



# PADRÕES ESPACIAIS DA DIVERSIDADE FAUNÍSTICA DO CERRADO ATRAVÉS DA SELEÇÃO DE MODELOS UTILIZANDO O CRITÉRIO DE AKAIKE (AIC)

Marcel Müller Fernandes Pereira da Silva<sup>1,2</sup>, José Alexandre Felizola Diniz-Filho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Goiás, Departamento de Biologia Geral, Laboratório de Ecologia Teórica e Síntese, Caixa Postal: 131, CEP: 74001-970, Goiânia, GO, Brasil.

## INTRODUÇÃO

A predição da riqueza de espécies pode ser baseada em modelos regressivos nos quais o número de espécies é modelado em função de diversas variáveis ambientais, sócio-econômicas e climáticas. Como podem ser gerados diversos modelos possíveis, dependendo do número de variáveis utilizadas, usa-se um critério de seleção de modelos para avaliar quais variáveis estão mais influenciando a distribuição de espécies. Neste caso, o critério de Akaike é uma ferramenta que vem sendo bastante utilizada porque não lida com testes de hipóteses como faz a “stepwise selection” da regressão múltipla e pode trazer resultados mais próximos da realidade (Burnham & Anderson, 2004).

A seleção de modelos, a partir do critério de Akaike, entretanto, pode levar a falsas conclusões se na predição da riqueza de espécies não for considerada a autocorrelação espacial, caso exista. Quando se considera dados observacionais em grandes extensões territoriais, estes podem estar espacialmente autocorrelacionados, ou seja, os valores obtidos de pontos de coleta próximos entre si possuem valores similares mais do que esperado ao acaso. Neste caso há uma alteração dos pressupostos da estatística tradicional porque cada amostra deve ser independente uma da outra e na autocorrelação há dependência entre elas. Deste modo o tamanho amostral é sobrestimado e os resultados estatísticos serão incorretos, levando a falsas conclusões (Diniz-Filho *et al.*, 2003).

Se a autocorrelação for significativo utilizam-se modelos espaciais que considerem este efeito em seus cálculos. Deste modo, durante a seleção de modelos, as variáveis escolhidas não estarão enviesadas e trarão resultados mais compatíveis.

## OBJETIVO

O objetivo é utilizar a ferramenta de seleção de modelos através do critério de Akaike para avaliar qual ou quais modelos melhor explicam a

distribuição dos quatro grupos de vertebrados (anuros, répteis, aves e mamíferos) no bioma Cerrado.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo a ser considerada é o bioma Cerrado, em toda sua extensão sobre o território brasileiro, dividida em 181 quadrículas de 1°x 1°. Para cada quadrícula foi obtida a riqueza de espécies para os quatro grupos taxonômicos e as variáveis explanatórias agrupadas pelas seguintes hipóteses que poderiam explicar a distribuição espacial das espécies: energia ambiental, produtividade, heterogeneidade ambiental e sócio-econômicas.

Como os dados podem estar autocorrelacionados utilizou-se um modelo autoregressivo (SAR) que inclui o efeito espacial na matriz de covariância entre os resíduos. Foi utilizado também a regressão múltipla simples (OLS) para fins de comparação entre os dois modelos.

Primeiramente foram avaliados os pressupostos da regressão quanto à normalidade, homogeneidade e independência dos valores residuais dos modelos OLS e SAR. Este último item foi calculado através da autocorrelação espacial, utilizando-se os resíduos dos modelos com todas as variáveis presentes. Logo após foram construídos os modelos OLS e SAR, para cada grupo taxonômico, que melhor poderiam estar explicando a distribuição das espécies. Através do critério de Akaike foi feita uma classificação dos modelos nas quais as predições que mais se aproximaram dos dados reais ocuparam as primeiras posições e deste modo verificou-se quais as variáveis foram as melhores preditoras.

Foi avaliado também o grau de multicolinearidade dos modelos (Graham, 2003), visto que há algumas correlações significativas entre as variáveis explanatórias, tanto positivas quanto negativas. Utilizou-se o método do fator de aumento da variância. Ela indica o aumento da variância do coeficiente de regressão comparado quando não há multicolinearidade.

