

## PADRÕES DE VARIAÇÃO DA MORFOLOGIA CRANIANA DA ESPÉCIE *AKODON MONTENSIS* (RODENTIA, SIGMODONTINAE) EM POPULAÇÕES NO SUL DO BRASIL

AMANDA MONTEIRO DE CAMARGO<sup>1,2\*</sup>, SUYEN LARRISA LIMA<sup>3</sup>, SÉRGIO LUIZ ALTHOFF<sup>4</sup>, RENAN MAESTRI<sup>5</sup>, DANIEL GALIANO<sup>2,6</sup>

### 1 Introdução

O estudo das variações morfológicas do crânio é de grande importância devido à complexidade do seu crescimento e as várias funções dos órgãos da cabeça (Hanken e Thorogood, 1993). Compreender a variação na forma e tamanho dos organismos é possível através da morfometria geométrica. A morfometria é estudo estatístico que possibilita quantificar a forma e o tamanho de estruturas e fazer inferências sobre causas que levam a estas variações (Bookstein, 1991; Monteiro e Reis 1999). A morfometria geométrica obtém e quantifica forma e tamanho utilizando-se coordenadas cartesianas de marcos anatômicos (landmarks), permitindo que morfologias complexas sejam descritas e diferenças entre populações possam ser testadas estatisticamente (Marroig et al., 2004).

Se as adaptações ao local e as condições climáticas são o principal responsável pelo padrão de variação morfológica, se espera que a produtividade primária, as condições climáticas e a topografia irão prever a variação morfológica no espaço geográfico (Maestri et al., 2016). O tamanho e forma craniana entre populações de pequenos mamíferos terrestres podem estar correlacionados com os padrões de variação geográfica e mudanças climáticas. Dentre os pequenos mamíferos neotropicais, a espécie *Akodon montensis* (Rodentia: Sigmodontinae) é uma espécie reconhecidamente abundante em florestas do bioma Mata Atlântica (Galiano et al., 2013), sendo encontrado na parte nordeste da Argentina, ao longo da costa sudeste do Brasil e em todo o leste do Paraguai (Pardinas et al., 2008). Os roedores dessa espécie possuem hábito terrícola, geralmente vivem escondidos embaixo das folhas secas e galhos no meio da vegetação. São generalistas e se alimentam de pequenos

1 Graduada em Ciências Biológicas, Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *campus* Erechim, contato: amandamcamargo@hotmail.com

2 Grupo de Pesquisa: Biodiversidade e Conservação da Fauna - GPCON

3 Mestre em Biodiversidade e Conservação, Universidade Regional de Blumenau (FURB), *Campus* Blumenau.

4 Doutor em Ecologia, Universidade Regional de Blumenau (FURB), *Campus* Blumenau.

5 Doutor em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), *Campus* Porto Alegre.

6 Doutor em Biologia Animal, Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *Campus* Erechim, **Orientador**.

invertebrados, frutos e sementes (Gonçalves et al., 2014).

Neste contexto, tendo em vista a grande influência da latitude e fatores climáticos associados sobre a morfologia de espécies de mamíferos, estudar a relação que as variações climáticas e a topografia têm no tamanho do crânio em diferentes populações da espécie *Akodon montensis*, usando uma abordagem de morfometria geométrica, é de importância ímpar. Este tipo de informação é de extrema importância, pois pode ajudar a determinar os limites ecológicos e geográficos das populações, elucidando padrões de distribuição das espécies e sua relação com o ambiente.

## 2 Objetivos

O presente trabalho teve como objetivo analisar a variação no tamanho do crânio em populações de *A. montensis* ao longo de sua distribuição com foco nas populações que estão distribuídas no sul do Brasil, com o intuito de gerar dados que possam contribuir com o entendimento sobre quais fatores ambientais podem influenciar na variação morfológica existente nas populações.

