

# ABORDAGEM ESPACIALMENTE EXPLÍCITA, HIERÁRQUICA E MULTIESCALAR PARA ANÁLISES DE DISTRIBUIÇÃO E PERSISTÊNCIA DE ESPÉCIES, POPULAÇÕES E HÁBITATS EM PAISAGENS HETEROGÊNEAS.

**Maria Lucia Lorini<sup>1234</sup>, Vanessa Guerra Persson<sup>235</sup>, Irene Garay<sup>13</sup> e Jorge Xavier-da-Silva<sup>23</sup>**

(1) Laboratório de Gestão da Biodiversidade, Dep. Botânica, IB, (2) Laboratório de Geoprocessamento, Dep. Geografia, IGEO, (3) Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGG, Dep. Geografia, IGEO, Universidade Federal do Rio de Janeiro (4) Bolsista CAPES, (5) Bolsista CNPq. ([marialucia.lorini@gmail.com](mailto:marialucia.lorini@gmail.com))

## Introdução

Um dos maiores desafios do séc. XXI certamente consiste na geração de maneiras otimizadas de gestão territorial das paisagens, que conjuguem a obtenção do máximo benefício social com o mínimo de deterioração ambiental e erosão de biodiversidade em longo prazo. Contudo, para encarar este desafio é necessário trabalhar com sistemas complexos naturais (abióticos e bióticos) e antrópicos (sócio-culturais, econômicos) interagentes, que refletem heterogeneidades espaço-temporais em múltiplas escalas. Do ponto de vista teórico-conceitual, as abordagens mais robustas para tratar a complexidade e a heterogeneidade espacial correspondem respectivamente às teorias da Hierarquia e da Dinâmica de Manchas (WU, 1999). A partir da integração destas duas teorias emergiu um novo arcabouço teórico denominado Dinâmica Hierárquica de Manchas - DHM (*Hierarchical Patch Dynamics - HPD*) (WU, 1999), que enfatiza os relacionamentos dinâmicos entre padrão, processo e escala em um contexto de paisagem, apresentando-se como uma abordagem hierárquica coerente e espacialmente explícita para estudar sistemas complexos. Do ponto de vista metodológico-operacional, acreditamos que a teoria DHM implementada em ambiente de Sistema Geográfico de Informação pode ainda fornecer um arcabouço coerente para integrar novos métodos avançados das geotecnologias, da inteligência computacional, da Informática para Biodiversidade e de modelagem geográfica e ecológica. Nesta concepção a DHM configura-se como um ambiente criativo de integração e análise, com grande potencial para auxiliar o entendimento de processos complexos envolvidos na dinâmica das paisagens e da biodiversidade e para apoiar o desenvolvimento de melhores estratégias para sua gestão. Este trabalho procurou investigar a possibilidade de desenvolver esta abordagem integrativa, implementando uma proposta metodológica desta natureza em um estudo de caso real.

## Objetivos

Desenvolver um arcabouço metodológico integrativo, espacialmente explícito, hierárquico e multiescalar para análises de padrões e processos que configuram a distribuição e a persistência de espécies, populações e habitats em paisagens heterogêneas.

## Métodos

A base teórico-conceitual utilizada para o desenvolvimento deste arcabouço metodológico-operacional é a Dinâmica Hierárquica de Manchas, implementada através da estratégia de modelagem em múltiplas escalas, a abordagem de “escada escalar” proposta em WU (1999) e WU & DAVIS (2002). A estratégia compreende três etapas: (1) identificar a hierarquia de manchas adequada; (2) fazer observações e desenvolver modelos em níveis focais e (3) extrapolar informação hierarquicamente através dos domínios de escala. Entendida como a parametrização de nossa janela de percepção da realidade, escala é aqui definida como o período de tempo e espaço sobre o qual sinais são integrados para dar uma mensagem (ALLEN & STARR, 1982), podendo ser caracterizada em termos de seu grão e extensão. A base operacional para o desenvolvimento desta metodologia foi construída em ambiente georreferenciado, utilizando SGIs para integrar diversas ferramentas de análise e modelagem. O estudo de caso apresentado envolve a distribuição e persistência de uma espécie criticamente ameaçada de extinção, o mico-leão-da-cara-preta (*Leontopithecus caissara*). Contudo, a abordagem desenvolvida aplica-se a qualquer elemento biótico alvo (e.g. espécies chave, de uso econômico, vetores de doenças, invasoras, ameaçadas etc.). Esta espécie foi escolhida como alvo em função da disponibilidade dos dados, oriundos das pesquisas do Projeto Mico-Leão-da-Cara-Preta e do GEOBIOTA (Grupo de Pesquisas em Geografia de Biodiversidade -UFRJ/CNPq), que possibilitam desenvolver desde análises biogeográficas retrospectivas até análises de viabilidade de populações. Cabe também notar que *L. caissara*, descrito apenas em 1990, tem papel emblemático na temática da biodiversidade do Brasil, representando um dos 25 primatas mais ameaçados do mundo e uma espécie flâmula e guarda-chuva para a conservação da Mata Atlântica no litoral sul. Em função destas características, a metodologia desenvolvida aborda análises de status de conservação segundo conceitos e critérios da IUCN (2001).

