

## INTEGRATIVIDADE: CONTRIBUIÇÕES SOBRE O USO DE SIG'S EM MODELAGENS DE DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES

Marjana Ferreira Mendes<sup>1\*</sup>

Luana Amaral dos Santos<sup>2</sup>

Mayara Ferreira Mendes<sup>3</sup>

**RESUMO** – Aqui, apresentamos os principais modelos SIG'S utilizados em estudos de modelagem de distribuição no Brasil, com diferentes sistemas operacionais, os quais vem contribuindo com modelos de distribuição de espécies em diferentes biomas. Descrever modelos de software mais explorados é também encorajar o uso das ferramentas SIG'S baseando-se mais eficientes em modelagens de distribuição no Brasil, informações relevantes para novos estudos que possam ser realizados futuramente.

**Palavras-chave:** Distribuição potencial; GARP; geoprocessamento; MaxEnt; planejamento.

## INTEGRATIVITY: CONTRIBUTIONS ON THE USE OF GIS IN SPECIES DISTRIBUTION MODELING

**ABSTRACT** – Here, we present the main GIS models used in studies with distribution modeling in Brazil, in different operating systems, which have been contributing to species distribution models in different biomes. Describing more explored software models is also encouraging the use of GIS tools based on more efficient distribution modeling in Brazil, relevant information for new studies that may be carried out in the future.

**Keywords:** Potential distribution; GARP; geoprocessing; MaxEnt; planning

---

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Federal de Pelotas (UFPeI), Pelotas, RS, Brasil.

\*Autor correspondente: marjanamendes17@hotmail.com

<sup>2</sup> Doutora em Entomologia pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR, Brasil. E-mail: luanasantos129@hotmail.com

<sup>3</sup> Pós-doutoranda no Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP), São Paulo, SP, Brasil. E-mail: ferreiramendesmayara@gmail.com

## INTRODUÇÃO

O surgimento de novas técnicas computacionais na década de 70, permitiram o avanço em análises para avaliar o impacto das variáveis ambientais na distribuição de espécie (AUSTIN, 1971; NIX et al., 1977; GUIBAN; THUILLER, 2005). Dentre essas técnicas está o geoprocessamento, o qual pode ser definido como o conjunto de tecnologias de coleta e tratamento de informações espaciais, e de desenvolvimento e uso de sistemas que as utilizam (RODRIGUES, 1990). E, neste contexto, destacam-se os Sistemas de Informações Geográficas SIG's que são destinados à aquisição e tratamento de dados georreferenciados, ou seja, referenciados espacialmente, os quais permitem a manipulação de dados de diversas fontes (imagens satélites, mapas topográficos, mapas de solos, hidrografia etc.), recuperando e combinando informações efetuando vários tipos de análises (ALVES, 1990).

As aplicações dos SIG's incluem exemplos como: monitoramento e análise ambiental; planejamento de uso da terra; manejo de recursos naturais; projetos de engenharia; manejo florestal (VETTORAZZI, 1992). Além disso, os SIG's possibilitam armazenar e manipular qualquer tipo de dado que possa ser associado a uma posição geográfica. A integração de modelos SIG's é um vasto campo para a ciência ligada ao geoprocessamento, meio ambiente e agricultura. Essa integração é resultado de uma expansão de pesquisas baseadas em modelos SIG no final da década de 1980, com aplicações para diferentes ciências (CARVER et al., 1995; SHIRMOHAMMADI et al.; 1994; HARTKAMP et al., 1999).

Nos últimos anos, ambientalistas ressaltam uma grande preocupação com a biodiversidade global diante de inúmeras invasões biológicas decorrente de ações antrópicas. Mack et al. (2000), salienta que essas invasões biológicas podem causar mudanças drásticas na diversidade de espécies, muitas vezes levando a um declínio ou extinção de espécies nativas. Logo, é importante o desenvolvimento de medidas preventivas, como modelos de distribuição de espécies para conservação natural de flora e fauna (HULME, 2006). A integração de SIG's, sensoriamento remoto, geoprocessamento e outras formas de mapeamento podem, então, servir como instrumento na elaboração de planos de conservação e manejo de espécies. Diferentes modelos SIG's podem ser utilizados para modelagens de distribuição, atuando de maneiras distintas conforme uma padronização de suas aplicações. Modelos SIG são capazes de gerenciar bancos de dados espaciais e dados de atributos, representados de forma vetorial ou material ou por códigos alfanuméricos armazenados em tabelas, respectivamente.

