

# 3. Modelos de ocorrência: uma espécie, uma estação



# Resumo

## 1. Introdução

Motivações

Detecção imperfeita

Histórico de detecções

## 2. Modelo de uma estação e uma espécie

Parâmetros estimados

Premissas

Covariáveis

Outros modelos

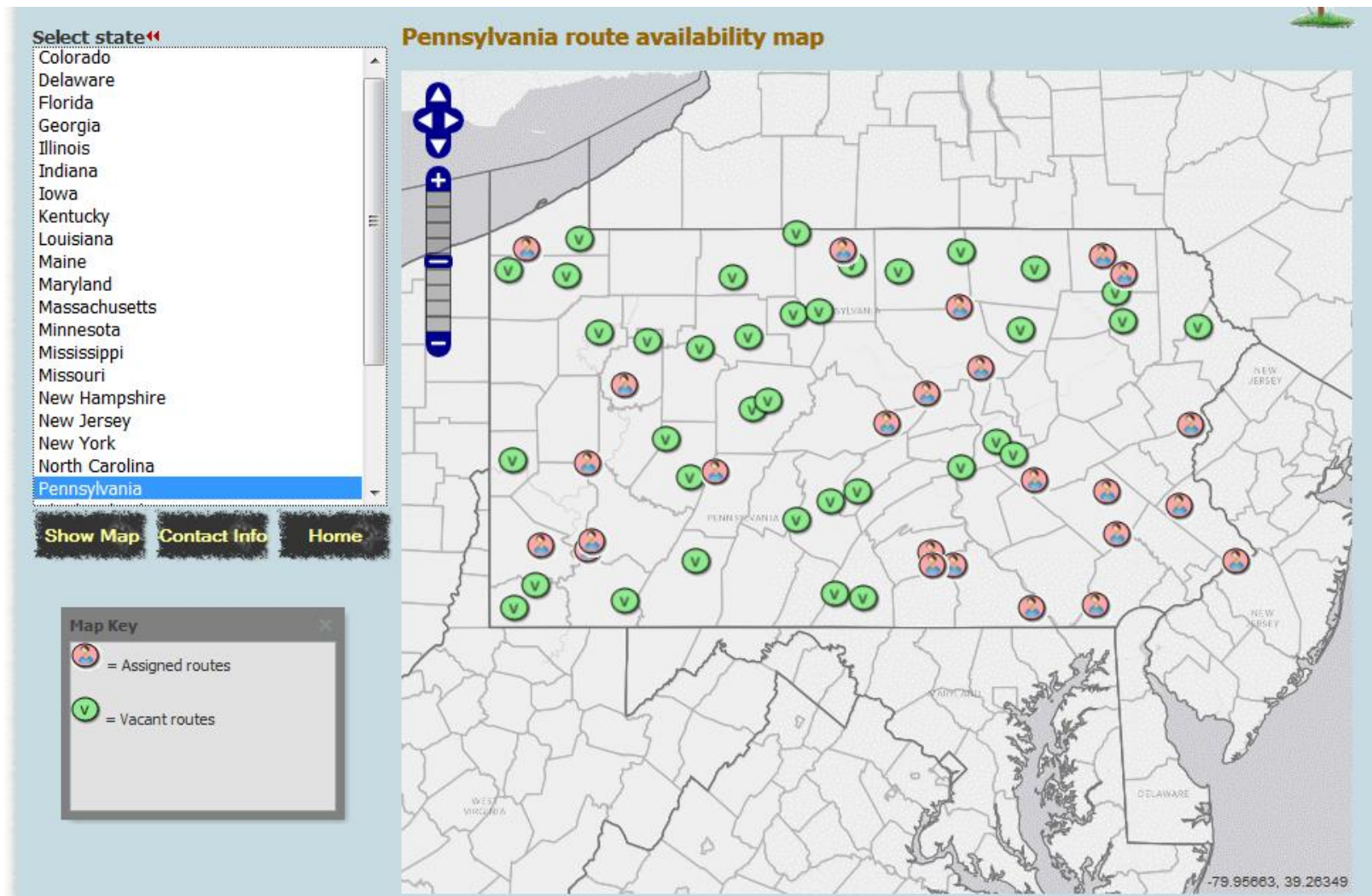
## 3. Desenho Amostral

# 1. Introdução

## ▶ Monitoramentos de larga escala

- North American Amphibian Monitoring Program
- North American Breeding Bird Survey

# Monitoramentos de larga escala



# Monitoramentos de larga escala

The image shows a screenshot of the NAAMP Volunteer Website. At the top, there is a green header with the USGS logo and the text "Patuxent Wildlife Research Center North American Amphibian Monitoring Program". Below this is a section titled "NAAMP Volunteer Website" which contains a form with two rows of input fields and buttons. The first row has "Route Number:" and "Observer ID:" input boxes, and a "Route & Quiz Info" button. The second row has "Survey Date:" (with a subtext "(mm/dd/yyyy)") input box, "Window Number:" dropdown menu, and an "Enter data" button. Below the form is a green box with two bullet points: "To enter data: enter requested data into each box and click 'Enter data'" and "To view route and quiz information: enter Route Number and ObserverID and click 'Route & Quiz Info'". At the bottom, there is a footer with links for Accessibility, FOIA, Privacy, Policies and Notices, OMB NO. 1028-0078, U.S. Department of Interior, U.S. Geological Survey, Patuxent Wildlife Research Center, the website URL, contact information for Linda Weir, and the last modified date: 09/28/2011.