## Resultados

Demonstramos a seguir um roteiro de implementação da abordagem integrativa DHM/SGI na estratégia de “escada escalar”, utilizando como exemplo o modelo desenvolvido para o caso do mico-leão-da-cara-preta. Em primeiro lugar descreveremos a arquitetura desenhada para a hierarquia de manchas, definidora dos níveis hierárquicos adequados para decompor a complexidade e facilitar o tratamento da questão. Seguindo recomendações da literatura O'NEILL *et*

al.,1986; BURNETT & BLASHKE, 2003), que indicam um mínimo de três níveis para estudos analíticos, definimos a seguinte arquitetura com cinco níveis hierárquicos:

- Nível +2, Nicho fundamental: extensão - bioma/continental; grão - 1 km
- Nível + 1, Distribuição: extensão - macrorregional; grão - 1 km a 100 m
- Nível 0, Metapopulação: extensão - paisagem regional; grão - 100 a 30 m
- Nível - 1, População: extensão - paisagem local; grão - 30 m
- Nível - 2, Hábitat: extensão - local; grão - 30 a 1 m

Esta arquitetura é empregada como “escada escalar” para o trânsito de dados e informação entre os domínios de escala e para o desenvolvimento e aplicação de modelos nos níveis focais, onde níveis superiores indicam restrições e condições de contorno e níveis inferiores fornecem explicações mecanísticas e condições de início. Ao longo desta “escada escalar” a metodologia está estruturada segundo o encadeamento das seguintes atividades de investigação:

- Inventário dos registros de ocorrência de *L. caissara* e das variáveis ambientais e construção do banco de dados georreferenciados.

- Geração do modelo de favorabilidade do ambiente para o mico-leão-da-cara-preta, através de modelagem de nicho ecológico em abordagem correlativa entre registros e variáveis ambientais, com uso de algoritmo genético (GARP) (ver SOBERÓN & PETERSON, 2005). Segue-se a validação do modelo com conjunto de dados independente dos usados na sua construção.

- Identificação do hábitat potencialmente disponível para a espécie, que corresponderia à projeção do seu nicho fundamental no espaço geográfico.

- Delimitação da distribuição geográfica de *L. caissara* e sua expressão em termos de extensão de ocorrência e área de ocupação (*sensu* IUCN, 2001), através da análise do hábitat potencial e dos registros de ocorrência, com uso de operações de overlay e traçado de polígono convexo mínimo.

- Análise da estrutura do hábitat para as populações do mico-leão-da-cara-preta, com o mapeamento das localidades de populações e metapopulações, criando um modelo de conectividade/fragmentação que efetua o reconhecimento de manchas a partir da favorabilidade do ambiente, da capacidade de dispersão e da distância-custo calculada sobre o mapa de proximidades da área de ocupação versus uma superfície de atrito ambiental.

- Análise da dinâmica do hábitat da espécie, através de monitorias de séries temporais para obtenção de taxas de declínio do hábitat, bem como de probabilidades e regras de transição para mudanças de estado do hábitat.

- Análise do status de proteção do hábitat de *L. caissara* e indicação de áreas para ações de manejo, efetuada como análise de lacunas correlacionando a distribuição de hábitats e populações da espécie com a rede de áreas protegidas.

- Classificação do status de conservação de *L. caissara* (*sensu* IUCN) na situação atual, bem como em cenários otimista (simulando ações positivas de proteção e recuperação de hábitat) e pessimista (simulando ações de impacto negativo sobre o hábitat).

## Conclusão

A proposta metodológica desenvolvida no estudo de caso demonstra a aplicabilidade da abordagem integrativa DHM/SGI, que pode representar um veículo cientificamente embasado para explorar paisagens complexas. Tal arcabouço metodológico pode contribuir para um melhor entendimento de como a dinâmica de fatores abióticos, bióticos e antrópicos configura heterogeneidades espaço-temporais às paisagens e como isto afeta a dinâmica da distribuição da biodiversidade em escalas locais, regionais e globais; ou ainda como a dinâmica de perturbações naturais e antrópicas reflete-se na evolução dos limites geográficos da biodiversidade e na transformação das paisagens e quais as implicações para os processos de diferenciação, fragmentação, extinção e invasão de espécies. Parece lícito concluir que este arcabouço integrativo DHM/SGI configura-se bastante promissor para uma instrumentação sólida, robusta e flexível para catalizar pesquisa científica interdisciplinar, assim como para fornecer apoio eficaz para decisões de gestão territorial e de manejo e conservação da biodiversidade, sobretudo em paisagens complexas como as que caracterizam o domínio da Mata Atlântica.

## Referências Bibliográficas

- ALLEN, T.F., STARR, T.B., 1982. *Hierarchy: perspectives for Ecological Complexity*. Univ. Chicago Press, Chicago.
- BURNETT, C., BLASCHKE, T., 2003. A multi-scale segmentation/object relationship modelling methodology for landscape analysis. *Ecological Modelling* 168: 233-249.
- IUCN, 2001. *IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1*. IUCN, Gland, Switzerland.
- O'NEILL, R.V., DE ANGELIS, D.J., WAIDE, J.B., ALLEN, T.F., 1986. *A Hierarchical Concept of Ecosystems*. Princeton University Press, Princeton.
- SOBERÓN, J., PETERSON, A.T., 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics* 2: 1-10.
- WU, J., 1999. Hierarchy and scaling: extrapolating information along a scaling ladder. *Can. J. R. Sensing* 25 (4): 367-380.
- WU, J., DAVIS, J.L., 2002. A spatially explicit hierarchical approach to modelling complex ecological systems: theory and applications. *Ecological Modelling* 153: 7-26.