> | | |
| João de pau | 2 | 2,24 |
| <i>Xolmis cinérea</i> | | |
| Maria branca | 3 | 3,37 |
| <i>Xolmis velata</i> | | |
| Noivinha branca | 3 | 3,37 |
| <i>Gubernetes yetapa</i> | | |
| Tesoura do brejo | 2 | 2,24 |
| <i>Colonia colonus</i> | | |
| Viuvinha | 1 | 1,12 |
| <i>Knipolegus lophotes</i> | | |
| Maria preta de penacho | 1 | 1,12 |
| <i>Fluvicola nengeta</i> | | |
| Lavadeira mascarada | 1 | 1,12 |
| <i>Arundinicola leucocephala</i> | | |
| Lavadeira de cabeça branca | 1 | 1,12 |
| <i>Megarynchus pitangua</i> | | |
| Bem te vi do bico chato | 3 | 3,37 |
| <i>Pitangus sulphuratus</i> | | |
| Bem te vi coroadado | 1 | 1,12 |
| <i>Tyrannus savanna</i> | | |
| Tesoura | 1 | 1,12 |
| <i>Antilophia galeata</i> | | |
| Soldadinho | 2 | 2,24 |
| <i>Ilicura militaris</i> | | |
| Tangarazinho | 1 | 1,12 |
| <i>Tijuca atra</i> | | |
| Saudade; assobiador | 2 | 2,24 |
| <i>Myiozetetes similis</i> | | |
| Bem te vizinho de penacho | 3 | 3,37 |
| <i>Myiodynastes maculatus</i> | | |
| Bem te vi rajado | 1 | 1,12 |
| TOTAL | 88 | 100,00 |

Gráfico 2. Caracterização da comunidade de aves amostrada quanto ao sexo

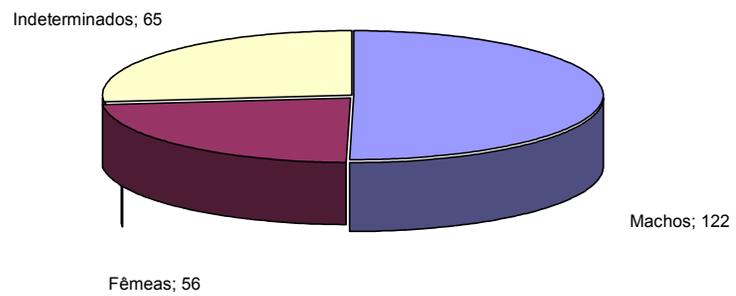


TABELA 3

Caracterização da comunidade de aves quanto aos municípios de coleta

| Município | Freqüência | |
|----------------------------|-------------------|--------------|
| | N | % |
| <i>Pompéu</i> | 39 | 16,0 |
| <i>Bocaiuva</i> | 35 | 14,4 |
| <i>Augusto de Lima</i> | 31 | 12,8 |
| <i>Diamantina</i> | 28 | 11,5 |
| <i>Pedra Azul</i> | 26 | 10,7 |
| <i>Belo Horizonte</i> | 16 | 6,6 |
| <i>Campo Belo</i> | 11 | 4,5 |
| <i>Mesquita</i> | 9 | 3,7 |
| <i>Luz</i> | 8 | 3,3 |
| <i>Itaguara</i> | 8 | 3,3 |
| <i>Nova Lima</i> | 6 | 2,5 |
| <i>Esmeraldas</i> | 6 | 2,5 |
| <i>São João da Ponte</i> | 4 | 1,6 |
| <i>Salinas</i> | 3 | 1,2 |
| <i>São Romão</i> | 2 | 0,8 |
| <i>Rio Casca</i> | 2 | 0,8 |
| <i>Taiobeiras</i> | 1 | 0,4 |
| <i>S. G. do Rio Abaixo</i> | 1 | 0,4 |
| <i>Ribeirão das Neves</i> | 1 | 0,4 |
| <i>Pirapora</i> | 1 | 0,4 |
| <i>Norte de MG</i> | 1 | 0,4 |
| <i>Jaboticatubas</i> | 1 | 0,4 |
| <i>Indianópolis</i> | 1 | 0,4 |
| <i>Caratinga</i> | 1 | 0,4 |
| <i>Berizal</i> | 1 | 0,4 |
| Total | 243 | 100,0 |

Gráfico 3 . Caracterização da comunidade amostrada quanto ao habitat
Nota: 134 casos sem informação referente ao habitat da ave depositada na coleção.

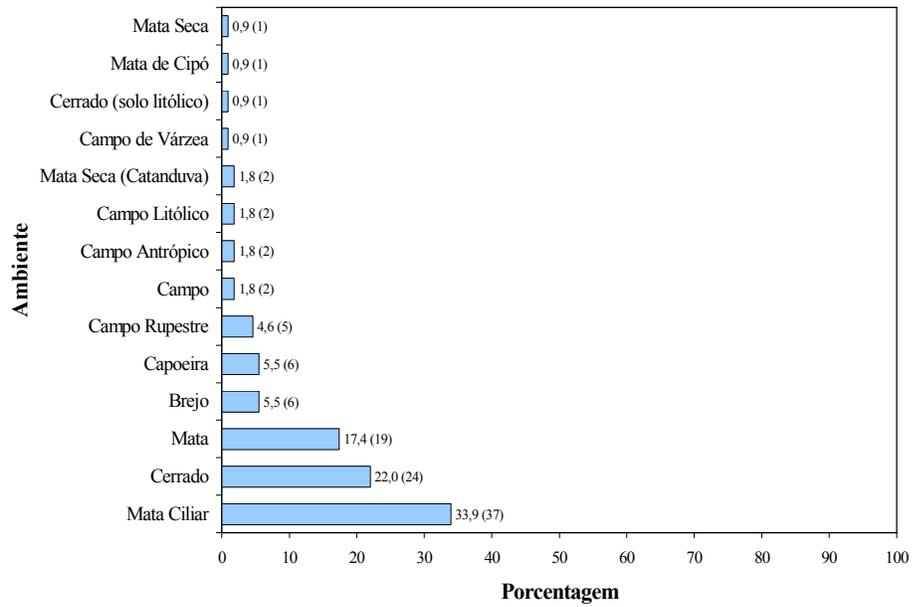


GRÁFICO 4. Caracterização da comunidade de aves amostrada quanto a distribuição por bioma

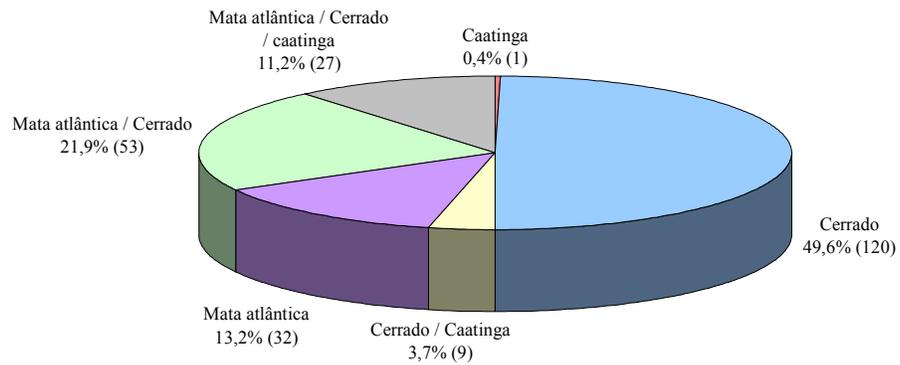


GRÁFICO 5. Caracterização da comunidade de aves amostrada quanto a dependência do habitat

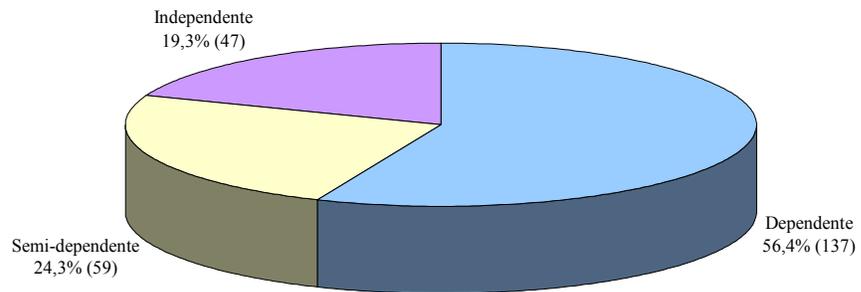
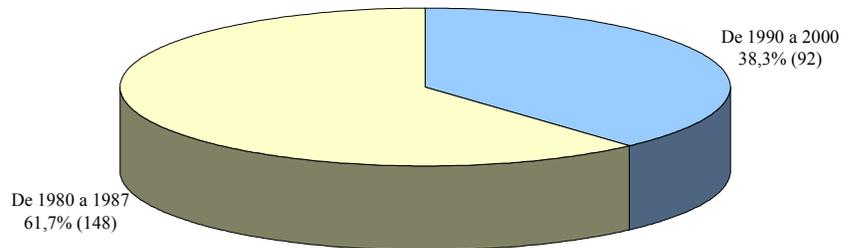


GRÁFICO 6. Caracterização da comunidade de aves amostrada quanto ao período de coleta



4.2 Erro de Medida

A variação encontrada entre as três medidas realizadas em cada caractere (ulna, coracóide, fêmur e tarso), nos lados direito e esquerdo, considerando o método utilizado no presente trabalho, indicou baixo erro de medida, para todas as espécies analisadas, justificadas pela elevada repetibilidade.

