



HIPÓTESES MACROEVOLUTIVAS SOBRE A VARIAÇÃO DO TAMANHO DO CORPO DE DINOSSÁUROS SAURISCHIA E ORNITISCHIA

CLEIBER MARQUES VIEIRA; ADRIANO ROBERTO VIEIRA DE SOUSA; PEDRO OLIVEIRA PAULO

RESUMO

Padrões de variação morfológica são comuns em grandes grupos taxonômicos distribuídos em longos períodos de tempo geológico. Estudos recentes tentaram determinar se tendências para o aumento ou diminuição do tamanho do corpo resultaram de forças direcionais persistentes (seleção natural) ou de tendências não direcionais (aleatórias) produzidas por um viés a partir de limites de restrição energético-funcional. Alguns autores têm caracterizado tais mecanismos como processos de tendência "ativa ou direcionada" e "passiva", respectivamente. A compreensão desses padrões de variação permite avaliar algumas hipóteses paleomacroecológicas, tais como a Regra de Cope (linhagens com maior extensão no tempo evolutivo tendem para tamanhos maiores). Esses padrões têm sido demonstrados para grandes grupos fósseis, tais como dinossauros. Alguns autores sugerem, por exemplo, que mudanças climáticas teriam condicionado tendências para variações no tamanho em diferentes cenários antigos. Foram analisados dados de tamanho (comprimento e peso) para 52 gêneros de dinossauros Ornithischia e Saurischia, extraídos da literatura, do Paleobiology Database e do Natural History Museum Database. Também foram obtidos dados do tempo médio de existência de cada gênero. Foram analisadas, separadamente, as correlações entre o tamanho e o tempo de existência para todas as linhagens. Não foi observado um ajuste para a Regra de Cope, a partir das análises com todos os gêneros. Entretanto, deve ser observado que o conjunto de dados analisado aqui representa apenas parte da variação total da linhagem (podendo representar um n reduzido, que não avaliou a variância total de tamanho do grupo). Há ainda o fato de que a regra de Cope poderia ser observada para as relações entre os grupos dentro da linhagem, já que se espera um efeito de inércia filogenética na evolução do tamanho do corpo dentro e entre as linhagens.

Palavras-chave: evolução morfológica; macroevolução; dinosauria; jurássico e cretáceo; regra de cope.

1 INTRODUÇÃO

A Paleomacroecologia consiste na análise, em larga escala espacial e/ou temporal, de dados relacionados com variáveis macroecológicas em espécies fósseis, tais como tamanho corporal e variações morfofisiológicas, biodiversidade e distribuição paleobiogeográfica. A diversificação dos dinossauros, especialmente durante os períodos Triássico e Jurássico, exemplifica uma grande variedade de tamanhos e formas corporais, revelando uma ampla paisagem adaptativa para esse grupo (BRUSATTE et al., 2019; BENSON et al., 2014; MCGILL et al. 2019). Mudanças na dieta, como a transição de carnívoros para herbívoros, são apontadas como impulsionadoras da especiação dentro de clados de dinossauros (MALLON, J. C.; ANDERSON, J. S., 2013; BATES, K. T. et al., 2016). As variações no

tamanho corporal são fundamentais em estudos macroevolutivos, pois refletem os processos e mecanismos que influenciaram a estruturação dos nichos passados dessas espécies (BENSON et al., 2014; MCGILL et al. 2019). Fatores ambientais, como temperatura, também moldam o tamanho corporal, refletidos em padrões como a regra de Bergmann e a regra de Cope, que consiste numa correlação positiva entre o aumento do tamanho médio de um clado com o seu tempo de existência (GUILLERME, T. et al., 2020). O gigantismo, em alguns casos, está associado a estratégias de eficiência na dieta, como evidenciado em clados de vertebrados herbívoros e dinossauros ornitíscios (GRADY, J. M., et al., 2014). Análises filogenéticas e não filogenéticas reforçam a aplicabilidade da regra de Cope em diversos grupos taxonômicos, incluindo mamíferos. Nesse contexto, este estudo propõe analisar dados macroecológicos de dinossauros Ornithischia e Saurischia, relacionando o tamanho corporal ao longo do tempo geológico com a Regra de Cope (CAMPIONE, N. E.; EVANS, D. C., 2012; CLARKE, A., 2013; VILLALOBOS et al, 2019).

