3. Estimando a abundância: modelos de população fechada

$$\hat{N}$$

Leonardo L. Wedekin
Curso Ecologia Populacional – USP 2011

Resumo

1. Princípios gerais

   População fechada

   Modelos clássicos

   Premissas

2. Relaxando as premissas

   Mh

   Mb

   Mt

3. Implementação

   Capture – easy way...

   Mark – way to go...

MODELOS DE MARCAÇÃO-RECAPTURA

ESTIMANDO A ABUNDÂNCIA COM MODELOS DE POPULAÇÕES FECHADAS

Abundância não muda com nascimentos, mortes, imigração e emigração

Três abordagens para estimação da abundância

(Borchers *et al.*, 2002)

1) Número de detecções em função de alguma medida que descreve o processo de observação (*e.g.*, distâncias);
2) Número de detecções em função da remoção de indivíduos da população;
3) Proporção de animais recapturados depois de terem sido marcados em ocasiões anteriores;

Informações em um histórico de capturas

(Pollock, 1981)

1) Recaptura de animais marcados podem ser usadas para calcular a probabilidade de sobrevivência;

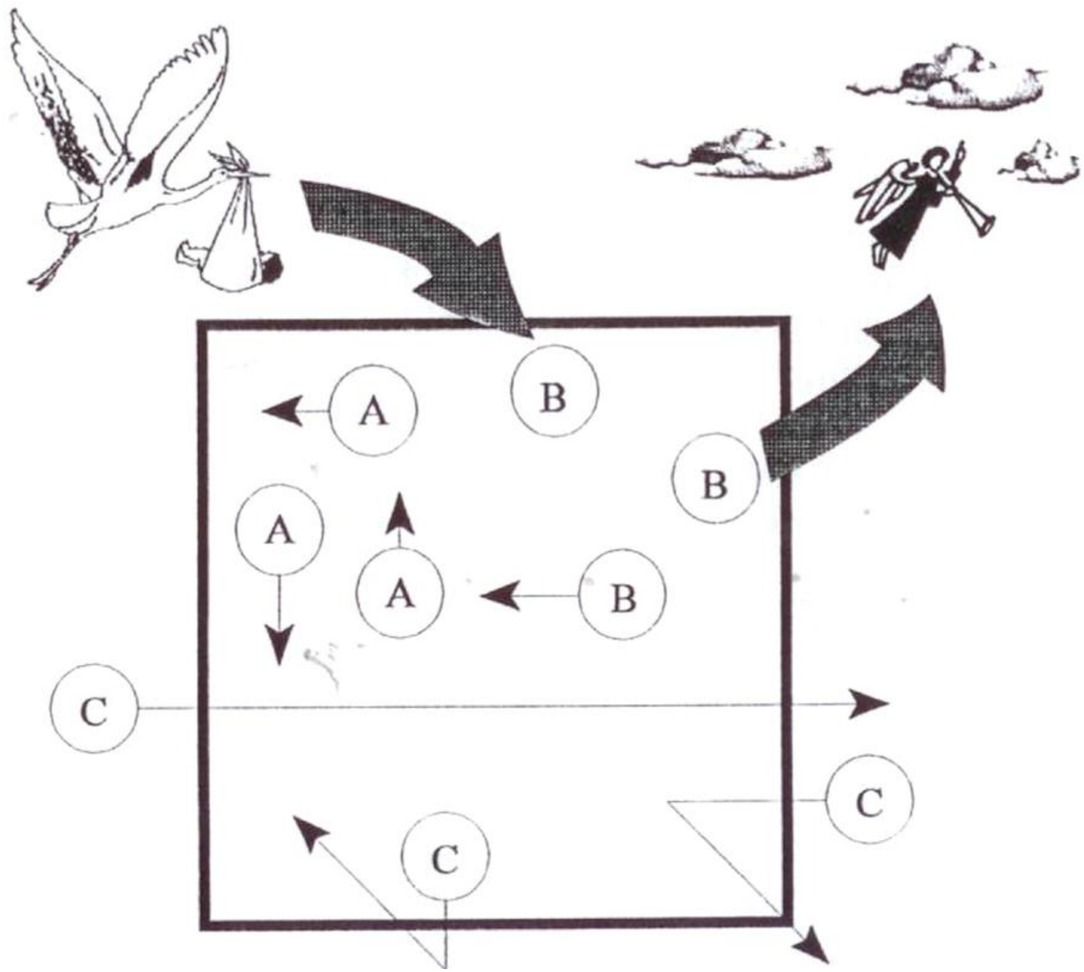
2) Comparação do número de animais marcados e não-marcados em cada ocasião de captura podem ser usadas para estimar a abundância.