**USGS**  
Patuxent Wildlife Research Center  
North American Amphibian Monitoring Program

**NAAMP Volunteer Website**

<b>Route Number:</b> <input type="text"/>	<b>Observer ID:</b> <input type="text"/>	<input type="button" value="Route &amp; Quiz Info"/>
<b>Survey Date:</b> <input type="text"/> <small>(mm/dd/yyyy)</small>	<b>Window Number:</b> <input type="text" value="v"/>	<input type="button" value="Enter data"/>

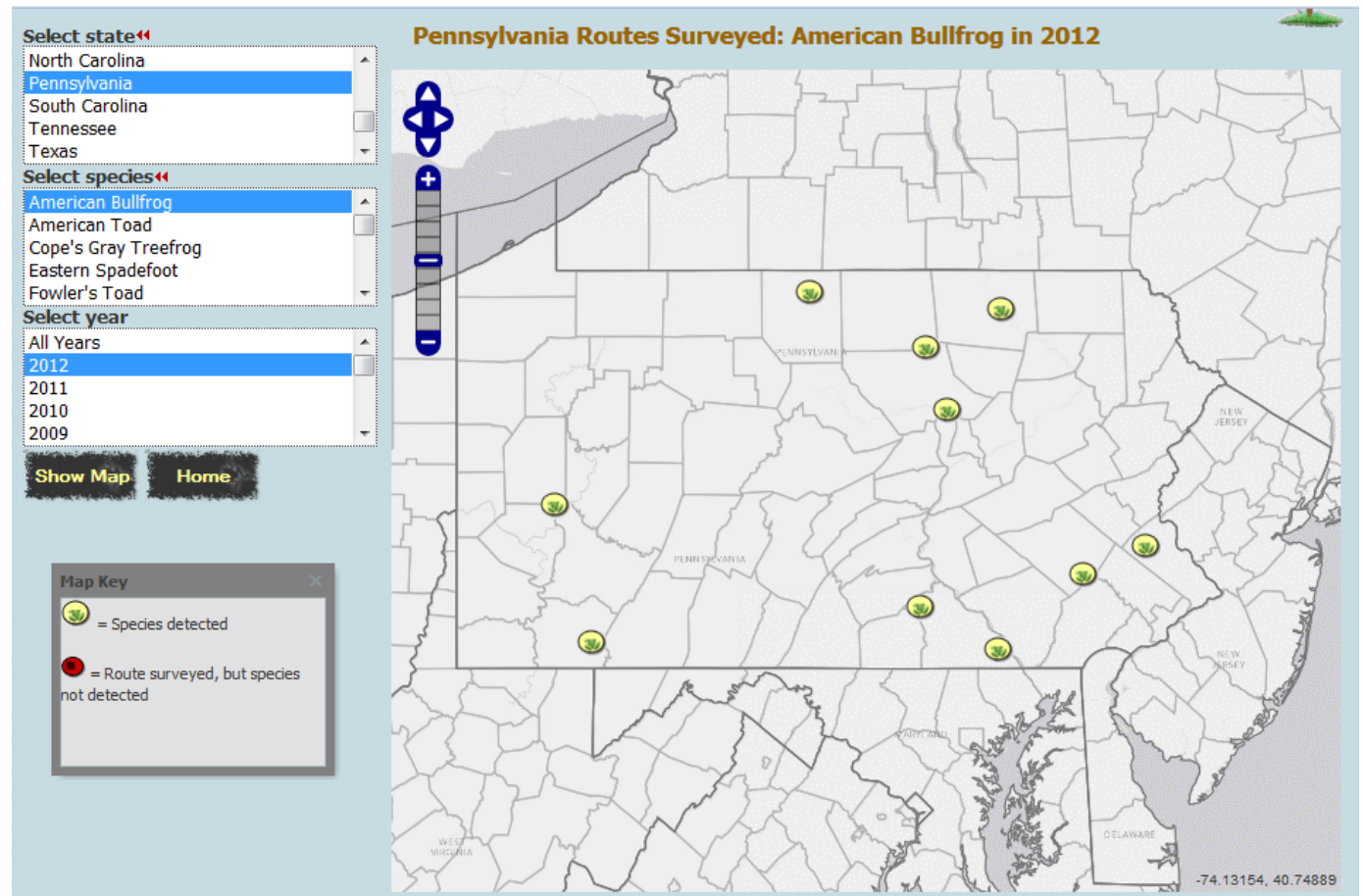
- To enter data: enter requested data into each box and click 'Enter data'
- To view route and quiz information: enter Route Number and ObserverID and click 'Route & Quiz Info'