O objetivo geral deste estudo é avaliar os padrões biogeográficos associados ao tamanho corporal em 52 gêneros de dinossauros, divididos nos grupos taxonômicos Ornithischia e Saurischia. Os objetivos específicos incluem a formatação de uma base de dados com informações fósseis, como local de registro, tamanho corporal e tempo de existência; a análise desses dados e suas correlações com a Regra de Cope; e a discussão dos possíveis mecanismos ecológicos subjacentes aos resultados observados.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A partir dos dados coletados na literatura e em bases de dados específicas, tais como o Paleobiology Database (www.paleobiologydatabase.org), foram analisados 52 gêneros fósseis distribuídos em dois grandes grupos taxonômicos da linhagem Dinosauria: Ornithischia e Saurischia.

Foram compilados os seguintes dados: o tamanho corporal (m), peso (kg), intervalo de tempo (milhões de anos) e local de registro do fóssil. Foram feitas análises, correlacionando os dados de tamanho corporal ao longo do tempo, em cada linhagem, para testar a Regra de Cope. Também foram feitas as distribuições de frequência dos dados. Para o grupo taxonômico Ornithischia, foram analisadas 21 espécies. Para o grupo taxonômico Saurischia foram analisadas 31 espécies. As correlações foram feitas comparando as variáveis dos grupos taxonômicos: peso, comprimento e existência temporal. Todas as análises e gráficos foram feitos no programa PAST4 for Mac (Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

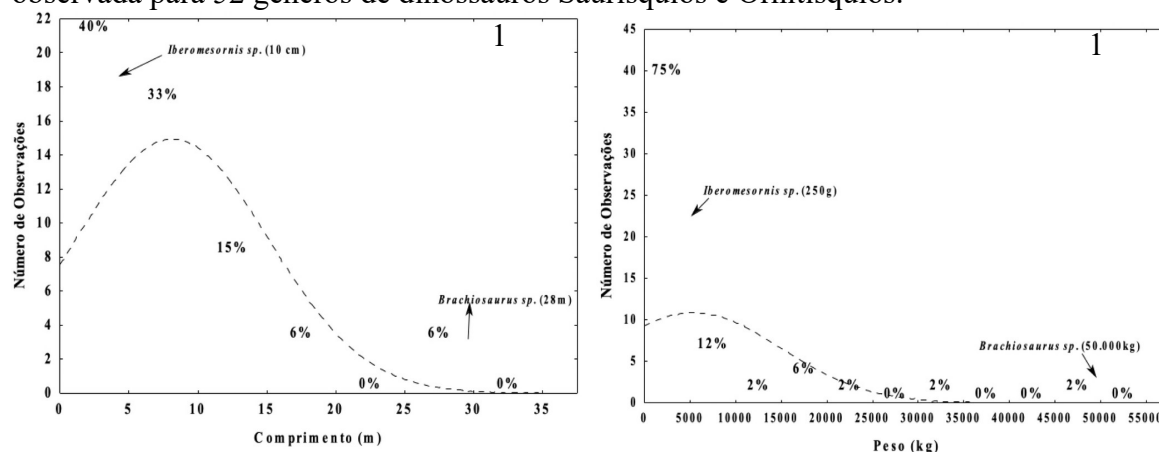
O tamanho corporal é relacionado com algumas vantagens evolutivas e a longevidade de grupos taxonômicos. A Regra de Cope é observável em alguns grupos taxonômicos como foraminíferos, trilobitas, pterossauros, saurópodos e mamíferos, sendo que o tamanho corporal, ou a massa corpórea, tende a aumentar ao longo de sucessivas linhagens.

Apesar de o gigantismo ser considerado uma característica definidora dos dinossauros, em grande parte pela excessiva atenção dada pelo cinema e TV aos grupos de grandes carnívoros (como a espécie *Tyrannosaurus rex*), uma análise geral da distribuição de tamanho da linhagem demonstra que mais de 40% dos gêneros analisados apresentaram tamanhos que variaram entre 10cm e 5m de comprimento e 75% dos pesos variando entre 250g e 5kg. O que é bastante distante dos respectivos, 28m de comprimento e 50000 kg de peso, que foram os extremos para os dados analisados neste aqui (figura 1A e 1B).

No presente trabalho obtivemos algumas correlações que indicam que o peso e o comprimento têm uma significância na medida em que uma das variáveis aumenta, sendo que