O Quadrado Médio do Erro (QMe) para a ulna foi igual, para os lados direito e esquerdo (0,0001), repetindo-se para o coracóide (0,0002) e tarso (0,0002), tendo apresentado maior variabilidade em relação ao fêmur onde o QMe para o lado direito foi de 0,0757 e de 0,0774, para o esquerdo ($p < 0,001$), conforme apresentado nas tabelas de 4 a 11, adiante.

TABELA 4
ANOVA com relação à medida do comprimento da ULNA do lado direito.

| Fonte de variação | g.l. | SQ | QM | F | p |
|------------------------|------|-----------|---------------|-------------|---------|
| <i>Amostra do osso</i> | 129 | 22.736,26 | 176,25 | 2.009.869,6 | < 0,001 |
| <i>Erro</i> | 269 | 0,028 | 0,0001 | | |
| <i>Total</i> | 389 | 22.736,29 | | | |

Nota: QMe = 0,0001 (Quadrados médios do erro)

Cada osso foi medido 3 vezes em momentos diferentes

Legenda: *SQ* → Soma dos quadrados; *g.l.* → graus de liberdade; *QM* → Quadrados médios;
F → Estatística do teste; *p* → probabilidade de significância da estatística F

TABELA 5
ANOVA com relação à medida do comprimento da ULNA do lado esquerdo.

| Fonte de variação | g.l. | SQ | QM | F | P |
|------------------------|------|-----------|---------------|-------------|---------|
| <i>Amostra do osso</i> | 129 | 22.770,53 | 176,52 | 1.639.074,3 | < 0,001 |
| <i>Erro</i> | 269 | 0,028 | 0,0001 | | |
| <i>Total</i> | 389 | 22.770,56 | | | |

Nota: QMe = 0,0001 (Quadrados médios do erro)

Cada osso foi medido 3 vezes em momentos diferentes

Legenda: *SQ* → Soma dos quadrados; *g.l.* → graus de liberdade; *QM* → Quadrados médios;
F → Estatística do teste; *p* → probabilidade de significância da estatística F

TABELA 6

ANOVA com relação à medida do comprimento do CORACÓIDE do lado direito.

| Fonte de variação | g.l. | SQ | QM | F | P |
|------------------------|------|-----------|---------------|-----------|---------|
| <i>Amostra do osso</i> | 190 | 10.238,02 | 53,88 | 255.382,3 | < 0,001 |
| <i>Erro</i> | 382 | 0,081 | 0,0002 | | |
| <i>Total</i> | 572 | 10.238,10 | | | |

Nota: QMe = 0,0002 (Quadrados médios do erro)

Cada osso foi medido 3 vezes em momentos diferentes

Legenda: *SQ* → Soma dos quadrados; *g.l.* → graus de liberdade; *QM* → Quadrados médios;
F → Estatística do teste; *p* → probabilidade de significância da estatística F

TABELA 7

ANOVA com relação à medida do comprimento do CORACÓIDE do lado esquerdo.

| Fonte de variação | g.l. | SQ | QM | F | p |
|------------------------|------|-----------|---------------|-----------|---------|
| <i>Amostra do osso</i> | 190 | 10.268,08 | 54,04 | 254.031,0 | < 0,001 |
| <i>Erro</i> | 382 | 0,081 | 0,0002 | | |
| <i>Total</i> | 572 | 10.268,16 | | | |

Nota: QMe = 0,0002 (Quadrados médios do erro)

Cada osso foi medido 3 vezes em momentos diferentes

Legenda: *SQ* → Soma dos quadrados; *g.l.* → graus de liberdade; *QM* → Quadrados médios;
F → Estatística do teste; *p* → probabilidade de significância da estatística F

TABELA 8

ANOVA com relação à medida do comprimento do FÊMUR do lado direito.

| Fonte de variação | g.l. | SQ | QM | F | P |
|------------------------|------|-----------|---------------|-------|---------|
| <i>Amostra do osso</i> | 189 | 14.017,24 | 74,16 | 979,4 | < 0,001 |
| <i>Erro</i> | 380 | 28,774 | 0,0757 | | |
| <i>Total</i> | 569 | 14.046,01 | | | |

Nota: QMe = 0,0757 (Quadrados médios do erro)

Cada osso foi medido 3 vezes em momentos diferentes

Legenda: *SQ* → Soma dos quadrados; *g.l.* → graus de liberdade; *QM* → Quadrados médios;
F → Estatística do teste; *p* → probabilidade de significância da estatística F

TABELA 9

ANOVA com relação à medida do comprimento do FÊMUR do lado esquerdo.

| Fonte de variação | g.l. | SQ | QM | F | P |
|------------------------|------|-----------|---------------|-------|---------|
| <i>Amostra do osso</i> | 189 | 13.969,79 | 73,91 | 955,4 | < 0,001 |
| <i>Erro</i> | 380 | 29,398 | 0,0774 | | |
| <i>Total</i> | 569 | 13.999,19 | | | |

Nota: QMe = 0,0774 (Quadrados médios do erro)

Cada osso foi medido 3 vezes em momentos diferentes

Legenda: *SQ* → Soma dos quadrados; *g.l.* → graus de liberdade; *QM* → Quadrados médios;
F → Estatística do teste; *p* → probabilidade de significância da estatística F

TABELA 10

ANOVA com relação à medida do comprimento do TARSO do lado direito.

| Fonte de variação | g.l. | SQ | QM | F | p |
|------------------------|------|-----------|---------------|-----------|---------|
| <i>Amostra do osso</i> | 142 | 18.689,59 | 131,62 | 683.579,1 | < 0,001 |
| <i>Erro</i> | 286 | 0,055 | 0,0002 | | |
| <i>Total</i> | 728 | 18.689,65 | | | |

Nota: QMe = 0,0002 (Quadrados médios do erro)

Cada osso foi medido 3 vezes em momentos diferentes

Legenda: *SQ* → Soma dos quadrados; *g.l.* → graus de liberdade; *QM* → Quadrados médios;
F → Estatística do teste; *p* → probabilidade de significância da estatística F

TABELA 11

ANOVA com relação à medida do comprimento do TARSO do lado esquerdo.

| Fonte de variação | g.l. | SQ | QM | F | p |
|------------------------|------|-----------|---------------|-----------|---------|
| <i>Amostra do osso</i> | 142 | 18.622,47 | 131,1 | 796.895,9 | < 0,001 |
| <i>Erro</i> | 286 | 0,047 | 0,0002 | | |
| <i>Total</i> | 728 | 18.622,52 | | | |

Nota: QMe = 0,0002 (Quadrados médios do erro)

Cada osso foi medido 3 vezes em momentos diferentes

Legenda: *SQ* → Soma dos quadrados; *g.l.* → graus de liberdade; *QM* → Quadrados médios;
F → Estatística do teste; *p* → probabilidade de significância da estatística F

O erro máximo (erro padrão da média) variou de mais ou menos o erro padrão da média apresentado. Ressalta-se, porém, maior variabilidade entre as medidas apresentadas para o fêmur ($\pm 0,54$), conforme a Tabela 12, adiante.