MODELOS DE POPULAÇÃO FECHADA

EXISTE POPULAÇÃO FECHADA?

Premissa refere-se ao período amostral

??? QUIZ ???



(   ) geograficamente aberta
(   ) geográfica e demograficamente fechada
(   ) geograficamente fechada e demograficamente aberta

Estimadores clássicos

Ideia básica por trás do estimador:

PROPORÇÕES ENTRE VALORES CONHECIDOS E DESCONHECIDOS

Lincoln-Petersen

Duas ocasiões de captura:

$$\frac{m_2}{n_2} = \frac{n_1}{N} \quad ou \quad N = n_1 n_2 / m_2$$

Onde: n_1 = animais marcados na primeira ocasião

n_2 = animais marcados na segunda ocasião

m_2 = animais recapturados na segunda ocasião

Ponto chave do método!!!

- Assume-se que, **seguidas as premissas**, a proporção de indivíduos marcados capturados na segunda ocasião, é uma estimativa válida da proporção de animais marcados em toda a população. Assim, pode-se obter uma estimativa do tamanho da população (N).

Chapman

$$N = [(n_1 + 1)(n_2 + 1) / (m_2 + 1)] - 1$$

Onde:

n_1 = animais marcados na primeira ocasião
n_2 = animais marcados na segunda ocasião
m_2 = animais recapturados na segunda ocasião

Premissas

1) A população é fechada;
2) Indivíduos têm a mesma probabilidade de serem capturados (capturabilidade igual);
3) Animais não perdem suas marcas, e estas marcas são registradas corretamente;
4) Animais agem independentemente.

Três fontes de variação nas probabilidades de captura

(Otis *et al.*, 1978)

- Tempo

- Comportamento

- Heterogeneidade individual

Heterogeneidade

Diferentes probabilidades de capturas entre indivíduos devido à características “intrínsecas” dos animais.