## METODOLOGIA

Aqui discorreremos sobre os principais softwares utilizados no Brasil, com a finalidade de apresentar os modelos disponíveis de forma gratuita para modelagens de distribuição de espécies, salientando quais as vantagens de cada modelo integrado ao SIG. A pesquisa de dados foi realizada em bases indexadas, como SciELO, Google Scholar, Periódicos Capes e Web of Science, foi realizada utilizando como critério de inclusão trabalhos que abordavam em seu contexto modelagens de espécies; softwares e aplicações em modelagens de distribuição e, distribuição potencial de espécies e modelos espaciais, selecionando assim softwares mais utilizados nos artigos publicados entre 1988 (ano em que foi publicada a primeiro registro de modelos) a 2023.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As buscas por softwares SIG's disponíveis de forma gratuita selecionam, em sua maioria, modelos associados a preocupação com invasões decorrentes de ações antrópicas. Destacamos aqui os três modelos mais utilizados: Quantum GIS, Maximum Entropy Modeling (MaxEnt) e Genetic Algorithm for Ruleset Production (GARP), os quais foram analisados e suas funcionalidades comparadas para um desempenho adequado na área biológica. É importante ressaltar que a limitação no uso desses modelos é a dificuldade em trabalhar uma grande quantidade de dados que descrevem a heterogeneidade dos sistemas naturais (GOODCHILD; BRADLEY; STEYAERT, 1993).

O Quantum GIS é um programa livre resultado do trabalho de um grupo de desenvolvedores, tradutores, autores de documentação e pessoas que ajudam no processo de lançamento de novas versões. Por tratar-se de um aplicativo baseado em uma biblioteca de código aberto, os usuários podem participar do processo de desenvolvimento do programa, escrevendo novas rotinas para as mais diversas aplicações relacionadas (MANGHI; CAVALLINI; NEVES, 2011).

O Maxent é um algoritmo que trabalha com o Princípio de Máxima Entropia, ligado à Teoria da Informação. De forma sucinta, o algoritmo busca a distribuição de probabilidades de ocorrência, dado um conjunto inicial de dados, que maximiza a função de máxima entropia. Tal função é a distribuição de dados mais adequada para descrever os dados iniciais, segundo tal princípio. Mas, uma vez que os dados iniciais não representam o conhecimento total do grupo (i.e., ele é incompleto), o algoritmo é sujeito a uma série de restrições que representam essa lacuna (PHILLIPS et al., 2006). Ainda que o princípio seja conhecido a muito tempo, sua aplicação na Ecologia (e Modelagem Ecológica) é recente e de ascensão rápida. O algoritmo de Máxima Entropia prediz a probabilidade de ocorrência das espécies encontrando a distribuição de máxima entropia, sujeita a uma série de restrições que representam o conhecimento incompleto da distribuição do grupo (PHILLIPS et al., 2006).

O GARP é também um algoritmo da família "Machine Learning", tradicionalmente aplicado em situações nas quais se busca exaustiva por todas as possibilidades, dado um conjunto inicial de dados, é muito extensa para ser realizada num espaço temporal razoável (STOCKWELL; NOBLE, 1992). É utilizado na Modelagem Ecológica com resultados favoráveis em uma gama ampla de situações, como potencial de espécies invasoras, localização de áreas de ocorrência favoráveis para direcionar esforços de coleta, elucidar padrões de distribuição, entre outros (ANDERSON et al., 2003). Várias implementações do GARP estão disponíveis atualmente, variando em detalhes técnicos de seu funcionamento, principalmente no que diz respeito à criação e manipulação de regras de inferência lógica para explicar a presença ou ausência das espécies no local analisado. Pode-se citar como vantagens dos modelos que atualmente existe um grande número de métodos disponíveis para modelagem. Dessa forma a escolha do método de elaboração baseou-se nas características definidas para os modelos, que são pautadas na distribuição potencial das espécies.