TABELA 12

Erro padrão da média do comprimento dos caracteres, por lados direito e esquerdo, com nível de confiança de 95%

| Caractere | Lado | Medidas da variação (mm) | | |
|------------------|----------|--------------------------|--------------------------|----------------------|
| | | Qme | Cálculo do erro | Erro padrão da média |
| Ulna | Direito | 0,0001 | $\pm 1,96 \times 0,0100$ | $\pm 0,02$ |
| | Esquerdo | 0,0001 | $\pm 1,96 \times 0,0100$ | $\pm 0,02$ |
| Coracóide | Direito | 0,0002 | $\pm 1,96 \times 0,0141$ | $\pm 0,03$ |
| | Esquerdo | 0,0002 | $\pm 1,96 \times 0,0141$ | $\pm 0,03$ |
| Fêmur | Direito | 0,0757 | $\pm 1,96 \times 0,2751$ | $\pm 0,54$ |
| | Esquerdo | 0,0774 | $\pm 1,96 \times 0,2782$ | $\pm 0,54$ |
| Tarso | Direito | 0,0002 | $\pm 1,96 \times 0,0141$ | $\pm 0,03$ |
| | Esquerdo | 0,0002 | $\pm 1,96 \times 0,0141$ | $\pm 0,03$ |

Nota: $|Z_{\alpha/2}| = \pm 1,96$

Cálculo do erro $\rightarrow \pm 1,96 \times \sqrt{QMe}$

A tabela 13 apresenta as medidas descritivas das médias das medidas do comprimento dos quatro caracteres analisado, para cada um dos lados do corpo – direito e esquerdo.

TABELA 13
Medidas descritivas do comprimento dos lados direito e esquerdo,
para os quatro caracteres mensurados

| Osso | Lado | N | Medidas descritivas (mm) | | | |
|------------------|----------|-----|--------------------------|--------|-------|------|
| | | | Mínimo | Máximo | Média | d.p. |
| Ulna | Direito | 130 | 12,7 | 57,9 | 25,4 | 7,7 |
| | Esquerdo | 130 | 12,7 | 57,9 | 25,3 | 7,7 |
| Coracóide | Direito | 191 | 8,8 | 38,4 | 18,1 | 4,2 |
| | Esquerdo | 191 | 8,3 | 38,3 | 18,1 | 4,2 |
| Fêmur | Direito | 191 | 9,3 | 41,3 | 18,0 | 5,0 |
| | Esquerdo | 191 | 9,3 | 41,4 | 18,0 | 5,0 |
| Tarso | Direito | 144 | 8,6 | 44,0 | 21,5 | 6,6 |
| | Esquerdo | 144 | 8,6 | 43,9 | 21,5 | 6,6 |

Nota: As medidas referem-se à média da repetibilidade, para cada caractere

4.3 Distribuição Normal e Assimetria Flutuante

As distribuições de frequências dos valores individuais de assimetria, para cada um os quatro caracteres analisados não diferiram da normalidade, e as médias não diferiram de zero para a amostra da comunidade estudada. (Gráficos de 7 a10).

Gráfico 7. Distribuição normal da Assimetria Flutuante (AF) para o caractere ulna, na comunidade de aves estudada

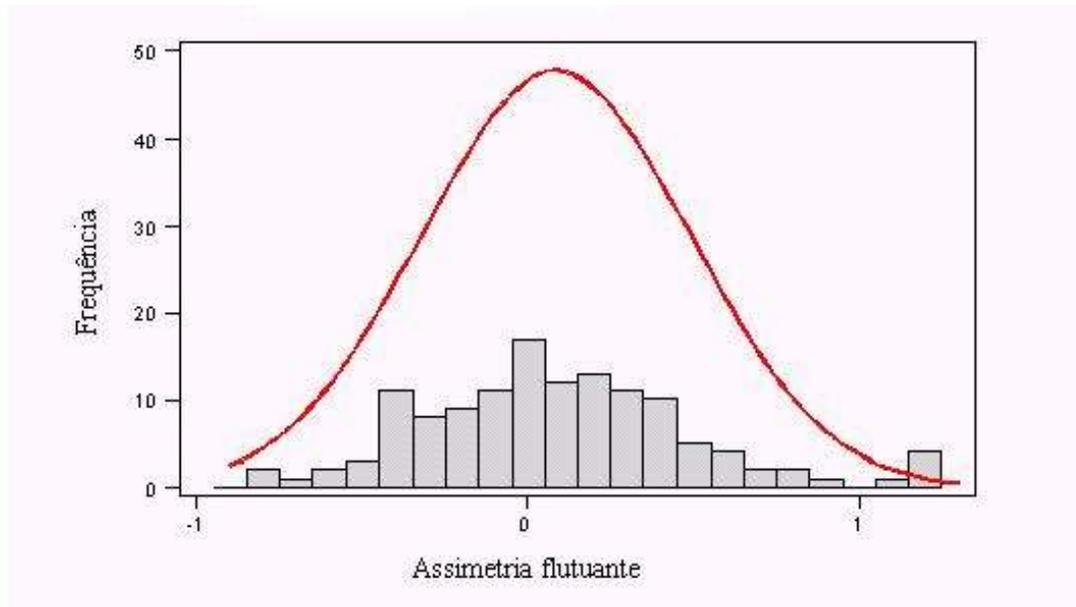


Gráfico 8. Distribuição normal da Assimetria Flutuante (AF) para o caractere coracóide na comunidade de aves estudada

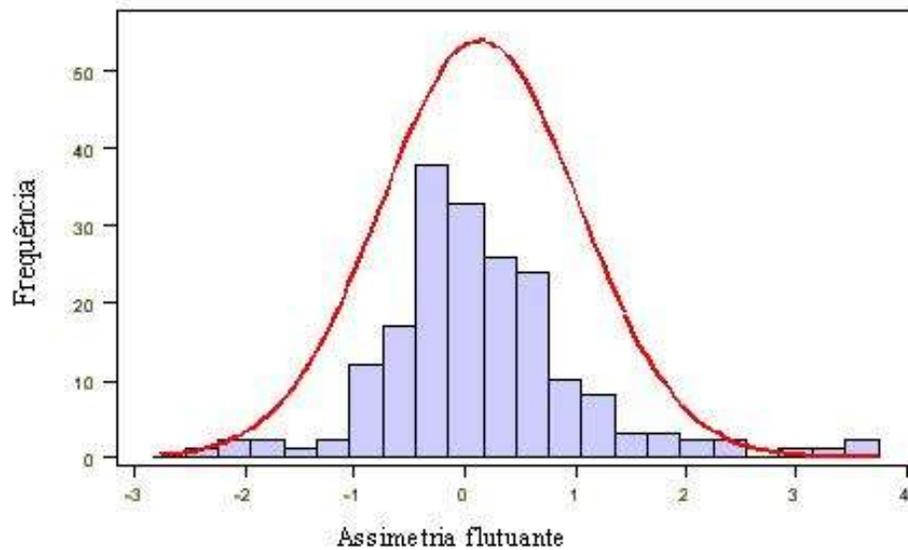


Gráfico 9. Distribuição normal da Assimetria Flutuante (AF) para o caractere fêmur na comunidade de aves estudada