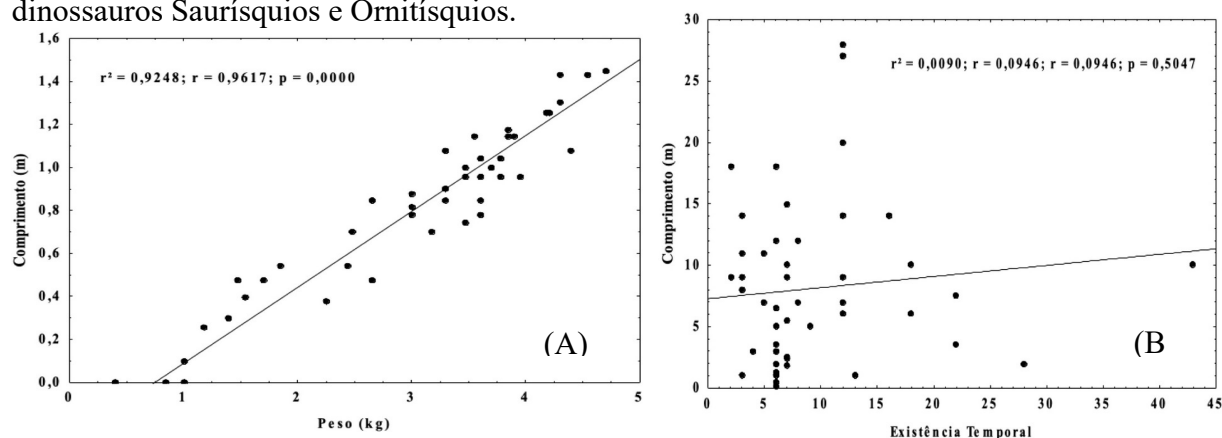
$r^2 = 0,9248$; $r = 0,9617$; $p = 0,0000$. Quando analisamos essas variáveis, correlacionando-as com a existência temporal, não obtivemos uma significância para os grupos taxonômicos analisados; para a variável peso x existência temporal obtivemos $r^2 = 0,0043$; $r = 0,0659$; $p = 0,6426$; para a variável comprimento x existência temporal obtivemos $r^2 = 0,0090$; $r = 0,0946$; $p = 0,5047$.

Figura 01. Distribuição de frequência para o comprimento, em m (1A) e peso, em kg (1B) observada para 52 gêneros de dinossauros Saurísquios e Ornitísquios.



Apesar da variação morfológica observada para os dinossauros, tamanho e peso parecem ter oscilado de forma mais ou menos uniforme, o que garantiu uma correlação positiva entre essas duas variáveis (figura 3). É importante, observar que para dinossauros (diferentemente, para outros grupos tais como, pterossauros, aves e morcegos p.ex.) as relações energético-funcionais que determinaram a evolução do tamanho geral do corpo parecem ter influenciado de forma mais ou menos semelhante tanto o comprimento quanto o peso ($r^2 = 0,9248$; $r = 0,9617$; $p = 0,0000$). Ou seja, provavelmente, ambas as variáveis responderam de forma parecida às pressões exercidas por mecanismos ecológicos e/ou evolutivos.

Figura 03. Relação entre o comprimento (m) e o peso (kg) (A), e o comprimento (m) e a extensão no tempo (ma) (B), para dados logaritimizados, observada para 52 gêneros de dinossauros Saurísquios e Ornitísquios.