Foram feitas avaliações das diferenças entre os resultados provenientes do modelo OLS e SAR, em termos de grau de autocorrelação, valores do critério de Akaike, poder de explicação, seleção de variáveis e magnitude da multicolinearidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A normalidade dos resíduos não foi evidente para todos os modelos, apesar dos resíduos estarem bastantes próximos da distribuição normal de um modo geral. As variâncias dentro de cada grupo taxonômico foram homogêneas. Em relação à autocorrelação, a magnitude foi maior para o modelo OLS do que para o modelo SAR, ou seja, neste último modelo há menor grau de dependência entre os valores residuais, trazendo resultados mais estáveis.

O poder de explicação dos modelos SAR, para todos os grupos, foi maior do que o dos modelos OLS, avaliados a partir do critério de Akaike. A regressão OLS tende a selecionar, em seus melhores modelos, mais variáveis explanatórias do que o SAR e deste modo a multicolinearidade é mais presente na OLS do que o SAR, porque aumenta a probabilidade do modelo OLS conter as variáveis que se correlacionam entre si.

Os modelos SAR selecionam menos variáveis do que o OLS por causa da presença da autocorrelação espacial nos resíduos dos modelos. As variáveis que são bastante autocorrelacionadas tendem a ter efeitos mais fracos se o efeito espacial é controlado e deste modo os coeficientes são melhor estimados (Fotheringham *et al.*, 2002). As variáveis escolhidas pelo modelo SAR apresentaram menor grau de multicolinearidade. Caso sejam retiradas as variáveis que se correlacionam nos melhores modelos, o poder de explicação diminui por omissão da contribuição da variável.

Através do critério de Akaike, em todos os grupos taxonômicos, as variáveis mais importantes se relacionam à energia ambiental e à produtividade. Para répteis, inclui-se a heterogeneidade ambiental e uma variável sócio-econômica, o tamanho populacional humano do censo do ano 2000.

Os resultados dos modelos SAR confirmam em parte o que era esperado para latitudes tropicais (Hawkins *et al.*, 2003), ou seja, aves e mamíferos se relacionaram positivamente às variáveis de produtividade. Para anuros e répteis foi encontrada uma associação negativa não esperada entre riqueza destes grupos e temperatura, visto ser um importante componente para a fisiologia destes grupos (Allen *et al.*, 2002). Estes resultados podem

revelar a possível ausência de dados para estes dois últimos grupos.

## CONCLUSÃO

O critério de Akaike mostrou ser uma boa ferramenta ao selecionar os melhores modelos e as variáveis explanatórias mais importantes confirmaram, em parte, o que era esperado para explicar os padrões de riqueza bioma Cerrado. Entretanto, os desvios observados para anuros e répteis devem ser melhores explicados pela falta de dados do que o próprio critério de seleção. Ao levar em consideração as análises de autocorrelação espacial (pelos modelos autoregressivos) e a presença da multicolinearidade, o critério de Akaike demonstrou um desempenho melhor e resultados mais realistas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, A.P.; Brown, J.H.; Gyllooly, J.F. (2002). Global biodiversity, biochemical kinetics and the energetic equivalence rule. *Science* 297: 1545-1548.
- Burnham, K.P. & Anderson, D.R. (2002). Model selection and multimodel inference. Springer, NY
- Diniz-Filho, J.A.F.; Bini, L.M.; Hawkins, B.A. (2003) Spatial autocorrelation and red herrings in geographical ecology. *Global Ecology & Biogeography* 12: 53-64.
- Fotheringham, A.S.; Brunson, C.; Charlton, M. (2002) *Quantitative Geography : Perspectives on Spatial Analysis*. SAGE Publications.
- Graham, M.H. (2003) Confronting multicollinearity in ecological multiple regression. *Ecology*, 84(11), 2809-2815.
- Hawkins BA, R Field, HV Cornell, DJ Currie, JF Guegan, DM Kaufman, JT Kerr, GG Mittelbach, T Obedorff, EM O'Brien, EE Porter, JRG Turner. 2003b. Energy, water, and broad-scale geographic patterns of species richness. *Ecology* 84: 3105-3117.