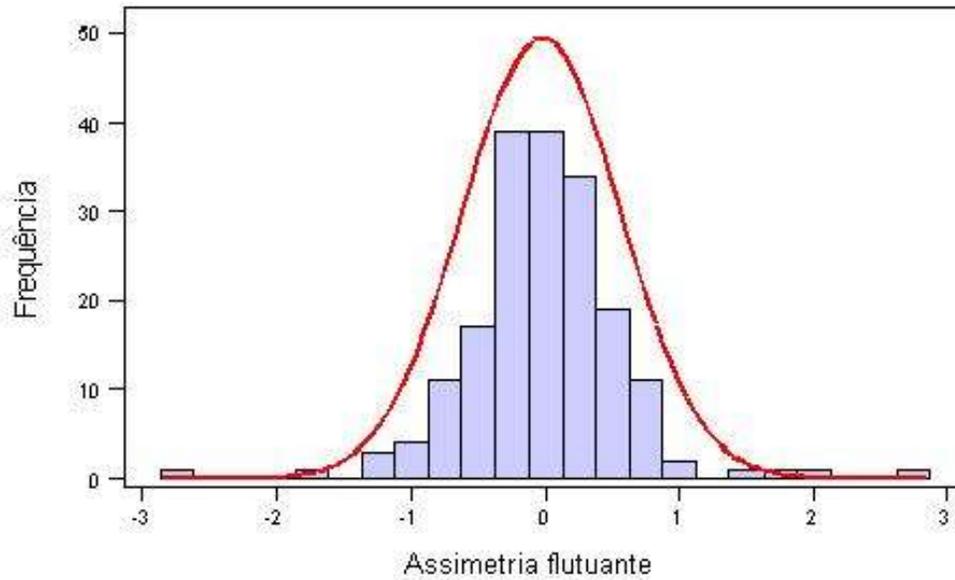
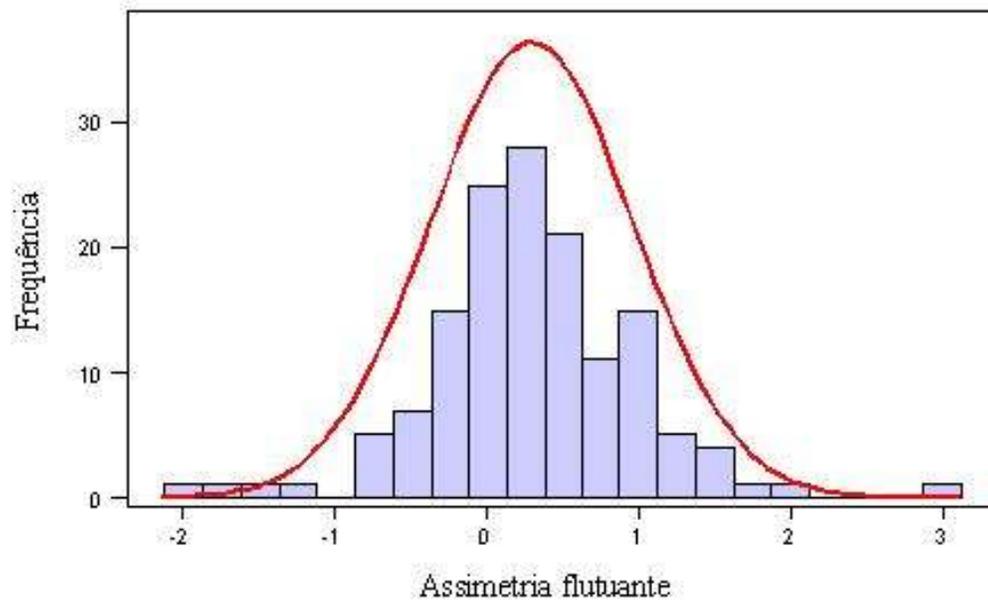


Gráfico 10. Distribuição normal da Assimetria Flutuante (AF) para o caractere tarso na comunidade de aves estudada



4.4 Assimetria Flutuante e o Sexo da Comunidade de Aves Estudada

Não foi detectada diferença significativa ($p > 0,05$) para os valores de assimetria flutuante entre os sexos das aves Passeriformes da comunidade amostrada, em relação aos caracteres analisados. Os valores de P foram 0,6615, para a ulna; 0,1633, para o coracóide; 0,5521, para o fêmur e de 0,6578, para o tarso. (Tabela 14 e Gráfico 11). Os resultados apontam para a possibilidade de agrupamento de caracteres em um único grupo, independentemente do sexo.

TABELA 14

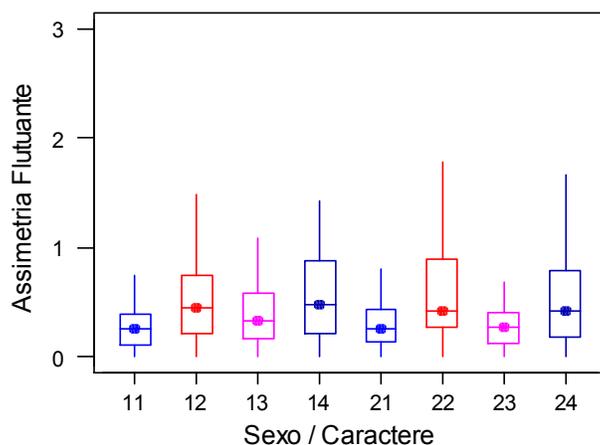
Assimetria flutuante comparativa entre os sexos das aves da comunidade amostrada, para cada um dos caracteres estudados

| Osso | Sexo | N | Medidas descritivas (%) | | | | P |
|-----------|--------|-----|-------------------------|--------|-------|------|-----------------|
| | | | Mínimo | Máximo | Média | d.p. | |
| Ulna | Machos | 64 | 0,00 | 1,18 | 0,29 | 0,24 | 0,6615 M = F |
| | Fêmeas | 29 | 0,00 | 1,18 | 0,32 | 0,26 | |
| Coracóide | Machos | 100 | 0,00 | 3,52 | 0,59 | 0,61 | 0,1633 M = F |
| | Fêmeas | 45 | 0,00 | 5,27 | 0,82 | 1,01 | |
| Fêmur | Machos | 95 | 0,00 | 16,24 | 0,68 | 1,75 | 0,5521 M = F |
| | Fêmeas | 50 | 0,00 | 6,78 | 0,54 | 1,08 | |
| Tarso | Machos | 72 | 0,00 | 2,00 | 0,55 | 0,43 | 0,6578 M = F |
| | Fêmeas | 35 | 0,00 | 3,00 | 0,61 | 0,63 | |

Nota: O valor de p na tabela refere-se ao teste *t de student*

Legenda: $M \rightarrow$ Machos $F \rightarrow$ Fêmeas

GRÁFICO 11. Relação entre os sexos das aves quanto à medida da Assimetria Flutuante (AF).



Legenda: Os valores referem-se à raiz quadrada da Assimetria Flutuante

| | |
|-------------------------|-------------------------|
| 11 → Ulna (Machos) | 21 → Ulna (Fêmeas) |
| 12 → Coracóide (Machos) | 22 → Coracóide (Fêmeas) |
| 13 → Fêmur (Machos) | 23 → Fêmur (Fêmeas) |
| 14 → Tarso (Machos) | 24 → Tarso (Fêmeas) |

4.5 Assimetria Flutuante e a Variação Temporal

Quanto ao período de coleta, as tabelas de 15 a 18, e o Gráfico 12, mostram que existe diferença significativa ($p < 0,05$) da medida da assimetria flutuante somente em relação ao coracóide ($p = 0,0472$), onde, a média da assimetria flutuante das coletas de medidas das aves no período de 1990 a 2000 foi significativamente superior à média da medida do comprimento dos ossos coletados no período de 1980 a 1987.

Admitindo-se um nível de significância de 6%, o fêmur também apresenta diferença estatisticamente significativa ($p = 0,0602$) indicando variação da assimetria flutuante entre os dois períodos de coleta considerados: de 1980 a 1987, e de 1990 a 2000. Os valores de p , que não apontaram nenhuma variação temporal da assimetria

flutuante para os caracteres ulna e tarso foram $p= 0,9500$ e $p= 0,1746$, respectivamente.

TABELA 15

Resultados da ANOVA para a assimetria flutuante da ulna em relação ao período de coleta, para a comunidade amostrada

| Fonte de variação | g.l. | SQ | QM | F | P |
|-------------------|------|--------|--------|-----|--------|
| Período de coleta | 1 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0 | 0,9500 |
| Erro | 123 | 7,3425 | 0,0597 | | |
| Total | 124 | 7,3428 | | | |

Nota: 2 animais foram retirados devido à ocorrência de *outliers*

Nº de ordem dos animais retirados: 98 e 54

Legenda: *SQ* → Soma dos quadrados; *g.l.* → graus de liberdade; *QM* → Quadrados médios;

F → Estatística do teste; *p* → probabilidade de significância da estatística F

TABELA 16

Resultados da ANOVA para a assimetria flutuante do coracóide em relação ao período de coleta, para a comunidade amostrada

| Fonte de variação | g.l. | SQ | QM | F | P |
|-------------------|------|---------|--------|------|---------------|
| Período de coleta | 1 | 0,4222 | 0,4222 | 4,17 | 0,0427 |
| Erro | 179 | 18,1342 | 0,1013 | | |
| Total | 180 | 18,5564 | | | |

Nota: 7 animais foram retirados devido à ocorrência de *outliers*

Nº de ordem dos animais retirados: 179, 225, 105, 153, 13, 70 e 136

Legenda: *SQ* → Soma dos quadrados; *g.l.* → graus de liberdade; *QM* → Quadrados médios;

F → Estatística do teste; *p* → probabilidade de significância da estatística F

TABELA 17

Resultados da ANOVA para a assimetria flutuante do fêmur em relação ao período de coleta, para a comunidade amostrada

| Fonte de variação | g.l. | SQ | QM | F | P |
|-------------------|------|---------|--------|------|--------|
| Período de coleta | 1 | 0,2577 | 0,2577 | 3,53 | 0,0620 |
| Erro | 178 | 13,0077 | 0,0731 | | |
| Total | 179 | 13,2654 | | | |