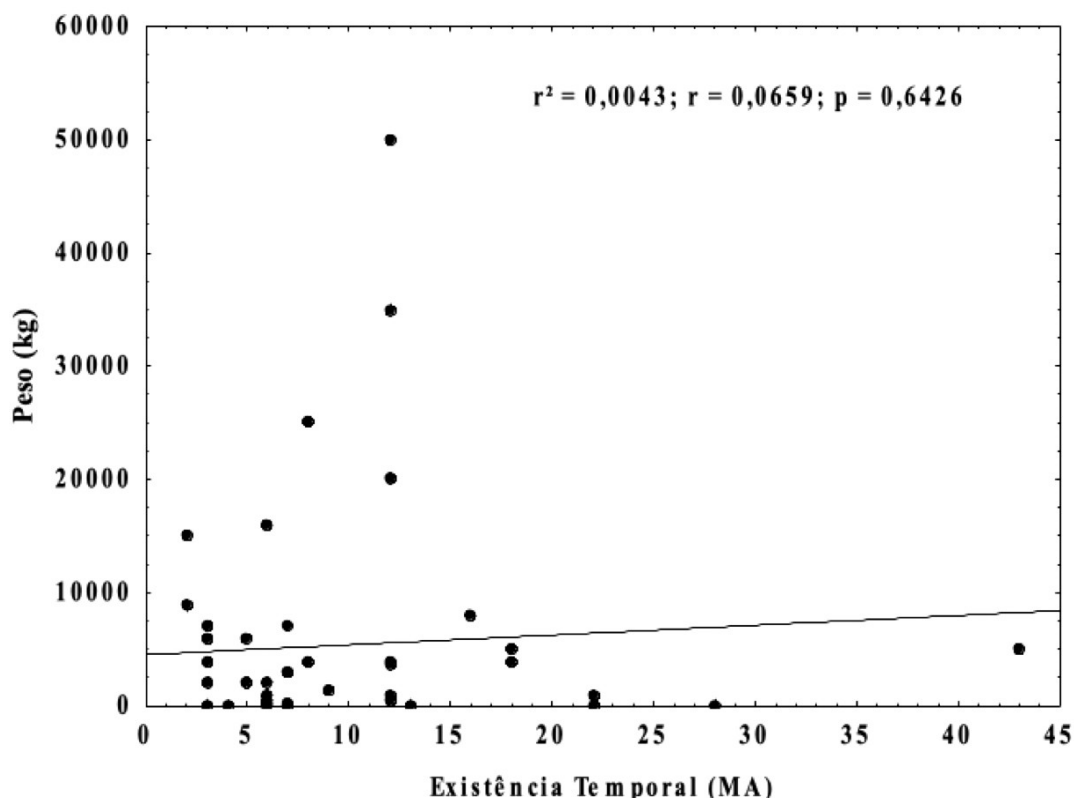


Uma análise geral dos dados observados aqui parece demonstrar uma inexistência de relação entre a extensão existência dos 52 gêneros de dinossauros Saurísquios e Ornitísquios no tempo e uma tendência aumento do tamanho do corpo (estimado tanto pelo comprimento, em metros, quanto pelo peso, em gramas). Foram observadas as correlações entre as variáveis

comprimento (m) e peso

(g) contra a variável existência temporal (estimada pelo tempo médio de existência de cada gênero). Não foi observada uma relação estatisticamente significativa para ambas as variáveis analisadas. Para a variável peso x existência temporal foi observado $r^2 = 0,0043$; $r = 0,0659$; $p = 0,642$ e para a variável comprimento x existência temporal foi observado $r^2 = 0,0090$; $r = 0,0946$; $p = 0,5047$.

Figura 4. Relação entre o peso (g) e a extensão temporal, observada para 52 gêneros de dinossauros Saurísquios e Ornítisquios.



4 CONCLUSÃO

Os resultados observados nesse trabalho parecem não corroborar os padrões esperados para grupos de grandes animais que apresentam uma alta longevidade na evolução das suas linhagens (como os que foram obtidos para análises feitas com mamíferos, aves e pterossauros, p.ex.). Inclusive, para dados obtidos em outros trabalhos com esse mesmo grupo. Entretanto, deve ser observado que o conjunto de dados analisado aqui representa apenas parte da variação total da linhagem (podendo representar um n reduzido, que não avaliou a variância total de tamanho do grupo). Há ainda o fato de que a regra de Cope poderia ser observada para as relações entre os grupos dentro da linhagem. É provável que resultados diferentes possam ser encontrados para análises semelhantes dentro das linhagens Saurischia e Ornithischia, já que se espera um efeito de inércia filogenética na evolução do tamanho do corpo dentro e entre as linhagens.

REFERÊNCIAS

BATES, K. T., et al. Temporal and phylogenetic evolution of the sauropod dinosaur body plan. **Royal Society Open Science**, 6(1), 181295. 2016.

BENSON, R. B. J., et al. Rates of Dinosaur Body Mass Evolution Indicate 170 Million Years of Sustained Ecological Innovation on the Avian Stem Lineage. **PLOS Biology**, 12(5), e1001853. 2014.

BRUSATTE, S. **Ascensão e queda dos Dinossauros: uma nova história de um mundo perdido**. Editora Record. 1ª Edição. RJ. 336 p. 2019.

CAMPIONE, N. E., & EVANS, D. C. A universal scaling relationship between body mass and proximal limb bone dimensions in quadrupedal terrestrial tetrapods. **BMC Biology**, 10(1), 60. 2012.

CLARKE, A. Dinosaur Energetics: Setting the Bounds on Feasible Physiologies and Ecologies. The **American Naturalist**, 182(3), 283-297. 2013.

GRADY, J. M., et al. Evidence for mesothermy in dinosaurs. **Science**, 344(6189), 1268–1272. 2014.

GUILLERME, T., et al. Disparities in the analysis of morphological disparity. **Biology Letters**, 16: 20200199. 2020.

HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T., RYAN, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica** 4(1): 9pp.

MALLON, J. C., & ANDERSON, J. S. Skull Ecomorphology of Megaherbivorous Dinosaurs from the Dinosaur Park Formation (Upper Campanian) of Alberta, Canada. **PLOS ONE**, 8(7), 2013.

MCGILL, B. J., Chase, J. M., Hortal, J. et al. Unifying macroecology and macroevolution to answer fundamental questions about biodiversity. **Global Ecology and Biogeography**, 28, 1925–1936. 2019.

VILLALOBOS F., et al. Spatial dimension of body size evolution in Pterosauria: Bergmann's rule does not drive Cope's rule. **Evolutionary Ecology Research**, 2017, 18: 1–18. 2017.