[Accessibility](#) | [FOIA](#) | [Privacy](#) | [Policies and Notices](#) | [OMB NO. 1028-0078](#)  
[U.S. Department of Interior](#) | [U.S. Geological Survey](#) | [Patuxent Wildlife Research Center](#)  
<http://www.pwrc.usgs.gov/naamp>, Website comments? Contact: [Linda Weir](#)  
Last Modified: 09/28/2011

# Monitoramentos de larga escala

Rã-touro americana

*Lithobates catesbeianus*



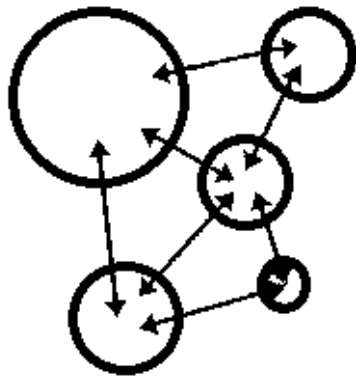


# Relações entre espécies e habitats



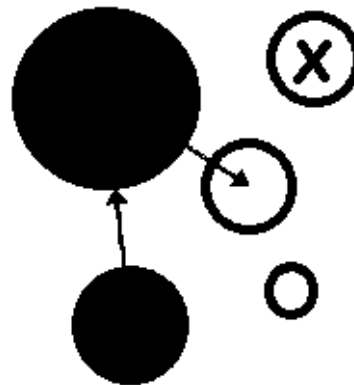
# Meta-populações

População fragmentada



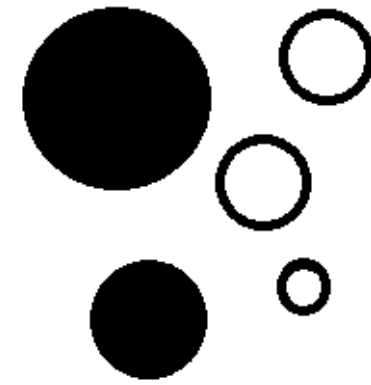
Todos os indivíduos visitam diversos fragmentos de habitat

Meta-população



A maioria dos indivíduos permanece em seu

População separada



Todos os indivíduos permanecem em seu habitat natal

Contínuo de mobilidade relativo à estrutura dos fragmentos de habitat

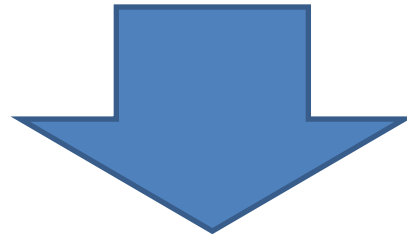


# Ocupação

Proporção/fração de sítios (ou unidades amostrais) de uma paisagem onde uma determinada espécie está presente

## Meta-populações

**Funções de incidência** (Diamond, 1975; Hanski, 1992)

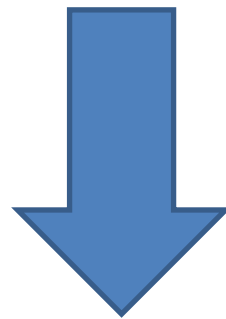


Probabilidade de ocupação de uma mancha em função de características da mancha (e.g., área)

# Modelos de ocupação

## Natureza dos dados

Presença ou ausência



Deteccção ou não deteccção

# Ocupação

Proporção/fração de sítios (ou unidades amostrais) de uma paisagem onde uma determinada espécie está presente

## Detecção imperfeita

*ou*

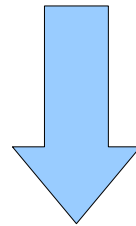
probabilidade de detecção menor que 1

Probabilidade de detecção condicionada à  
probabilidade da presença da espécie em um sítio

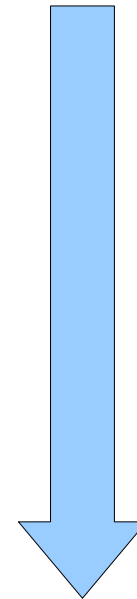


# Amostragem

“ $K$ ” visitas a “ $s$ ” sítios em uma estação



Unidades amostrais



Período fechado

# O que é um sítio?

- **Definição natural:** por exemplo lago, mancha de habitat, topo de morro;
- **Definição arbitrária:** bloco de 1 km<sup>2</sup>, transecção de 1 km, ponto de escuta;



# Evidências

- Registros visuais
- Rastros
- Vocalizações
- Fezes
- Ninhos
- Métodos passivos
- Armadilhas



# Armadilha fotográfica





# Modelo com uma estação

**Parâmetros estimados** (Mackenzie *et al.*, 2002):

$\Psi$  = probabilidade da espécie estar presente em um sítio ou proporção de sítios ocupados

