Introduction to Hierarchical Modeling in Ecology

Introdução à Estimativa de Parâmetros Populacionais em Ecologia

Disciplina do Programa de Pós-Graduação em Ecologia

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

29 de abril a 6 de maio, 2018

**Professor:** Gonçalo Ferraz ♦ **Monitores:** Guilherme Morés, Michelle Abadie Vasconcellos, Viviane Zulian e colaboradores ♦ **Apoio de Secretaria:** Paula Flores ♦ **Alunos:**a determinar

##### Introdução

Esta disciplina apresenta princípios de modelagem estatística e estimativa de parâmetros populacionais com base em dados reais e em dados simulados. O programa parte da distinção entre trabalho teórico e empírico, aborda a importância da incerteza na ecologia e exemplifica o ajuste de modelos estatísticos a dados sob a perspectiva Bayesiana ou de Verossimilhança Máxima. Os exemplos de modelagem usarão dados de contagem de animais não marcados, de marcação e recaptura e de detecção de espécies. No último dia abordaremos a utilidade da estimativa de parâmetros para o monitoramento e manejo de biodiversidade. Da parte da manhã teremos duas horas de aula teórica e da parte da tarde duas horas e meia de aula prática, com intervalos em ambas as sessões. O componente prático será inteiramente desenvolvido no ambiente R.

##### Local

Estação Experimental Agronômica da UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil

##### Avaliação

50% Exercícios no R e análise de dados

50% Prova final

**Calendário**

Dia 1: Teoria vs. empirismo

Dia 2: Incerteza

Dia 3: Modelos hierárquicos

Dia 4: Ocupação de sítios

Dia 5: Parâmetros demográficos

Dia 6: Monitoramento e manejo

CONTEÚDO DETALHADO

**Dia 1: Teoria vs. Empirismo**

Apresentação da disciplina e discussão das dicotomias cruzadas entre trabalho teórico/empírico entre pensamento determinístico/estocástico. Prática de introdução à programação no ambiente R.

Tópicos de Estudo:

* Distinção entre teoria e empirismo.
* Distinção entre determinismo e estocasticidade.
* Exemplos de trabalho teórico determinístico, teórico estocástico, empírico determinístico e empírico estocástico.
* Função dos espaços pasta, área de trabalho e memória RAM no R.
* Regras básicas de sintaxe no R.
* Comandos de controle de fluxo *if*, for e *while*.
* Como identificar erros em uma função do R.

Leitura:

Cnow, C. P. (1961) The Two Cultures and The Scientific Revolution—The Reed Lecture, 1959. Cambridge University Press. New York.

Slobodkin, L. B. (2001) The good, the bad and the reified. *Evolutionary Ecology Research* 3: 1-13.

Haller, B. C. (2014) Theoretical and empirical perspectives in ecology and evolutionary biology. *BioScience* 64: 907-916

Wootton, D. (2016) The Invention of Science: A New History of the Scientific Revolution. Harper. New York. (Capítulo 1: *Modern Minds*)

**Dia 2: Incerteza**

Incerteza epistemológica e incerteza verbal na ciência e na ecologia. Conceitos básicos de probabilidade. Prática de simulação e estimativa de parâmetros de um modelo linear.

Tópicos de Estudo:

* Os quatro ‘ídolos’ de Francis Bacon
* A dicotomia como um dos ídolos da tribo mais presentes em ecologia.
* Dois tipos de conceito na ciência: conceitos ‘axiomáticos’ e ‘reificações’.
* Como a reificação fragiliza a relação entre duas entidades
* O paradoxo de Simpson como exemplo de incerteza perante números.
* O princípio de incerteza de Cohen (1986), limite para o realismo de um modelo
* Tipos de incerteza epistemológica e incerteza verbal de Regan et al. (2002)

Leitura essencial:

Gould, S. (2000) Deconstructing the“ science wars” by reconstructing an old mold. *Science* 287: 253–261.

Cohen, J. E. (1986) An uncertainty principle in demography and the unisex issue. *American Statistician*, *40*(1): 32–39.

Regan, H. M., Colyvan, M. & Burgman, M. A. (2002) A taxonomy and treatment of uncertainty for ecology and conservation biology. *Ecological Applications* 12: 618-628.