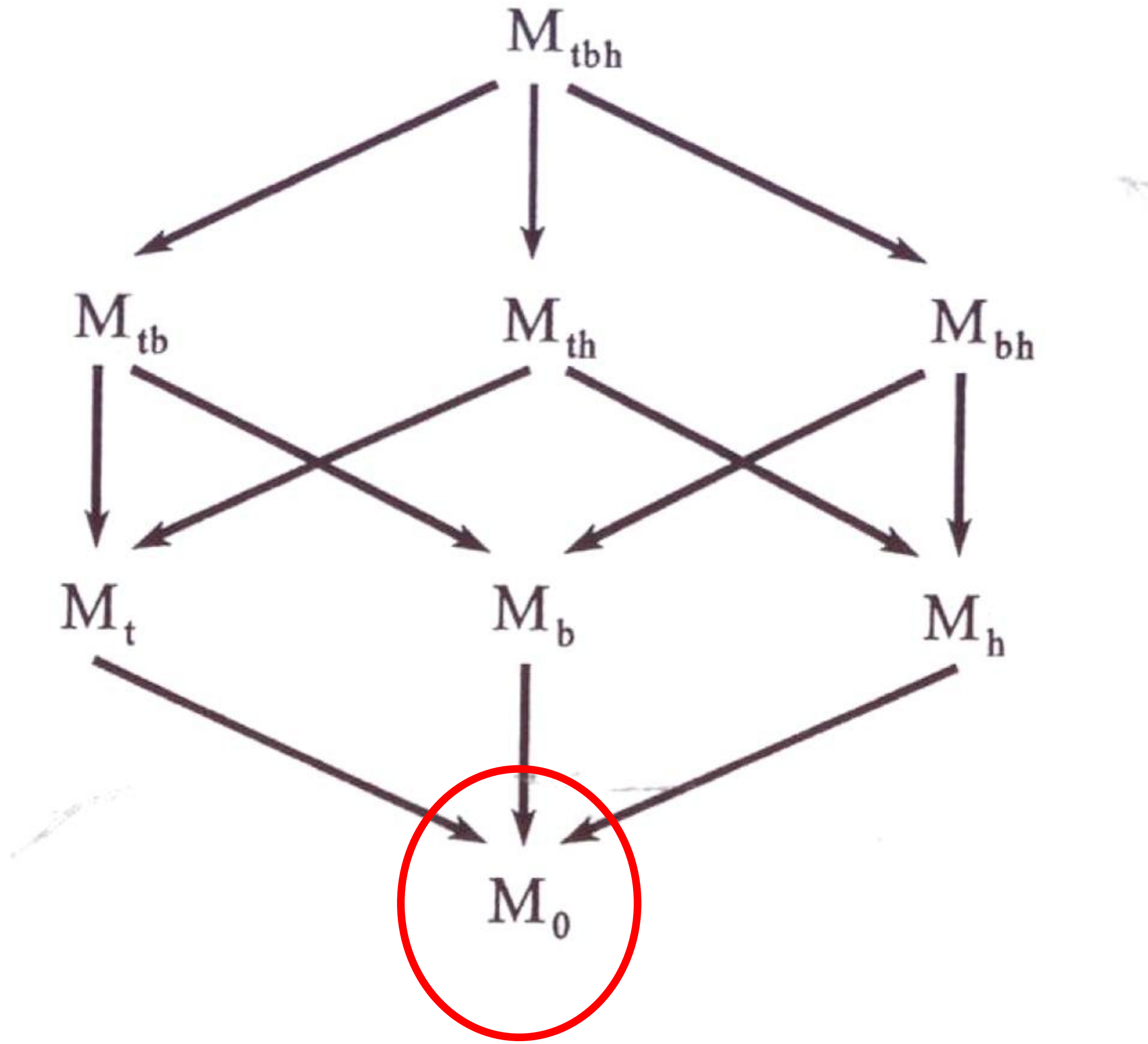
Relaxando a premissa de heterogeneidade

Mt = probabilidade de captura varia por ocasião de captura;

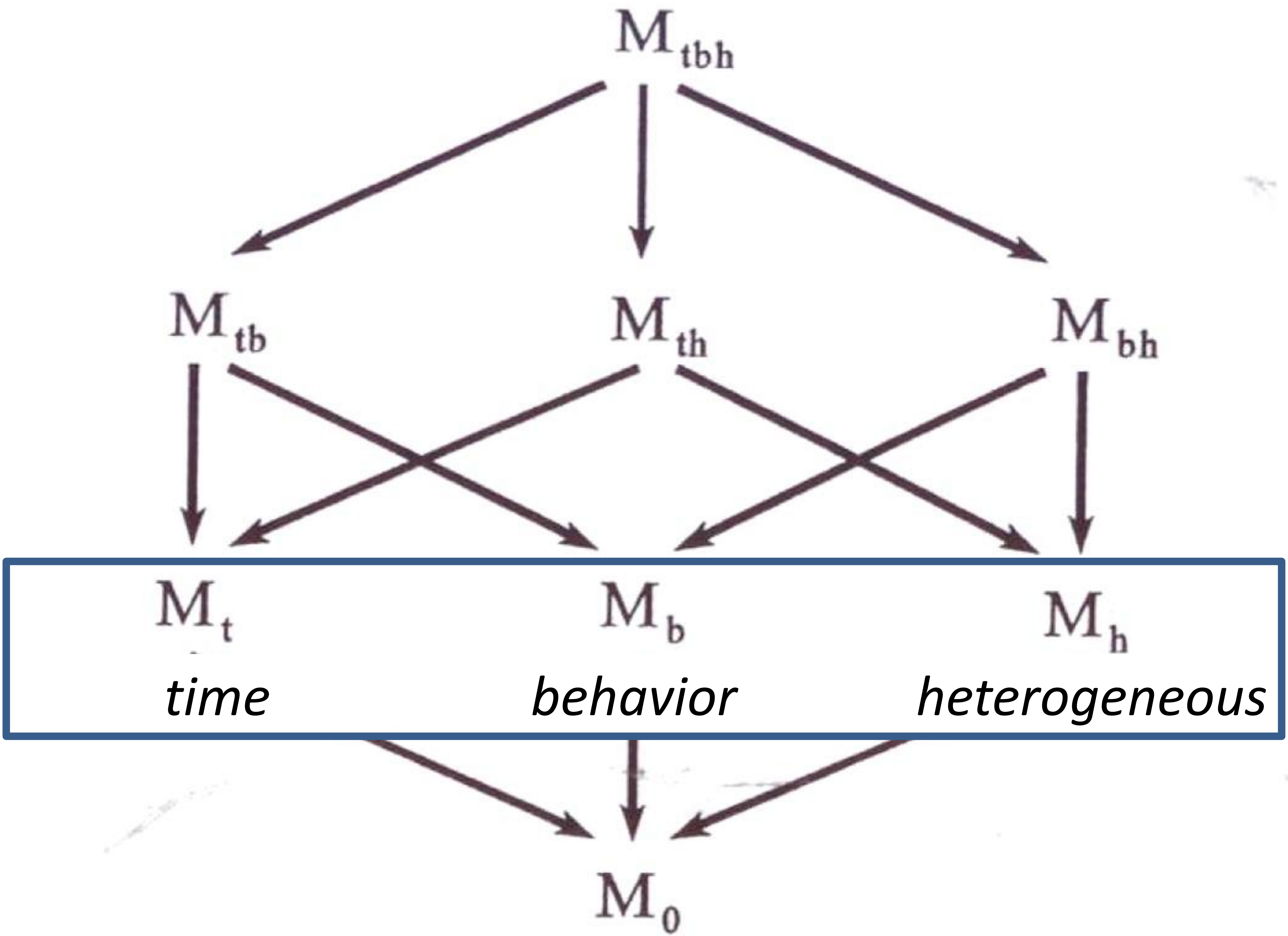
Mb = probabilidade de captura varia entre a captura e recaptura(s);