$p$  = probabilidade de detecção



# Histórico de detecções

0 – não detecção

1 – detecção

	Visit 1	Visit 2	Visit 3	Visit 4	Visit 5	Visit 6
Site 1	0	1	0	1	1	0
Site 2	0	1	0	0	1	1
Site 3	1	1	1	1	0	0
Site 4	1	1	1	1	1	1
Site 5	0	0	1	0	1	0
Site 6	0	0	1	0	1	1
Site 7	0	1	1	1	1	0
Site 8	1	1	0	0	0	1
Site 9	0	0	1	0	1	0
Site 10	1	1	0	1	1	0
Site 11	1	1	0	1	0	1
Site 12	0	1	1	1	1	0
Site 13	1	1	1	1	1	1
Site 14	1	0	1	0	0	1
Site 15	1	1	1	1	1	1
Site 16	1	1	0	0	1	1

Matriz de detecções

# Histórico de detecções

101

**Descrição verbal:** espécie estava presente no sítio, foi detectada na primeira e terceira visita, e não foi detectada na segunda.

**Descrição matemática:**

$$\Pr(101) = \psi p_1 (1 - p_2) p_3$$

# Obtendo as probabilidades

Histórico de detecções (i)	Históricos observados ( $X_i$ )	Probabilidade ( $P_i$ )
100	$X_{100}$	$\Psi p_1 (1 - p_2)(1 - p_3)$
010	$X_{010}$	$\Psi (1 - p_1) p_2 (1 - p_3)$
001	$X_{001}$	$\Psi (1 - p_1)(1 - p_2) p_3$
110	$X_{110}$	$\Psi p_1 p_2 (1 - p_3)$
101	$X_{101}$	$\Psi p_1 (1 - p_2) p_3$
011	$X_{011}$	$\Psi (1 - p_1) p_2 p_3$
111	$X_{111}$	$\Psi p_1 p_2 p_3$
000	$X_{000}$	$\Psi (1 - p_1)(1 - p_2)(1 - p_3)$
000	$X_{000}$	$1 - \Psi$

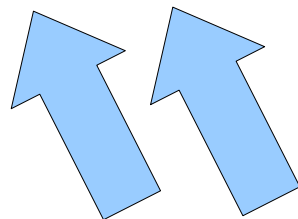
# Função de verossimilhança

$$L(\Psi, p | \text{históricos de detecção}) = \prod_{i=1}^U \text{Pr}(\text{históricos de detecção})$$

# Histórico de detecções incompleto

Permite que alguns sítios não tenham sido visitados em determinadas ocasiões

1 0 1 1 . 0 . 1 0



\* Com perda de precisão.



# Construção e seleção de modelos

TABLE 1. Relative difference in AIC ( $\Delta AIC$ ), AIC model weights ( $w_i$ ), overall estimate of the fraction of sites occupied by each species ( $\hat{\psi}$ ), and associated standard error ( $SE(\hat{\psi})$ ).

Model, by species	$\Delta AIC$	$w_i$	$\hat{\psi}$	$SE(\hat{\psi})$
American toad				
$\psi(\text{Habitat}) p(\text{Temperature})$	0.00	0.36	0.50	0.13
$\psi(\cdot) p(\text{Temperature})$	0.42	0.24	0.49	0.14
$\psi(\text{Habitat}) p(\cdot)$	0.49	0.22	0.49	0.12
$\psi(\cdot) p(\cdot)$	0.70	0.18	0.49	0.13
Spring peeper				
$\psi(\text{Habitat}) p(\text{Temperature})$	0.00	0.85	0.84	0.07
$\psi(\cdot) p(\text{Temperature})$	1.72	0.15	0.85	0.07
$\psi(\text{Habitat}) p(\cdot)$	40.49	0.00	0.84	0.07
$\psi(\cdot) p(\cdot)$	42.18	0.00	0.85	0.07

Mackenzie *et al.* (2002)

# Premissas

1)  $\Psi$  não muda com o tempo ou mudanças são aleatórias

\* Período fechado a extinções e colonizações é denominado de **estação de captura**