Nota: 8 animais foram retirados devido a ocorrência de *outliers*

Nº de ordem dos animais retirados: 46, 105, 106, 51, 161, 218, 127 e 42

Legenda: *SQ* → Soma dos quadrados; *g.l.* → graus de liberdade; *QM* → Quadrados médios;

F → Estatística do teste; *p* → probabilidade de significância da estatística F

TABELA 18

Resultados da ANOVA para a assimetria flutuante do tarso em relação ao período de coleta, para a comunidade amostrada

| Fonte de variação | g.l. | SQ | QM | F | P |
|-------------------|------|---------|--------|------|--------|
| Período de coleta | 1 | 0,1971 | 0,1971 | 1,86 | 0,1746 |
| Erro | 137 | 14,4989 | 0,1058 | | |
| Total | 138 | 14,6960 | | | |

Nota: 2 animais foram retirados devido à ocorrência de *outliers*

Nº de ordem dos animais retirados: 10 e 157

Legenda: *SQ* → Soma dos quadrados; *g.l.* → graus de liberdade; *QM* → Quadrados médios;

F → Estatística do teste; *p* → probabilidade de significância da estatística F

TABELA 19

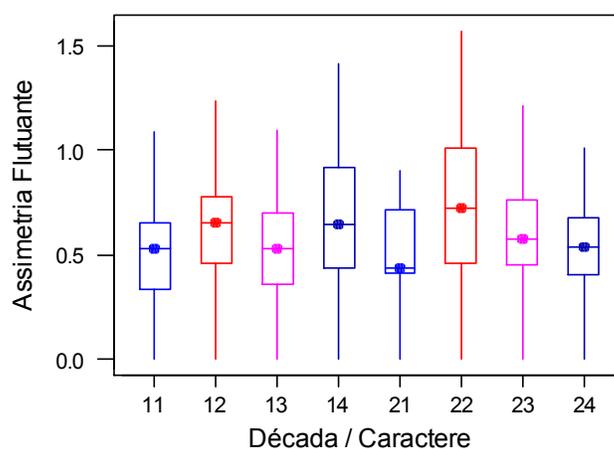
Assimetria Flutuante entre os períodos de coleta das aves, em relação aos períodos de coleta das aves, para cada um dos quatro caracteres estudados.

| Caractere | Período | N | Medidas descritivas (%) | | | | P |
|-----------|--------------|-----|-------------------------|--------|-------|------|--------------------------|
| | | | Mínimo | Máximo | Média | d.p. | |
| Ulna | P1 → 80 a 87 | 111 | 0,00 | 1,18 | 0,31 | 0,26 | 0,9500 P1 = P2 |
| | P2 → 90 a 00 | 14 | 0,00 | 0,81 | 0,30 | 0,24 | |
| Coracóide | P1 → 80 a 87 | 117 | 0,00 | 2,07 | 0,49 | 0,42 | 0,0427 P1 < P2 |
| | P2 → 90 a 00 | 64 | 0,00 | 2,46 | 0,67 | 0,59 | |
| Fêmur | P1 → 80 a 87 | 123 | 0,00 | 1,81 | 0,35 | 0,30 | 0,0602 P1 = P2 |
| | P2 → 90 a 00 | 57 | 0,00 | 2,07 | 0,47 | 0,44 | |
| Tarso | P1 → 80 a 87 | 120 | 0,00 | 2,00 | 0,55 | 0,46 | 0,1746 P1 = P2 |
| | P2 → 90 a 00 | 19 | 0,00 | 1,41 | 0,38 | 0,35 | |

Nota: O valor de *p* na tabela refere-se à probabilidade de significância da Análise de Variância

Legenda: P1 → De 1980 a 1987 P2 → De 1990 a 2000

GRÁFICO 12. Variação da Assimetria Flutuante (AF) em relação aos períodos de coleta das aves para cada um dos caracteres analisados.



Legenda: Os valores referem-se à raiz quadrada da Assimetria Flutuante

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| 11 → Ulna (1980 a 1987) | 21 → Ulna (1990 a 2000) |
| 12 → Coracóide (1980 a 1987) | 22 → Coracóide (1990 a 2000) |
| 13 → Fêmur (1980 a 1987) | 23 → Fêmur (1990 a 2000) |
| 14 → Tarso (1980 a 1987) | 24 → Tarso (1990 a 2000) |

4.6 Assimetria Flutuante e a Dependência do Habitat

Não foi detectada influência da dependência do habitat na medida da assimetria flutuante, para cada um dos caracteres estudados ($p > 0,05$). Os valores de p para cada um dos ossos foi de $p= 0,7805$, para a ulna; $p= 0,5507$, para o coracóide; $p= 0,3655$, pra o fêmur, e $p= 0,6962$, para o tarso, conforme as tabelas 20 a 23, adiante. A tabela 24 e o gráfico 13, apresentam as variações das medidas da assimetria flutuante, em relação à dependência do habitat da comunidade estudada, para os caracteres estudados.

TABELA 20

Resultados da ANOVA para a assimetria flutuante da ulna em relação a dependência do habitat para a comunidade amostrada

| Fonte de variação | SQ | g.l. | QM | F | p |
|-------------------|--------|------|--------|------|--------|
| Habitat | 0,0319 | 2 | 0,0160 | 0,25 | 0,7805 |
| Erro | 8,1025 | 126 | 0,0643 | | |
| Total | 8,1345 | 128 | | | |

Nota: 1 animal foi retirado devido à ocorrência de *outliers*

Nº de ordem dos animais retirados: 98

Legenda: *SQ* → Soma dos quadrados; *g.l.* → graus de liberdade; *QM* → Quadrados médios; *F* → Estatística do teste; *p* → probabilidade de significância da estatística F

TABELA 21

Resultados da ANOVA para a assimetria flutuante do coracóide em relação a dependência do habitat para a comunidade amostrada

| Fonte de variação | g.l. | SQ | QM | F | p |
|-------------------|------|---------|--------|------|--------|
| Habitat | 2 | 0,1105 | 0,0552 | 0,60 | 0,5507 |
| Erro | 178 | 16,4304 | 0,0923 | | |
| Total | 180 | 16,5409 | | | |

Nota: 10 animais foram retirados devido à ocorrência de *outliers*

Nº de ordem dos animais retirados: 179, 105, 225, 153, 136, 13, 78, 148, 70 e 187

Legenda: *SQ* → Soma dos quadrados; *g.l.* → graus de liberdade; *QM* → Quadrados médios; *F* → Estatística do teste; *p* → probabilidade de significância da estatística F

TABELA 22

Resultados da ANOVA para a assimetria flutuante do fêmur em relação a dependência do habitat para a comunidade amostrada

| Fonte de variação | g.l. | SQ | QM | F | p |
|-------------------|------|---------|---------|------|--------|
| Habitat | 2 | 0,1494 | 0,0747 | 1,01 | 0,3655 |
| Erro | 180 | 13,2802 | 0,07378 | | |
| Total | 182 | 13,4296 | | | |

Nota: 8 animais foram retirados devido a ocorrência de *outliers*

Nº de ordem dos animais retirados: 46, 105, 106, 51, 161, 218, 127 e 42

Legenda: *SQ* → Soma dos quadrados; *g.l.* → graus de liberdade; *QM* → Quadrados médios; *F* → Estatística do teste; *p* → probabilidade de significância da estatística F

TABELA 23

Resultados da ANOVA para a assimetria flutuante do tarso em relação a dependência do habitat para a comunidade amostrada

| Fonte de variação | g.l. | SQ | QM | F | p |
|-------------------|------|---------|--------|------|--------|
| Habitat | 2 | 0,0820 | 0,0410 | 0,36 | 0,6962 |
| Erro | 140 | 15,8138 | 0,1130 | | |
| Total | 142 | 15,8958 | | | |

Nota: 1 animal foi retirado devido à ocorrência de *outliers*

Nº de ordem dos animais retirados: 10

Legenda: *SQ* → Soma dos quadrados; *g.l.* → graus de liberdade; *QM* → Quadrados médios;
F → Estatística do teste; *p* → probabilidade de significância da estatística F