Mh = cada indivíduo tem sua própria probabilidade de captura que é constante nas ocasiões.

Otis *et al.* (1978)



MODELO NULO


M_{tbh}
M_{tb}
M_{th}
M_{bh}
M_t
M_b
M_h
time
behavior
heterogeneous
M_0

Misturas de Pledger

(Pledger, 2000)

Considera-se que uma população de animais é uma combinação de duas “misturas” (A e B), cada uma com uma probabilidade de detecção diferente e desconhecida

Parâmetro π (pi) indica a probabilidade de uma animal pertencer à mistura A, e $1 - \pi$ a probabilidade do animal pertencer à mistura B, dado um modelo com duas misturas

Parâmetros dos modelos

Abundância (N)

Probabilidade de captura (p)

Probabilidade de recaptura (c)

Probabilidade de mistura (pi)

Captura e recaptura

Ocasião:	1	2	3	4	5	…
	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	primeiro encontro
		c_2	c_3	c_4	c_5	encontros subsequentes

Obtendo as probabilidades

Histórico de capturas (i)	Animais observados (X_i)	Probabilidade (P_i)
100	X_{100}	$p_1 (1 – c_2)(1 - c_3)$
010	X_{010}	$(1 - p_1) p_2 (1 - c_3)$
001	X_{001}	$(1 - p_1)(1 – p_2) p_3$
110	X_{110}	$p_1 c_2 (1-c_3)$
101	X_{101}	$p_1 (1 – c_2) c_3$
011	X_{011}	$(1 - p_1) p_2 c_3$
111	X_{111}	$p_1 c_2 c_3$
000	X_{000}	$(1 - p_1)(1 – c_2)(1 - c_3)$

$$\log L\,(\mathrm{p}, \mathrm{c}, \mathrm{N}|\mathrm{X}) \propto \left(\frac{N!}{(N - M_{t+1})!}\right) + \sum_i X_i \, \log\,(P_i)$$

Covariáveis individuais

Parametrização de Huggins (1989) permite incluir covariáveis individuais

Abundância (N) não é incluída na função de verossimilhança e é estimada como um parâmetro derivado

$$\hat{N} = \frac{M_{t+1}}{1 - (1 - \hat{p}_1)(1 - \hat{p}_2)(1 - \hat{p}_3)}$$

Tamanho amostral

(Otis *et al.*, 1978)

Regra geral:

5-10 ocasiões amostrais

Probabilidade de captura > 0,1 por ocasião

Usando o Capture

- Forma simples de estimar o tamanho de uma população fechada dentro do Mark
- Estimando a população de botos-cinza no Estuário do Rio Caravelas

Identificação individual

Exercício 3.1

- Estimando a população de taxistas em uma cidade da Escócia
- Arquivo “Carothers.INP”
- Construa os modelos M0, Mt, Mh, Mb, Mth, Mtb, Mth, Mbh e Mtbh no Mark
- Selecione o melhor modelo
- Observe as estimativas e seus intervalos de confiança
- Compare com o modelo escolhido pelo Capture
- Compare a estimativa com a população real

Leituras recomendadas!

Amstrup *et al*. (2005) para uma revisão de métodos

Otis *et al.* (1978): texto clássico sobre estimação de populações através de modelos de população fechada

Cooch & White (2004): um guia completo sobre o Mark e seus modelos, **capítulo 14** sobre modelos de população fechada