# Premissas

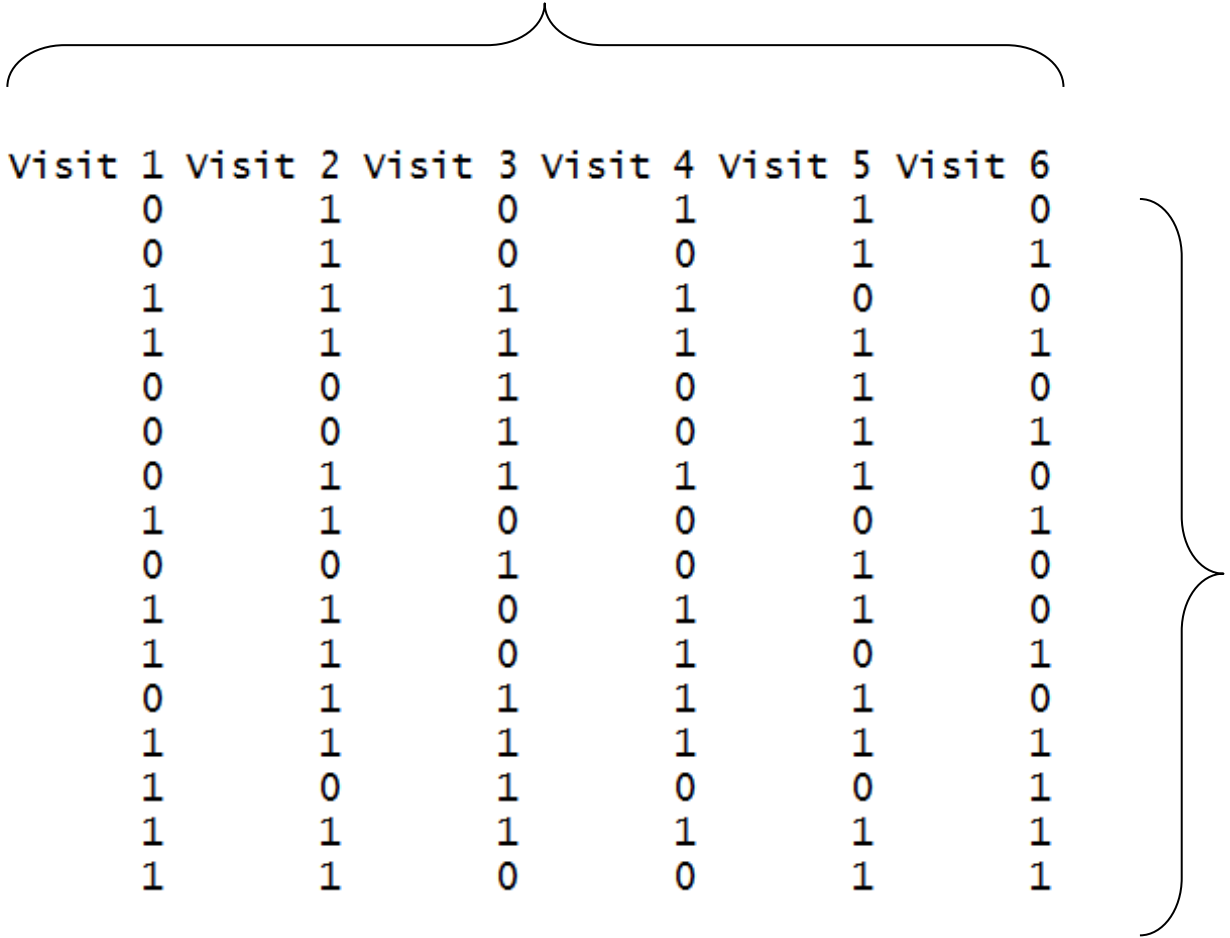
2) Detecções são independentes

3) Probabilidade de detecção de um animal é constante entre sítios (ausência de heterogenidade)

4) Espécie não é detectada erroneamente quando ausente

# Covariáveis

## TEMPO-ESPECÍFICAS EM $p$



	Visit 1	Visit 2	Visit 3	Visit 4	Visit 5	Visit 6
Site 1	0	1	0	1	1	0
Site 2	0	1	0	0	1	1
Site 3	1	1	1	1	0	0
Site 4	1	1	1	1	1	1
Site 5	0	0	1	0	1	0
Site 6	0	0	1	0	1	1
Site 7	0	1	1	1	1	0
Site 8	1	1	0	0	0	1
Site 9	0	0	1	0	1	0
Site 10	1	1	0	1	1	0
Site 11	1	1	0	1	0	1
Site 12	0	1	1	1	1	0
Site 13	1	1	1	1	1	1
Site 14	1	0	1	0	0	1
Site 15	1	1	1	1	1	1
Site 16	1	1	0	0	1	1

SÍTIO-ESPECÍFICAS EM  $p$  E  $\psi$

# Covariáveis

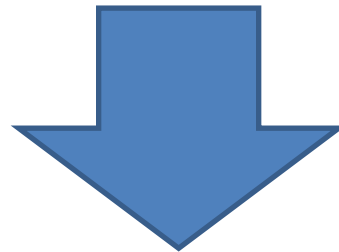
Exemplos de covariáveis:

- ▶ Habitat (elevação, tipo de habitat)
- ▶ Climáticas (temperatura, precipitação)
- ▶ Tamanho ou isolamento da mancha (*patch*)

*Et cetera...*

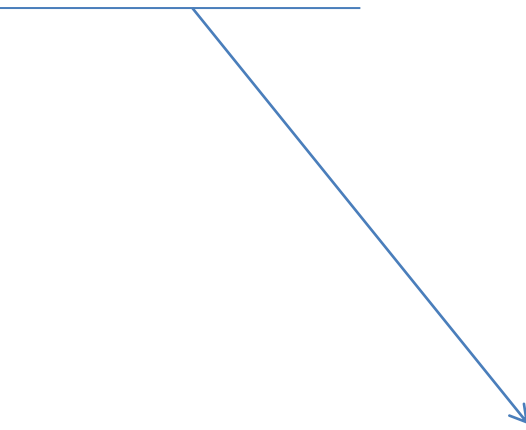
# Covariáveis

Covariáveis são incluídas no modelo através de uma função de ligação (como a *logit*) que restringe a variável resposta (probabilidade de ocupação ou detecção) entre 0 e 1.