## 3 Metodologia

### 3.1 Amostras

Foram analisados 115 crânios de espécimes adultos de *A. montensis*, sendo 45 fêmeas, 68 machos e 2 indivíduos não identificados, oriundos de 17 localidades ao longo do Brasil, Argentina e Paraguai, sendo onze no Brasil: Araraquara/SP (n=8), Blumenau/SC(n=5), Buri/SP (n=13), Capão Bonito/SP(n=2), Cordeiro/RJ(n=2), Anitápolis/SC(n=7), Itatiaia/RJ(n=6), Salto Grande/PR(n=1), Pedreira/SP(n=20), Pilar do Sul/SP (n=1), e Rio Claro/SP(n=6); Cinco na Argentina: Al Depto Libertador/Misiones (n = 25), Caragatay/Misiones(n = 12), Chaco/Las Palmas (n = 2), Puerto Gisela/Misiones (n = 2) e Puerto Iguazu (n = 1); e uma no Paraguai: Sapucay (n = 2). Todos os exemplares analisados são provenientes de acervos das Coleções Científicas de Mamíferos do Museu Nacional (MN), Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP), Museo de La Plata (MLP), National Museum of Natural History (NMNH), Field Museum of Natural History (FMNH), e Coleção Zoológica da Universidade Regional de Blumenau (FURB).

### 3.2 Morfometria geométrica

Os crânios foram fotografados nas vistas ventral, dorsal, lateral esquerda do crânio e lateral esquerda da mandíbula com câmera digital Nikon Coolpix P510. Cada crânio foi posicionado no mesmo plano e a câmera foi fixada em um tripé para obter a mesma distância.

Em cada foto foram definidos marcos anatômicos: 56 marcos na vista ventral, 17 na vista dorsal, 19 na lateral e 13 na mandíbula (Maestri et al. 2017). Os marcos anatômicos foram digitalizados utilizando o programa TPSDig2 (Rohlf, 2010). O tamanho de cada indivíduo foi avaliado a partir do tamanho do centróide (Bookstein, 1991).

### 3.3 Variação ambiental

As variáveis ambientais de cada localidade foram extraídas utilizando o programa QGIS 3.28. As variáveis foram extraídas para cada uma das localidades na escala de 1 km<sup>2</sup>. Foram extraídas duas variáveis bioclimáticas: temperatura média anual (Bio.1) e precipitação anual (Bio.12), e uma variável de elevação. Todas as variáveis utilizadas foram obtidas na base de dados Bioclimatic WorldClim. A escolha dessas variáveis baseou-se em outros estudos com mamíferos (Martnez e Cola, 2011; Maestri et al., 2016).

### 3.4 Processamento e análise de dados

Após a digitalização dos marcos anatômicos, estes foram sobrepostos pelo método Generalized Procrustes Analysis (GPA). A variação no tamanho do crânio entre as localidades foi analisada por meio de análises de variância (ANOVA). Para as análises geográficas, primeiro, o tamanho médio por localidade foi calculado e usado nas análises subsequentes. Para avaliar a associação existente entre o tamanho do crânio e mandíbula com as variáveis ambientais e geográficas utilizou-se uma análise de PLS (Mínimo Quadrados Parciais) para explorar a covariação entre o tamanho e as variáveis ambientais (Bio.1 e Bio.12) e as variáveis geográficas (latitude, longitude e altitude). Todas as análises foram realizadas usando o software MorphoJ (Klingenberg, 2011) e o software R (2019) com o pacote geomorph e funções base R.

## 4 Resultados e Discussão

A análise de variância demonstrou que existem diferenças significativas no tamanho dos crânios entre as localidades amostradas, para a vista dorsal (Df = 16; F = 11.69; P = <0.0001), vista ventral (Df = 16; F = 7.39; P = <0.0001), vista lateral (Df = 16; F = 11.55; P = <0.0001) e para a mandíbula (Df = 14; F = 4.89; P = <0.0001). As análises de PLS entre o tamanho do crânio e as variáveis ambientais não demonstraram nenhuma relação significativa para nenhuma das vistas analisadas (vista dorsal: R = 0.55; P = 0.26; vista ventral: R = 0.39; P = 0.21; vista lateral: R = 0.40; P = 0.20; mandíbula: R = 0.11; P = 0.88).

Pode-se observar variações maiores nos valores de centroide para as vistas dorsal, ventral, lateral e lateral da mandíbula nas localidades de Buri/SP, Itatiaia/RJ e Pedreira/SP. Já as

localidades de Anitápolis/SC e Araraquara/SP demonstraram maior variação no tamanho do centroide nas vistas ventral, lateral e na lateral da mandíbula. Os crânios provenientes de Blumenau/SC analisados também apresentaram uma certa variação nas vistas dorsal, ventral e lateral, sendo que na vista lateral houve a maior variação.

