

# Soluções dos Problemas

## CAPÍTULO 1

### 1.1. Rearranjando a Equação 1.3:

$$\begin{aligned}r &= \ln(2)/t = \ln(2)/50 \text{ anos} \\ &= 0,01386 \text{ indivíduos}/(\text{indivíduo} \cdot \text{ano})\end{aligned}$$

$N_0 = 5,4$  bilhões e  $t = 7$  anos. Pela Equação 1.2 temos:

$$\begin{aligned}N_7 &= 5,4 (e^{(0,01386)(7)}) \\ &= 5,95 \text{ bilhões de humanos}\end{aligned}$$

### 1.2. Como aconteceram 400 nascimentos, 150 mortes e nenhuma emigração, pela Expressão 1.1:

$$N_{t+1} = 3000 + 400 - 150 = 3250$$

Podemos rearranjar a Expressão 1.15 e obter:

$$\lambda = N_{t+1}/N_t$$

Logo,  $\lambda = 3250/3000 = 1,0833$

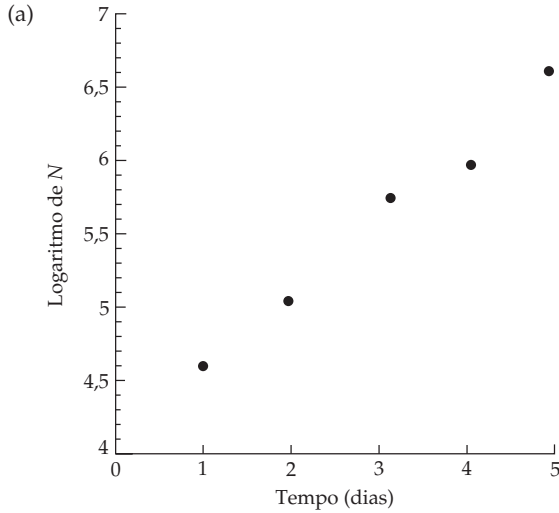
Usando a Equação 1.6 para converter  $\lambda$  em  $r$ , obtemos:

$$r = \ln(1,0833) = 0,0800 \text{ indivíduos} / (\text{indivíduo} \cdot \text{mês})$$

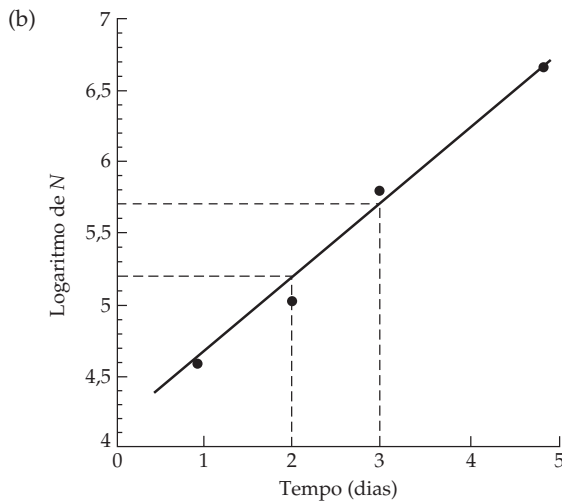
Pela Equação 1.2, o tamanho da população após seis meses deveria ser:

$$N_6 = 3000 (e^{(0,0800)(6)}) = 4848 \text{ besouros}$$

### 1.3. Primeiro, obtenha os logaritmos naturais (base $e$ ) dos cinco tamanhos populacionais consecutivos, que são: 4,605, 5,063, 5,753, 5,986 e 6,677. Em seguida, represente esses valores em função do tempo:



Como os recursos não são limitados, podemos desenhar uma linha reta que se ajusta aos cinco pontos de dados. Embora os pontos não fiquem exatamente na linha, esta linha dá uma boa estimativa do crescimento populacional:



Finalmente, medimos o declive desta linha reta para estimar  $r$ . O declive de uma linha é simplesmente  $Dy/Dx$ . Usando as linhas a tracejado para calcular o declive, obtemos  $(5,7 - 5,2) / (3 - 2) = 0,5$ . Logo, nossa estimativa de  $r$  para esta população de planárias é:

$$r = 0,5 \text{ indivíduos / (indivíduo} \cdot \text{dia)}$$

- 1.4. Como o problema trata de uma espécie anual, precisamos usar o modelo de crescimento populacional discreto com um intervalo de tempo de um ano. Se a população aumentar 12% a cada ano,  $l = (1 + 0,12) = 1,12$ . Pela Equação 1.5:

$$r = \ln(\lambda) = \ln(1,12) = 0,113 \text{ indivíduos / (indivíduo} \cdot \text{ano)}$$

Finalmente, usamos a Equação 1.3 para calcular o tempo de duplicação aproximado:

$$\begin{aligned} t_{\text{dobro}} &= \ln(2) / r = \ln(2) / 0,113 \\ &= 6,1 \text{ anos} \end{aligned}$$

A resposta é aproximada porque a Equação 1.3 é para populações de crescimento contínuo.

- 1.5. Para populações pequenas com estocasticidade demográfica, a probabilidade de extinção pode ser calculada a partir da Equação 1.15. Na situação não perturbada, a probabilidade de extinção de uma população de 50 plantas é:

$$P_{(\text{extinção})} = \left(\frac{d}{b}\right)^{N_0} = \left(\frac{0,0020}{0,0021}\right)^{50} = 0,087$$

Se o centro comercial for construído, temos:

$$P_{(\text{extinção})} = \left(\frac{d}{b}\right)^{N_0} = \left(\frac{0,0020}{0,0021}\right)^{30} = 0,231$$

Logo, o empreendimento proposto ameaça aumentar o risco de extinção de aproximadamente 9% para 23%.