Modelos Generalizados Lineares

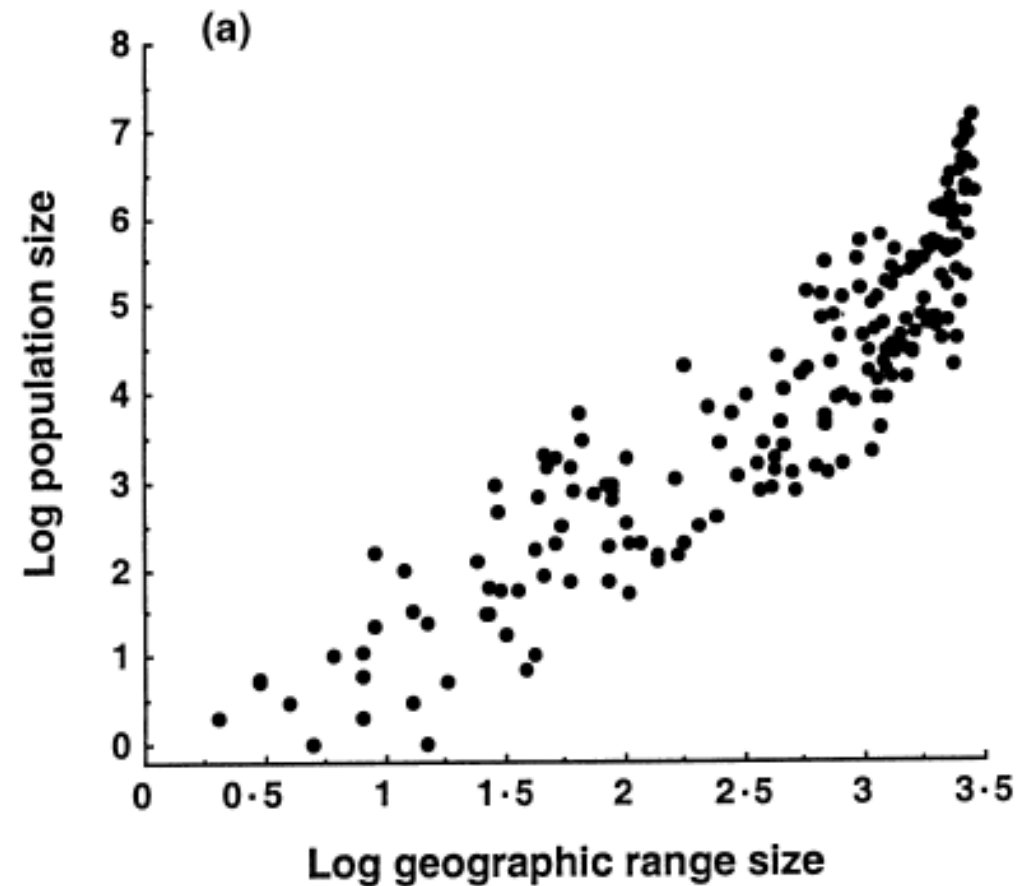
# Covariáveis

$$\text{logit}(\varphi_i) = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_U x_{iU}$$


$$\text{logit}(\varphi_i) = \ln \left( \frac{\varphi_i}{1 - \varphi_i} \right)$$

# Relação entre abundância-ocupação

Quanto maior a abundância/densidade maior é a chance da espécie estar presente em um sítio (Gaston *et al.*, 2000)





## Modelo de Royle & Nichols (2003)

$$p \sim N$$

Assume a proporcionalidade entre abundância e a detectabilidade, modelando esta fonte de heterogeneidade.