TABELA 24

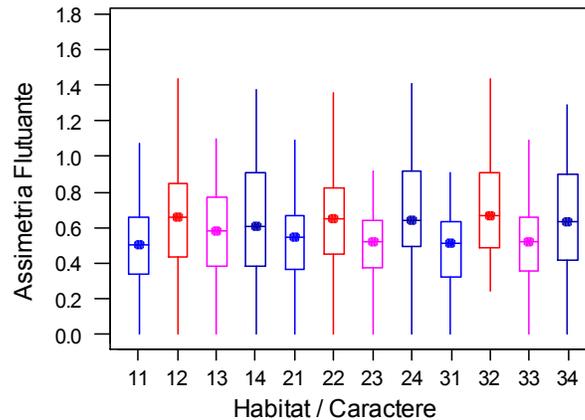
Assimetria Flutuante em relação à dependência do habitat das aves da comunidade amostrada, para cada um dos quatro caracteres estudados

| Caractere | Habitat | N | Medidas descritivas (%) | | | | p |
|-----------|------------------|-----|-------------------------|--------|-------|------|---------------------|
| | | | Mínimo | Máximo | Média | d.p. | |
| Ulna | A-Dependente | 68 | 0,00 | 1,16 | 0,31 | 0,26 | 0,7805 A = B = C |
| | B-Sem-dependente | 34 | 0,00 | 1,18 | 0,34 | 0,30 | |
| | C-Independente | 27 | 0,00 | 1,25 | 0,29 | 0,27 | |
| Coracóide | A-Dependente | 103 | 0,00 | 2,07 | 0,51 | 0,42 | 0,5507 A = B = C |
| | B-Sem-depenente | 45 | 0,00 | 1,84 | 0,53 | 0,47 | |
| | C-Independente | 33 | 0,06 | 2,07 | 0,58 | 0,46 | |
| Fêmur | A-Dependente | 107 | 0,00 | 2,07 | 0,42 | 0,38 | 0,3655 A = B = C |
| | B-Sem-depenente | 44 | 0,00 | 1,29 | 0,32 | 0,24 | |
| | C-Independente | 32 | 0,00 | 1,47 | 0,35 | 0,34 | |
| Tarso | A-Dependente | 73 | 0,00 | 3,00 | 0,53 | 0,53 | 0,6962 A = B = C |
| | B-Sem-depenente | 38 | 0,00 | 2,00 | 0,58 | 0,45 | |
| | C-Independente | 32 | 0,00 | 1,66 | 0,53 | 0,42 | |

Nota: O valor de *p* na tabela refere-se à probabilidade de significância da Análise de Variância

Legenda: *A* → Dependente *B* → Semi-dependente *C* → Independente

GRÁFICO 13. Variação da Assimetria Flutuante (AF) em relação a dependência do habitat da comunidade de aves estudada, para cada um dos quatro caracteres analisados.



Legenda: Os valores referem-se à raiz quadrada da Assimetria Flutuante

| | | |
|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| 11 → Ulna (Dependente) | 21 → Ulna (Semi-dependente) | 31 → Ulna (Independente) |
| 12 → Coracóide (Dependente) | 22 → Coracóide (Semi-dependente) | 32 → Coracóide (Independente) |
| 13 → Fêmur (Dependente) | 23 → Fêmur (Semi-dependente) | 33 → Fêmur (Independente) |
| 14 → Tarso (Dependente) | 24 → Tarso (Semi-dependente) | 34 → Tarso (Independente) |

4.7 Assimetria Flutuante nos Caracteres Osteológicos Estudados

Existe diferença ($p < 0,05$) entre as medidas da assimetria flutuante relativa aos quatro caracteres analisados ($p = 0,0001$) apresentado na tabela 25. A ANOVA com planejamento em bloco elimina o efeito da variação que o tamanho de cada caractere, de cada indivíduo, possa ter sobre a amostra no cálculo da assimetria flutuante.

Conforme pode ser observado na tabela 26, não existe diferença significativa entre os ossos tarso e coracóide. Entretanto, estes dois ossos apresentaram médias de assimetria flutuante significativamente superiores (0,66 e 0,62, respectivamente) em relação ao fêmur e ulna (0,51 e 0,48, respectivamente), não tendo sido observada diferença significativa entre estes dois últimos.

TABELA 25

Resultados da ANOVA para um planejamento em bloco em relação a medida da assimetria flutuante em relação aos quatro caracteres estudados.

| Fonte de variação | g.l. | SQ | QM | F | P |
|-------------------|------|---------|--------|------|---------------|
| Tipo de Osso | 3 | 1,9537 | 0,6512 | 9,37 | 0,0001 |
| Ordem (Bloco) | 85 | 7,6236 | 0,0897 | | |
| Erro | 255 | 17,7139 | 0,0695 | | |
| Total | 343 | 27,2911 | | | |

Nota: 5 animais foram retirados devido à ocorrência de *outliers*

Nº de ordem dos animais retirados: 10, 46, 136, 98 e 209

Para esta análise foram considerados somente 91 animais que possuíam os 4 ossos completos

Legenda: *SQ* → Soma dos quadrados; *g.l.* → graus de liberdade; *QM* → Quadrados médios;

F → Estatística do teste; *p* → probabilidade de significância da estatística F

TABELA 26

Medidas descritivas e comparativas entre os quatro caracteres estudados, em relação à medida da assimetria flutuante

| Caracteres | n | Medidas descritivas (%) | | | | P |
|------------------|----|-------------------------|--------|-------|------|-------------------|
| | | Mínimo | Máximo | Média | d.p. | |
| Ulna | 86 | 0,00 | 1,12 | 0,48 | 0,26 | 0,0001 |
| Coracóide | 86 | 0,00 | 1,36 | 0,62 | 0,27 | |
| Fêmur | 86 | 0,00 | 1,09 | 0,51 | 0,23 | (T = C) > (F = U) |
| Tarso | 86 | 0,00 | 1,41 | 0,66 | 0,32 | |

Nota: O valor de *p* na tabela refere-se à probabilidade de significância da Análise de Variância para um planejamento em blocos

Legenda: *U* → Ulna *C* → Coracóide *F* → Fêmur *T* → Tarso

4.8 Variação temporal do Uso e Ocupação do Solo no Município de Augusto de Lima

O município de Augusto de Lima, localizado na região centro-norte do Estado de Minas Gerais, insere-se nos biomas do cerrado e caatinga, conforme COSTA et al. 1998.

O mapeamento da dinâmica do uso e ocupação do solo com a variação temporal de dez anos (1994, 1997 e 2002) permite observar pequenos recuos da cobertura vegetal nativa entre os anos de 1994 e 1997. Entre os anos de 1997 e 2002, é possível detectar recuperação de algumas tipologias nativas, que certamente se encontram em diferentes estágios sucessionais, em acordo com a diminuição das

formas de uso do solo, notadamente das pastagens e de reflorestamento, conforme se apresenta na tabela 27, e no apêndice.

TABELA 27

Variação temporal do uso e ocupação do solo no município de Augusto de Lima, Minas Gerais

| ANO | 1994 | | 1997 | | 2002 | |
|--|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
| | ha | % | ha | % | ha | % |
| Classes de Uso do Solo/Vegatação | | | | | | |
| Campo Cerrado - CCE | 864.80 | 0.70 | 164.7 | 0.13 | 688.6 | 0.54 |
| Campo cerrado / floresta galeria - CCG | 18261.4 | 14.70 | 19021.8 | 15.35 | 16096.0 | 12.93 |
| Cerrado - CER | 23000.70 | 18.52 | 20759.0 | 16.75 | 22317.4 | 17.93 |
| Mata - MTA | 0 | 0 | 0 | 0 | 173.3 | 0.14 |
| Mata Ciliar - MCI | 6285.8 | 0 | 0 | 0 | 195.0 | 0.16 |
| Mata Seca - MSE | 1392.6 | 5,06 | 6443.2 | 5.2 | 7372.0 | 5.92 |
| Reflorestamento - REF | 0 | 1.10 | 1340.7 | 1.08 | 946.3 | 0.76 |
| Área Urbana - BAC | 180.8 | 0.06 | 0 | 0.06 | 83.9 | 0.07 |
| Agricultura - AGR | 14092.7 | 0.15 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Campo Natural de Altitude - CLR | 60063.7 | 11,35 | 12669.1 | 10.22 | 18595.0 | 14.94 |
| Pastagem Cultivada - PTC | 0 | 48.36 | 63472.6 | 51.21 | 58013.7 | 46.60 |
| Solo Exposto – SOE | 0 | 0 | 0 | 0 | 10.1 | 0.01 |
| TOTAL | 124212.5 | 100.00 | 123946.1 | 100.00 | 124481.1 | 100.00 |

Em função desta dinâmica, infere-se que os usos de pastagens e agricultura foram os responsáveis pela maior perda de habitats locais. Infere-se, ainda, que as áreas naturais remanescentes foram intensamente fragmentadas, sendo, esses fragmentos, em muitos casos, poucos, pequenos e descontínuos.