Leitura sugerida:

Matthiopoulos, J. (2011) *How to Be a Quantitative Ecologist*. John Wiley & Sons. Chichester, UK. Capítulo 8.

Ellenberg, J. (2014) *How Not to Be Wrong*. The Penguin Press. New York, USA. Capítulo 6.

Levins, R. (1966) The strategy of model building in population biology. *American Scientist* 54: 421-431

Pimm, S. L. (1991) *The Balance of Nature?*The University of Chicago Press. Chicago, USA.

**Dia 3: Modelos Hierárquicos**

Ajuste de um modelo linear a dados no contexto de máxima verossimilhança e no contexto Bayesiano. Noções básicas de seleção de modelos. Forma canônica da estimativa de parâmetros populacionais e introdução aos modelos hierárquicos como estratégia de redução da incerteza. Prática de GLM com dados de ocupação de sítios.

Tópicos de estudo:

* Regras básicas de cálculo de probabilidades
* Conceito de verossimilhança e de estimativa de verossimilhança máxima
* Comparação entre Bayes e verossimilhança na estimativa de parâmetros
* Origem e significado do AIC; relação com veross. e teoria de informação
* Significado e implicações da inferência multi-modelos
* Forma canônica da modelagem de populações e dois desafios recorrentes
* O que é um modelo hierárquico e como ele se encaixa na classificação ML
* Diferença amostragem de conveniência e amostragem probabilística
* Diferença entre índices e estimadores estatísticos de parâmetros de interesse.

Leitura essencial:

Burnham, K. P. & Anderson, D. R. (2004) Multimodel inference: understanding AIC and BIC in model selection. Sociological Methods & Research 33: 261-304 (ler páginas 261-275)

MacKenzie, D. I., Nichols, J. D., Royle, J. A., Pollock, K. H., Bailey, L. L., & Hines, J. E. (2006) *Occupancy Estimation and Modeling: Inferring Patterns and Dynamics of Species Occurrence*. Capítulo 1.

Anderson, D. R. (2001). The need to get the basics right in wildlife field studies. *Wildlife Society Bulletin* *29*: 1294–1297.

Leitura sugerida:

Matthiopoulos, J. (2011). *How to Be a Quantitative Ecologist*. John Wiley & Sons*.* Chichester, UK. Capítulos 8-11.

Ellenberg, J. (2014) *How Not to Be Wrong*. The Penguin Press. New York, USA. Capítulo 1 e Capítulo 10.

**Dia 4: Ocupação de sítios**

Variações sobre modelagem hierárquica I: dados faltantes, variação de esforço e covariáveis ambientais em modelos de ocupação de sítios. Diferentes tipos de modelo de ocupação de sítios. Prática de simulação e análise de dados de ocupação de sítios com variação de esforço.

Tópicos de estudo:

* Importância da simulação de dados no desenvolvimento de modelos
* Significado de 'ocupação de sítios', vantagens e desvantagens do conceito
* Expressão matemática da verossimilhança de uma história de detecção
* Covariáveis e dados faltantes nos modelos de ocupação de sítios
* Exigências e principais decisões em uma amostragem de ocupação de sítios
* Aplicações de modelos de ocupação de sítios em ecologia e epidemiologia
* Desenho robusto de Pollock e modelos de dinâmica de ocupação de sítios
* Falsos-positivos e falsos-negativos na análise de ocupação de sítios
* Significado e aplicabilidade dos modelos multi-estados de ocupação de sítios.

Leitura essencial

MacKenzie, D. I., Nichols, J. D., Lachman, G., Droege, S., Royle, J. A., & Langtimm, C. (2002). Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. *Ecology* 83: 2248–2255.

MacKenzie, D. I., Royle, J. A. (2005) Designing occupancy studies: general advice and allocating survey effort. *Journal of Applied Ecology* 42: 1105-1114.

Padilla-Torres, S. D., Ferraz, G., Luz, S. L. B., Zamora-Perea, E. & Abad-Franch, F. (2013) Modeling Dengue vector dynamics under imperfect detection: three years of site-occupancy by Aedes aegypti and Aedes albopictus in urban Amazonia. *PLoS ONE* 8: e58420.