# 3. Desenho amostral

- ▶ Potenciais objetivos:
  - Selecionar uma amostra representativa extrapolável
  - Obter uma estimativa mais precisa possível dado uma intensidade amostral
  - Obter um determinado grau de precisão com o mínimo esforço

# Desenho amostral

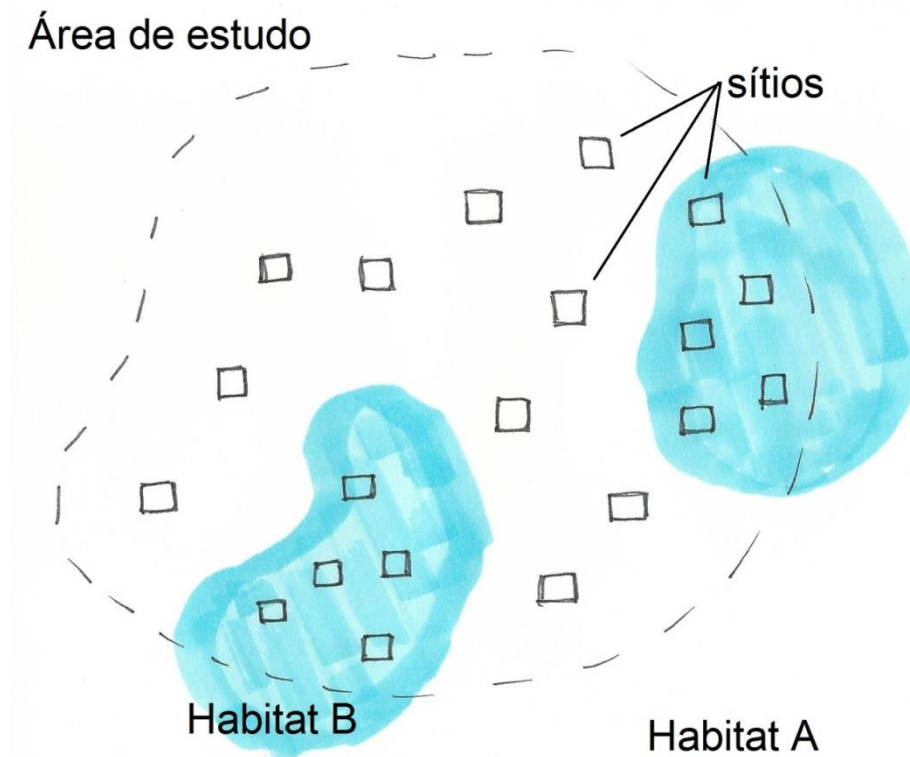
- Importância de estudo piloto para uma estimativa preliminar dos parâmetros de interesse
- Estes valores iniciais podem dar ideia se a detecção e a ocupação da espécie é alta ou baixa
- Valores podem ser usados em simulações para determinar o número de sítios e visitas

# Desenho amostral

- Tipos de desenho amostral:
  - **Standard:** todos os sítios são amostrados um número vezes igual
  - **Dupla amostragem:** uma parcela dos sítios é amostrada  $k$  vezes e outra parcela é amostrada uma única vez
  - **Remoção:** sítios são amostrados até um máximo de  $k$  vezes, mas após a detecção da espécie em um sítio a amostragem deste cessa

# Estratificação

Divisão da área de estudo por regiões ou habitats



# Desenho amostral

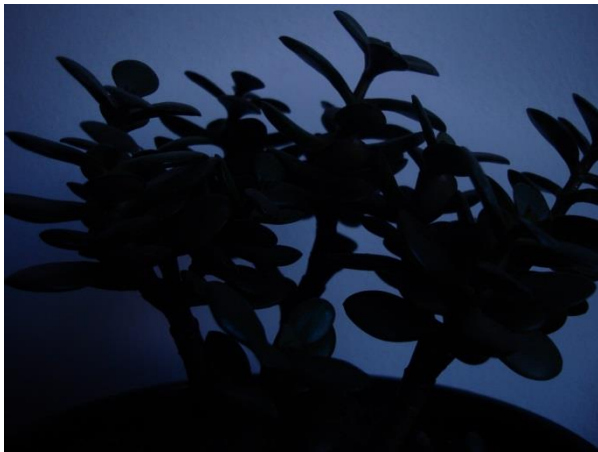
Definição do:

- ▶ **Tamanho do sítio**
- ▶ **Localização dos sítios**
- ▶ **Estação de captura**
- ▶ **Intervalo entre visitas**

Depende de: **territorialidade, área de vida, movimentos, densidade, demografia...**

# Desenho amostral

Como definir o período da estação?

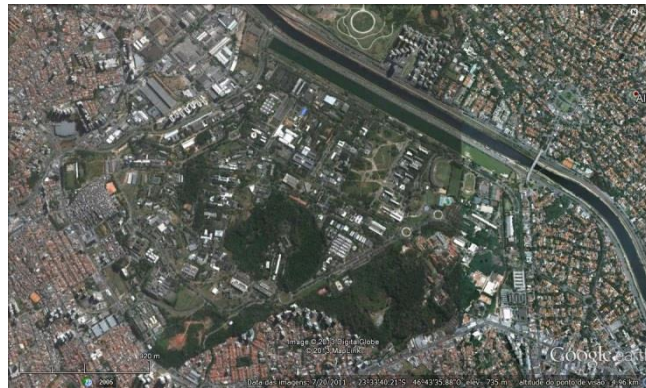


Analogia com a velocidade do obturador de uma máquina fotográfica.



# Desenho amostral

Como definir o tamanho do sítio?



Analogia com o zoom de uma máquina fotográfica.