5 DISCUSSÃO

Normalmente, os estudos de assimetria flutuante utilizam um pequeno número de espécies, com um pequeno número de indivíduos por espécie (ANCIÃES & MARINI, 2000), ou mesmo uma única espécie, com número variável de exemplares representando porções de populações naturais (LENS et al., 2000; BORTOLOTTI & GABRIELSON, 1994; KARK, 2001), e um número variável de caracteres.

Na definição de caracteres, há significativa interferência destes em relação aos métodos de estudo empregados com aumento do erro de medida causado, entre outros fatores, por subjetividade e introdução de considerações merísticas em caracteres métricos (PALMER (1994 e 2003); CLARKE, 1998; HELM & ALBRECHT, 2000).

No presente trabalho, foram utilizados poucos caracteres (quatro), para um número de 102 espécies, das quais 55 tiveram análise positiva para a assimetria flutuante. Ademais do rígido protocolo seguido, que apresenta como resultado a minimização do erro de medida, a pequena distribuição geográfica da comunidade amostrada, e uma série temporal prolongada parece contribuir positivamente, apontando para novas perspectivas de utilização de coleções osteológicas em estudos de assimetria flutuante.

A não dependência do sexo para os caracteres amostrados na comunidade de aves Passeriformes estudada, difere dos padrões definidos para estudos onde, tanto caracteres morfológicos (BORTOLOTTI & GABRIELSON, 1994; DUFOUR et al, 1998b), quanto caracteres sexuais secundários, definem a presença da diferença de forma evidente (DUFOUR & WEATHERHEAD, 1998c; FISKE & AMUNDSEN, 1997).

Para a comunidade amostrada, não foi identificada relação entre a assimetria flutuante e dependência do habitat, ao contrário do que se apresenta em ANCIÃES & MARINI (2000). No presente caso, 134 exemplares estudados, enquadram-se no bioma do cerrado (COSTA et al., 1998). O estresse ambiental causado pelo

desmatamento, que leva à supressão de habitats (FONSECA, 1985), afetou todas as espécies, independentemente de sua dependência do habitat.

Por outro lado, a assimetria flutuante detectada temporalmente permite afirmar que o estresse ambiental, ao longo dos anos, sofrido pela comunidade amostrada, sob a forma de supressão e fragmentação de habitats, que leva ao deplecionamento das populações naturais, agiu como uma das causas da sua expressão.

A fragmentação de habitats pode ter sido a causa de tensão durante o desenvolvimento ontogênico das espécies da comunidade estudada, produzindo a assimetria flutuante assinalada para o fêmur e ulna.

A assimetria flutuante observada para o coracóide tem como explicação provável o fato de ser elemento imóvel, e sujeito às pressões para desempenho no vôo e na respiração. Já o fêmur, na admissibilidade de apresentar assimetria flutuante, conforme apresentado no presente estudo, tem, na sustentação do peso do corpo, e no andar da ave, as principais pressões como indutoras da expressão da assimetria flutuante.

6 CONCLUSÕES

O estudo de mensuração osteológica em séries temporais prolongadas permite detectar a assimetria flutuante.

Os ossos do tarso e coracóide apresentam índices de assimetria flutuante superiores ao fêmur e ulna.

O estudo de mensuração osteológica permitiu a detecção de efeito de estresse ambiental crescente com o tempo, em concordância com a degradação ambiental.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, H.M.F. Coleções osteológicas: perspectivas para a ornitologia no Brasil. **Bol.Mus.Para.Emílio Goeldi**. Série Zoológica. 8(1):247-257,1992.

ANCIÃES, M. & MARINI, M.A. The effects of fragmentation on fluctuating asymmetry in passerine birds of Brazilian tropical forests. **J.Appl.Ecology**, 37(6):1013-1028,2000.

BADYAEV, A. V.; FORESMAN, K.R.: FERNANDES,M.V. Stress and developmental stability: vegetation removal causes increased fluctuating asymmetry in shrews. **Ecology**, 81(2):336-345, 2000.

BALMFORD, A.; JONES,I.L. & THOMAS, A.L.R. On avian asymmetry: evidence of natural selection for symmetrical tails and wings in birds. **Proc. R. Soc. Lond. B** 252:245-251, 1993.

BIERREGAARD, R. O.JR. & LOVEJOY, T.E. Effects of forest fragmentation on Amazonian undestory bird communities. **Acta Amazonica** 19: 215-241, 1989.

BORTOLOTTI,G.R; GABRIELSON, R. Fluctuating asymmetry in the skeleton of the American kestrel, *Falco sparverius*: a test of the consequences of sexual size dimorfism. **Canadian Journal of Zoology**, Canada, v.73,p.141-145, 1995.

BURKE, D.M. & NOL, E.. Influence of food abundance, nest site habitat, and forest fragmentation on breeding ovenbirds. **The Auk** 15: 96-104, 1998.

COSTA, C.M.R. *et al.* (org.). Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação. Belo Horizonte; Fundação Biodiversitas, 94p.il.,1998.

DIAZ,I.; SARMIENTO, C & ULLOA,L. Terrestrial vertebrates of Rio Clarillo National Reserve, central Chile. **Revista Chilena de Historia Natural**, 75, 433-448,2002.

DUFOUR, K.W. & WEATHERHEAD, P.J. Reproductive consequences of bilateral asymmetry for male red-winged blackbirds. **Behavioral Ecology**. 9:232-242,1998b.

DUFOUR, K.W. & WEATHERHEAD, P.J. Bilateral as na indicator symmetry of male quality in red-winged blackbirds: associations with measures of health, viability and parental effort. **Behavioral Ecology**. 9:220-231,1998c.

CLARKE, G.M. Relationships between developmental stability and fitness:application for conservation biology. **Conservation Biology**, 9(1):18-24,1995.

CLARKE, G.M. Developmental stability and fitness. The evidence is not quite so clear. **American Naturalist**, 152:762-766,1998.

EMLLEN, J.M.; FREEMAN, C.D. & GRAHAM, J.D. Nonlinear growth dynamics and the origin of fluctuating asymmetry. **Genetica** 89:77-96,1993.

EVANS, M.R. Fluctuating asymmetry and long tails: the mechanical effects of asymmetry may act to enforce honest advertisement. **Proc. R. Soc. Lond. B** 253: 205-209, 1993.

FEDUCIA, A . Aves osteology. In:SISSON/GROSSMAN. **The anatomy of domestic animals**. 4ed. Iowa, p.1790-1801,1975.

FONSECA, G.A .B. The vanishing brazilian atlantic forest. **Biological Conservation** 34:17-34,1985.

FISKE, P. & AMUNDSEN, T. Female blue throats prefer males with symmetri colour bands, **Animal Behaviour** 54:81-87, 1997.

FRANÇA, J.L. **Manual para normalização de publicações técnico-científicas**. Belo Horizonte: UFMG, 2000.213p.

HELM, B. & ALBRECHT, H. Human handedness causes directional asymmetry in avian wing measurements. **Animal Behavior**, 60:899-902, 2000.

HOVORKA, M.D. & ROBERTSON, R.J. Food stress, nestling growth, and fluctuating asymmetry. **Can.Jour. Zoology**, 78(1):453-459, 2000.

HOULE,, D. High enthusiasm and low R-squared. **Evolution**, 52:1872-1876,1998.

HUTCHISON, D.W. & CHEVERUD, J.M. Fluctuating asymmetry in Tamarin (*Saguinus*) cranial morphology: Intra- and interspecific comparisons between taxa with varying levels of genetic heterozygosity. **J. Hered.** 86: 280-288, 1995.

JOHNSON, R & BHATTACHARYYA, G. **Statistics Principles and Methods**. New York: John Wiley & Sons, 1986, 578p.

KARK, S. Shifts in bilateral asymmetry within a distribution range: the case of the chukar partridge. **Evolution**, 55(10):2088-2096, 2001.

KHOROZYAN, I. The leopardin Armenia's Khosrov Reserve: spots, rosettes and population genetic status. **Cat News** 33:16-18, 2000.