Bailey, L. L., MacKenzie, D. I. & Nichols, J. D. (2013). Advances and applications of occupancy models. *Methods in Ecology and Evolution* 5: 1269-1279

Leitura sugerida

Figueira, L., Tella, J. L., Camargo, U. M. e Ferraz, G. (2015). Autonomous sound monitoring shows higher use of Amazon old growth than secondary forest by parrots. *Biological Conservation* 184: 27–35.

Ferraz, G., Nichols, J. D., Hines, J. E., Stouffer, P. C., Bierregaard, Jr., R. O. & Lovejoy, T. E. (2007) A large-scale deforestation experiment: effects of patch area and isolation on Amazon birds. *Science* 315: 238-241.

**Dia 5: Estimativa de parâmetros demográficos**

Variações sobre modelagem hierárquica em ecologia II: estimativa de parâmetros demográficos, com especial atenção à estimativa de sobrevivência aparente. Prática de simulação e análise de dados de marcação-recaptura para estimativa de sobrevivência.

Tópicos de estudo:

* Diferenças entre dados de ocupação de sítios e de marcação-recaptura
* Características básicas e premissas do modelo Cormack-Jolly-Seber
* Desenho robusto de Pollock na análise de dados de marcação recaptura
* Expressão matemática da verossimilhança de uma história de captura
* Limites para a identificabilidade de parâmetros em análise de sobrevivência
* Significado de um perfil e de uma superfície de verossimilhança
* Significado geométrico da incerteza de uma estimativa de veross. máxima
* Exemplo(s) de aplicação do modelo Cormack-Jolly-Seber em ecologia
* Modelos multi-estados para análise de dados de marcação-recaptura

Leitura essencial:

Cooch, E. G., & White, G. C. (2004). *Program Mark: A gentle introduction*. Cap. 1.

Lebreton, J.-D., Nichols, J. D., Barker, R. J., Pradel, R. & Spendelow, J. A. (2009) Modeling individual animal histories with multistate capture-recapture models. *Advances in Ecological Research* 41: 87-173 (ler páginas 88-99)

Karr, J. R., Nichols, J. D., Klimkiewicz, M. K. & Brawn, J. D. (1990) Survival rates of birds of tropical and temperate forests: will the dogma survive? *The American Naturalist* 136: 277-291.

Lachish, S., Knowles, S. C., Alves, R., Wood, M. J. & Sheldon, B. C. (2011) Fitness effects of endemic malaria infections in a wild bird population: the importance of ecological structure. *Journal of Animal Ecology* 80: 1196-1206.

Leitura sugerida:

Matthiopoulos, J. (2011). *How to Be a Quantitative Ecologist*. John Wiley & Sons*.* Chichester, UK. Capítulos 1 e 11.

**Dia 6: Monitoramento e Manejo**

Aplicação dos princípios de modelagem hierárquica no monitoramento e manejo.

Tópicos de estudo:

* Aplicabilidade das ideias de Platt (1964) na ecologia do século XXI
* Perguntas prioritárias no monitoramento: Porquê? O quê? Como?
* Grandes programas de monitoramento de diversidade biológica no Brasil
* Pré-definição de desenho e técnicas de amostragem no licenciamento
* Ciclicidade das licenças de operação e manejo adaptativo
* Definição e condições para a viabilidade do manejo adaptativo
* Principais etapas do manejo adaptativo

Leitura essencial:

Platt, J. R. (1964) Strong inference - Certain systematic methods of scientific thinking may produce much more rapid progress than others. *Science*, 146: 347–353.

Yoccoz, N., Nichols, J. D. & Boulinier, T. (2001) Monitoring of biological diversity in space and time. *Trends in Ecology & Evolution* 16: 446-453.

Ferraz, G. (2012) Twelve guidelines for biological sampling in environmental licensing studies. *Natureza & Conservação* 10: 1-7.

Williams, B. K., Szaro, R. C. & Shapiro, C. D. (2007) *Adaptive management: the US Department of the Interior technical guide*. U. S. Department of the Interior, Washington, DC, USA.

Leitura sugerida:

Danielsen, F., Mendoza, M. M, Alviola, P., Balete, D. S., Enghoff, M., Poulsen, M. K. & Jensen, A. E. (2003) Biodiversity monitoring in developing countries: what are we trying to achieve? *Oryx* 37: 407-409.

Yoccoz, N. G., Nichols, J. D. & Boulinier, T. (2003) Monitoring of biological diversity – a response to Danielsen et al. *Oryx* 37: 410-410.