# Tamanho da amostra

Aumentando número de visitas e número de sítios amostrados, aumenta-se a precisão e acurácia do modelo

- ▶ Geralmente **2-3 visitas** é suficiente
- ▶ Ideal entre **5-10 visitas** ao sítio
- ▶ Mais visitas com ocupação alta ou detecção baixa

TABLE 6.1 Optimum Number of Surveys to Conduct at Each Site ( $K$ ) for a Standard Design Where All Sites Are Surveyed an Equal Number of Times with No Consideration of Survey Costs, for Selected Values of Occupancy ( $\psi$ ) and Detection Probabilities ( $p$ )

$p$	$\psi$								
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.1	14	15	16	17	18	20	23	26	34
0.2	7	7	8	8	9	10	11	13	16
0.3	5	5	5	5	6	6	7	8	10
0.4	3	4	4	4	4	5	5	6	7
0.5	3	3	3	3	3	3	4	4	5
0.6	2	2	2	2	3	3	3	3	4
0.7	2	2	2	2	2	2	2	3	3
0.8	2	2	2	2	2	2	2	2	2
0.9	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Source: MacKenzie and Royle (2005).

# Tamanho da amostra

Mais sítios ou mais visitas?



# Tamanho da amostra

**Espécies raras:**

mais sítios, menos visitas

**Espécies comuns:**

menos sítios, mais visitas

# Desenho amostral

**Heterogeneidade** deve ser reduzida no desenho amostral ou incorporada na modelagem

(*e.g.*, abundância, habitat, observadores, período relativo de amostragem dos sítios)

# Programas

- ▶ **MARK**
- ▶ **PRESENCE e GENPRES**
- ▶ **R (pacote unmarked)**

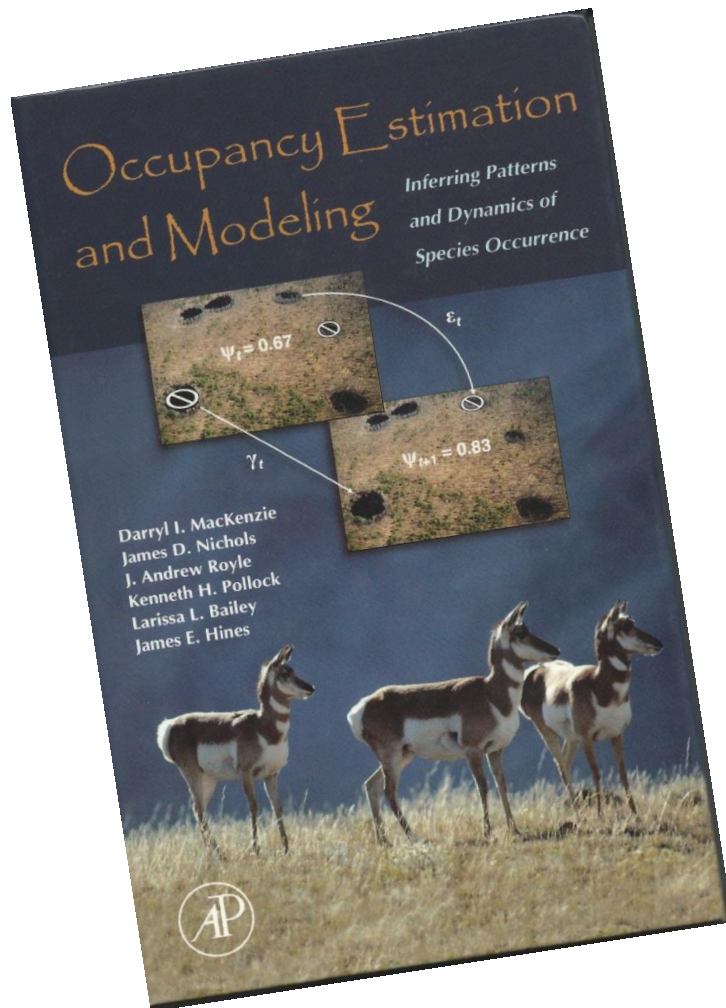
# Leituras adicionais

*Ecology*, 83(8), 2002, pp. 2248–2255  
© 2002 by the Ecological Society of America

## ESTIMATING SITE OCCUPANCY RATES WHEN DETECTION PROBABILITIES ARE LESS THAN ONE

DARRYL I. MACKENZIE,<sup>1,5</sup> JAMES D. NICHOLS,<sup>2</sup> GIDEON B. LACHMAN,<sup>2,6</sup> SAM DROEGE,<sup>2</sup> J. ANDREW ROYLE,<sup>3</sup>  
AND CATHERINE A. LANGTIMM<sup>4</sup>

# Leituras adicionais



Mackenzie *et al.* (2005). **Occupancy Estimation and Modeling: Inferring Patterns and dynamics of Species Occurrence.** Academic Press, Amsterdam.

**Capítulos 1 a 6.**