LEAMY, L. Heritability of directional and fluctuating asymmetry for mandibular characters in random-bred mice. **J. Evol. Biol.**, 12:145-155,1999.

LEARY,R.F. & ALLENDORF, F.W. Fluctuating asymmetry as na indicator of stress in conservation biology. **Trends in Ecology and Evolution**, 4:214-217,1989.

LENS, L.; VAN DONGEN, S. Evidence for organism-wide asymmetry in five bird species of a fragmented afrotropical forest. **Proceedings of the Royal Society of London Series B** 266:1055-1060,1999.

LENS, L.; VAN DONGEN, S; GALBUSERA, P; SCHENCK, T.; MATHYSEN, E. & VAN DE CASTEELE, T. Developmental stability and inbreeding in natural bird populations exposed to different levels of habitat disturbance. **J. Evol. Biol.**,13:889-896,2000.

LEUNG, B. & FORBES, M.R. Fluctuating asymmetry in relation to stress and fitness: effects of trait type as revealed in meta-analyses. **Ecoscience** 3:400-413,1996.

LEWONTIN, R.C. On the measurement of relative variability. **Systematic Zoology**,15:141-142,1966.

LOVEJOY, T.E., BIERREGAARD, JR., R.O., RYLANDS,A. B., MALCOLM, J.R., QUINTELA, C.E., HARPER, L.H., BROWN, K.S., POWELL, JR. A.H., POWELL, G.V.N., SCHUBART, H.O.R. & HAYS, M.B. Edge and other effects of isolation on amazon forest fragments. In: **Conservation Biology: The science of scarcity and diversity**. Soulé, M.E. (ed.) Sinauer Assoc. Inc. Publ. Sunderland, Massachusetts, 1986.

LUDWIG, W. Das Rechts-links problem im Tierreich und beim Menschen. Berlin: Springer, 496p, 1932.

MATHER, A. P. Genetical control of stability in development. **Heredity**.7:297-336,1953.

MOLLER, A.P. Patterns of fluctuating asymmetry in sexual ornaments of birds from marginal and central populations. **Am. Nat.** 145: 316-327, 1995.

MOLLER, A.P.& SWADDLE, J.P. **Developmental stability and evolution**. Oxford Univ. Press, Oxford, 1997.

MOLLER, A.P. Developmental stability and ideal despotic distribution of blackbirds in a patchy environment. **Oikos** 72: 228-234. 1997.

MONTGOMERY, DOUGLAS C., **Design and Analysis of Experiments**. New York: John Wiley & Sons, 1991, 649p

NIJHOUT, H.F. & DAVIDOWITZ, G. **Developmental perspectives on phenotypic instability, canalization and fluctuating asymmetry**. In: *Developmental Instability Causes and Consequences*. (M. Polak, ed). New York: Oxford. 2003.

PALMER, A.R.; STROBEK, C & CHIPIINDALE, A. K. Bilateral variation and the evolutionary origin of macroscopic asymmetries. **Genetica**, 89:201-218, 1993.

PALMER, A.R. Waltzing with asymmetry. **BioScience**, 46:518-532, 1996

PALMER, A.R. Fluctuating asymmetry analyses: a primer. Em. Z.A. Markow (ed.) **Developmental Instability: Its origins and Evolutionary Implications**, 335-364. Kluwer Academic Publishers, Printed in Netherlands, 1994.

PALMER, A.R. & STROBEK, C. Fluctuating asymmetry: measurement, analysis, patterns. **Ann.Rev.Ecol.Syst.** 17:391-421, 1986.

PALMER, A.R. & STROBEK, C. Fluctuating asymmetry analyses revisited. *In*: (M.Polak (ed.) **Developmental Instability (DI): Causes and consequences**. Oxford University Press, 488p. ch. 17, 2003.

PALMER, A.R. Detecting publication bias in meta-analyses: a case study of fluctuating asymmetry and sexual selection. **American Naturalist**. 154:220-233, 1999.

PALMER, A.R. Quasireplication and the contract of error: Lessons from Sex ratios, heritabilities and fluctuating asymmetry. **Annual Review of Ecology and Systematics** 31:441-480, 2000.

PALMER, A.R. & HAMMOND, L.M. The Emperor's Codepiece: a post-modern perspective on biological asymmetries. **International Society of Behavioral Ecology Newsletter**, 12:13-20, 2000.

PARSONS, P.A. Fluctuating asymmetry: an epigenetic measure of stress. **Biol. Ver.** 65: 131-145, 1990.

PARSONS, P.A. Fluctuating asymmetry: a biological monitor of environmental and genomic stress. **Heredity** 68: 361-364, 1992.

POLAK, M. & TRIVERS, R. The science of symmetry in biology. **Trends Ecol. Evol.** 9:122-124, 1994.

SAS INSTITUTE INC. SAS User's Guide: Statistics Version 5. Cary NC: SAS Institute Inc., 1985.

SANTOS, J. E. Catalogação do acervo osteológico aviano do Museu de Ciências Naturais da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, FIP nº 93/016. Relatório Técnico não publicado, Belo Horizonte.35p, 1994.

SANTOS, T.; DIAZ,J.; TELLERIA, J.; PÉREZ, J.;PÉREZ-TRIS & CARBONELL, R. Efectos de la fragmentación y la calidad del hábitat sobre la distribución y reproducción de la Lagartija Colilarga (*Psammodromus algirus*). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), J. Guirrez Abascal 2, Madrid, 2003.

SARRE, S., DEARN, J.D. & GEORGES, A. The application of fluctuating asymmetry in the monitoring of animal populations. **Pac. Cons. Biol.** 1: 118-122,1994.

SARRE, S. Habitat fragmentation promotes fluctuating asymmetry but not morphological divergence in two geckos. **Researches on Population Ecology**, 38, 57-64, 1996.

SCHAUENSEE, R.M. **A Guide to the Birds of South America**. Philadelphia. The Academy of Natural Sciences of Philadelphia.500pp, 1982.

SCHNELL, G.D. A phenetic study of the suborder Lari (Aves) I. Methods and results of the principal components analyses. **Syst.Zool.** 19:35-57,1970.

SIMMONS, L.W.; TOMKINS, J.L.; KOTIANO, J.S. & HUNT, J. Fluctuating paradigm. **Proceedings of the Royal Society of London Series B** 266:593-595,1999.

SICK, H. **Ornitologia brasileira, uma introdução**. 2ª ed. Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 1997.

SILVA, J.M.C. Birds of the Cerrado Region, South America. **Steenstrupia** 21: 69-92, 1995.

SOULÈ, M.E., ed. **Conservation Biology: the science of scarcity and diversity**, chapter 9. Sunderland: Sinauer, 1986.

THOMAS, A. L.R. The aerodynamic cost of asymmetry in the wings and the tail of birds: asymmetric birds can't fly round tight corners. **Proceedings of the Royal Society of London Series B** 254:181-189, 1993.

VAN DONGEN, S. Accuracy and power in fluctuating asymmetry studies: effects of sample size and number of within-subject repeats. **Journal of Evolutionary Biology**. 12:547-550, 1999.

VAN VALEN, L. A study of fluctuating asymmetry. **Evolution** 16: 125-142, 1962.

VOLLESTAD, L.A. . HINDAR, K. & MOLLER, A. P. A meta-analysis of fluctuating asymmetry in relation to heterozygosity. **Heredity**, 83:206-218, 1999.

WATSON, P.J. & TORNHILL, R. Fluctuating asymmetry and sexual selection. **Trends Ecol. Evol.** 9:21-25, 1994.

WAYNE, R.K., MODI, W.S. & O'BRIEN, S.J. Morphological variability and asymmetry in the Cheetah (*Acinonyx jubatus*), genetically uniform species. **Evolution** 40: 78-85, 1986.

WAUTERS, L.A. .; DHONDT, A. A. .; KNOTHE, H. & PARKINS, D.T. Fluctuating asymmetry and body size as indicators of stress in red squirrel populations in woodland fragments. **Jour. Appl. Ecol.** 33:735-740, 1996.

WINKLER, H. & LEISLER, B. CODY, M.L. ed. **Habitat Selection in Birds: morphological aspects of habitat selection in birds**. Academic Press, Orlando, 415:434, 1985.

ZAKHAROV,V.M. Population phenogenetics; analysis of developmental stability in natural populations, *Acta Zoologica Fenicia*, 191:7-30,1992.