Diversas pesquisas desenvolvidas demonstram que tanto fatores geográficos (latitude, longitude e altitude) quanto fatores ambientais (precipitação, temperatura e produtividade primária) afetam o tamanho corporal de diversos grupos de mamíferos em regiões tropicais (Martínez e Cola, 2011; Cardini et al., 2013). De acordo com os resultados obtidos, observou-se diferenças significativas no tamanho dos crânios amostrados entre todas as localidades. De acordo com Maestri et al. (2017) a variação entre o tamanho do crânio é melhor explicada por mudanças tanto na precipitação quanto a produtividade primária. Essa afirmação vai de encontro com outros diversos autores que apresentam que a característica tamanho é muito mais adaptável e, portanto, mais suscetível a sofrer alterações de acordo com as condições ambientais (Cardini et al., 2013). Apesar dos resultados desse trabalho evidenciarem diferenças de tamanho entre as populações de *A. montensis*, nenhuma das nossas análises apresentou resultado significativo para uma correlação entre as variáveis ambientais e os crânios analisados. Desta forma, os resultados obtidos demonstram que as variáveis de precipitação, temperatura, bem como as variáveis geográficas não são responsáveis pelas diferenças de tamanho apresentadas pelos indivíduos amostrados.

## 5 Conclusão

Os resultados indicam uma grande variação no tamanho do crânio desses organismos ao longo da distribuição da espécie. Contudo, as variáveis geográficas (longitude, latitude e altitude), assim como as variáveis ambientais (temperatura e precipitação) não demonstraram resultados significativos que expliquem as variações apresentadas. Desta forma, a evolução fenotípica do crânio de roedores pode ser o produto de uma variedade de forças evolutivas e também a generalidade morfológica e comportamental da espécie.

## Referências Bibliográficas

- BOOKSTEIN, F.L. **Morphometric Tools for Landmark Data Geometric and Biology**. Cambridge University, Cambridge. .1991.
- CARDINI, A.; DUNN, J.; O'HIGGINS; P. & ELTON, S. Clines in Africa: does size vary in the same way among widespread subSaharan monkeys?. *Journal of Biogeography*, v. 40, n. 2, p. 370-381, 2013.
- GALIANO, D.; KUBIAK, B.B.; MARINHO, J.R. & FREITAS, T.R.O. Population dynamics of *Akodon montensis* and *Oligoryzomys nigripes* in an Araucaria forest of southern Brazil. *Mammalia*, v. 77, n. 2, p. 173-179, 2013.
- GONÇALVES, L. G. **Mamíferos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Pacartes, 212 p.;il. Color. ISBN 978-85-62689-93-2. 2014

- HANKEN, J.; THOROGOOD, P.. Evolution and development of the vertebrate skull: The role of pattern formation. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 8, n. 1, p. 9-15, 1993.
- KLINGENBERG, Christian Peter. MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. *Molecular ecology resources*, v. 11, n. 2, p. 353-357, 2011.
- MAESTRI, R. **Evolução morfológica na radiação dos roedores sigmodontíneos: ecologia e história evolutiva.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tese de doutorado. Porto Alegre. 2017
- MAESTRI, R.; FORNEL, R.; GONÇALVES, G. L.; GEISE, L.; DE FREITAS, T. R. O. AND CARNAVAL, A. C.. Predictors of intraspecific morphological variability in a tropical hotspot: comparing the influence of random and nonrandom factors. *Journal of Biogeography*, v. 43, n. 11, p. 2160-2172, 2016.
- MARROIG, G.; VIVO, M.; CHEVERUD, J. M. Cranial evolution in sakis (*Pithecia*, Platyrrhini) II: evolutionary processes and morphological integration. *Journal of evolutionary biology*, v. 17, n. 1, p. 144-155, 2004.
- MARTÍNEZ, J. J. AND COLA, V. D. Geographic distribution and phenetic skull variation in two close species of *Graomys* (Rodentia, Cricetidae, Sigmodontinae). – *Zool. Anz.* 250: 175-194. 2011.
- MONTEIRO, L.R.; REIS, S.F. Princípios de Morfometria Geométrica. Holos, Ribeirão Preto. 1999
- PARDINAS, U.; G. D'ELIA, V. F.; A. CHRISTOFF, L. GEISE. 2008. "Akodon montensis" (On-line). IUCN Red List of Threatened Species.
- ROHLF, F. TPSDig2. Department of Ecology and Evolution, Stony Brook, New York. 2010.

**Palavras-chave:** Akodontini; Crânios; Cricetidae; Roedores.

**Nº de Registro no sistema Prisma:** PES-2023-0534

**Financiamento:** IC-UFFS