Por fim, salientamos que existem sim métodos mais apropriados para abordagens com estas características, principalmente ao que se refere à estimativa de distribuição potencial (JIMENEZ-VALVERDE et al., 2008). Mas, os modelos apresentados buscam maior uniformidade nos resultados, definem as características dos locais de ocorrência das espécies, sendo capazes de estimar a qualidade estatística do modelo final e possibilitando uma alta eficiência na conclusão das pesquisas.

## **CONCLUSÃO**

Neste trabalho, apresentamos diferentes softwares que podem intervir em processos biológicos, pois com o conhecimento e integração dessas técnicas podem servir de base para análises de manejos alternativos, que visam também à redução do impacto das atividades antrópicas.

## **AGRADECIMENTOS**

Este trabalho foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, D.S. Sistema de Informação Geográfica. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1, São Paulo. 1990. **Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. São Paulo: USP, Escola Politécnica, 1990. P.66-78.

ARONOFF, S. 1989. Geographic Information System: A Management Perspective, Canada, WDL Publications. BURROUGH, P.A. 1989. **Principles of geographical information systems for land resources assessment** – Monograph on Soil and Resource. Oxford: Claredon, 194p.

CARVER, S.; HEYWOOD, I.; CORNELIUS, S.; SEAR, D. Evaluating field-based GIS for environmental characterization, modeling decision support. **International Journal of Geographical Information Systems**, v.9, n.4, p.475-486, 1995.

GOODCHILD, M.; BRADLEY, P.; STEYAERT, I. 1993. Environmental modeling with GIS. New York: **Oxford University Press**, 488p.

HARTKAMP, A.D.; WHITE, J.W.; HOOGENBOOM, G. 1999. Interfacing geographical information systems with agronomic modeling: a review. **Agronomy Journal**, v.91, p.761-772.

HULME, P.E. 2006. Beyond control: wider implications for the management of biological invasions. **Journal of Applied Ecology**, v. 43, p.835-847. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01227.x>

KAGAN, H.; ROSSETO, C.F.; CUSTÓDIO, P.S.; MARTINS, W.C. 1992. Uso de Sistemas de Informações Geográficas no Planejamento de Transportes. In. 22 MENEGUETTE, A. 2000. **Courseware em Ciências Cartográficas** - Unesp - Campus de Presidente Prudente. MACK, R.N.,

SIMBERLOFF, D., LONSDALE, WM., EVANS, H., CLOUT, M. and BAZZAZ, F.A. 2000. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. **Ecological Applications**, v.10, p. 689-710. [http://dx.doi.org/10.1890/1051-0761\(2000\)010\[0689:BICEGC\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[0689:BICEGC]2.0.CO;2)

MANGHI, G.; CAVALLINI, P.; NEVES, V. 2011. Um Planeta Brasileiro sobre Tecnologias livres. **Revista FLOSSGIS Brasil**, v. 2, p. 10-15.

OLIANI, L.O.; PAIVA, C.; ANTUNES, A.F.B. Utilização de softwares livres de geoprocessamento para gestão urbana em municípios de pequeno e médio porte. In: **IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**, Recife, 2012. Anais... Recife: Universidade Federal do Paraná, 2012. p. 001-008.

RODRIGUES, M. Introdução ao geoprocessamento. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1, São Paulo, 1990. Anais. São Paulo: Escola Politécnica, 1990. p. 1-26.

SHIRMOHAMMADI, A.; MAGETTE, W.L.; BEKDASH, F.A. 1994. Environmental evaluation of agricultural practices using modeling and GIS technologies. In: **Word Congress**

**and Ageng'94 Conference on Agricultural Engineering**, 12, Milan, 1994. Milan: CIGR, 1994. p. 68-78.

VETTORAZZI, C. A. Simulação de escoamento e de produção de sedimentos em uma microbacia hidrográfica utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento. 2002. 165f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Curso de Pós-graduação em Agronomia, Área de concentração: Irrigação e Drenagem, Universidade de São Paulo.