## CAPÍTULO 2

- 2.1. Para resolver este problema, precisamos começar por determinar  $N$ , o tamanho da população. Pela figura 2.3a, sabemos que a taxa de crescimento máxima para uma população crescendo de acordo com o modelo de logístico ocorre quando  $N = K/2$ , portanto, quando existam  $N = 250$  borboletas. Introduzindo estes valores na Equação 2.1 obtemos:

$$\begin{aligned} \frac{dN}{dt} &= rN \left(1 - \frac{N}{K}\right) \\ &= 0,1(250) [1 - (250/500)] \\ &= 12,5 \text{ indivíduos / mês} \end{aligned}$$

- 2.2. Para uma população de acordo com a equação logística, sabemos que a taxa de crescimento populacional máxima ocorre em  $K/2$ , logo  $K$  deverá ser igual a 1000 peixes neste caso. Se a população for reforçada com uma adição de 600 peixes, o tamanho total será 1100. Pela Equação 2.1, a taxa de crescimento instantânea inicial será:

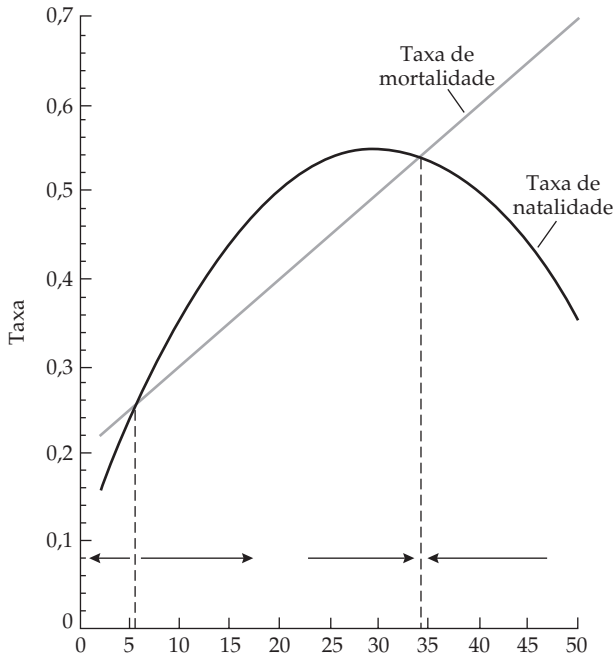
$$\begin{aligned}\frac{dN}{dt} &= (0,005) (1100)[1 - (1100/1000)] \\ &= -0,55 \text{ peixes / dia}\end{aligned}$$

A taxa de crescimento é negativa porque a adição de peixes leva a população a exceder a sua capacidade de suporte.

- 2.3. A equação da taxa de mortalidade é linear; como no modelo logístico simples, quanto maior o número de tartarugas na população, maior a taxa de mortalidade. No entanto, a equação da taxa de natalidade é quadrática; ela inclui um termo  $N^2$ . Esta equação quadrática provoca um efeito de Allee na reprodução: a taxa de natalidade começa por aumentar e depois diminui com o tamanho da população. Substitua diferentes valores de  $N$  nas funções de natalidade e mortalidade para construir o gráfico da página seguinte.

Repare que as curvas de natalidade e de mortalidade se intersectam em dois pontos diferentes. Estes pontos representam dois tamanhos populacionais de equilíbrio. Um dos pontos de interseção corresponde a um tamanho populacional de aproximadamente 34 tartarugas. À direita deste equilíbrio, a taxa de mortalidade excede a taxa de natalidade e a população diminui, como mostra a seta apontando para a direita. Se a população for menor que 34, a taxa de natalidade excede a taxa de natalidade e a população aumenta, como indica a seta apontando para a direita. Logo, este ponto de equilíbrio é **estável**.

O outro equilíbrio ocorre com uma população de aproximadamente 6 tartarugas. Se a população for maior do que 6, a taxa de natalidade excede a taxa de mortalidade e a população crescerá até atingir o equilíbrio de 34 indivíduos. Mas se a população for menor que 6, a taxa de mortalidade excede a taxa de natalidade e a população diminui até ao zero. Assim, este segundo equilíbrio é **instável**. Ao incorporar um efeito de Allee na taxa de natalidade, criamos um tamanho populacional mínimo (6) necessário para a persistência da população. Este resultado contrasta com o modelo logístico simples, onde a população sempre aumenta desde que esteja abaixo da capacidade de suporte. Consulte o apêndice para uma discussão adicional da estabilidade e instabilidade dos pontos de equilíbrio.



- 2.4. Queremos comparar as taxas de crescimento de duas populações. Uma delas está  $x$  indivíduos acima da capacidade de suporte, e a outra está  $x$  indivíduos abaixo. Para a primeira população, considere  $N=K+x$ . Substituindo na Equação 2.1 temos:

$$\frac{dN}{dt} = r(K+x) \left(1 - \frac{K+x}{K}\right)$$

Para a população que está abaixo da capacidade de suporte,  $N=K-x$ , de forma que o seu crescimento é representado por:

$$\frac{dN}{dt} = r(K-x) \left(1 - \frac{K-x}{K}\right)$$

Para determinar qual das duas taxas de crescimento é mais alta, comparamos o tamanho das duas equações depois de eliminar os termos equivalentes:

$$r(K+x) \left(1 - \frac{K+x}{K}\right) \stackrel{?}{\leftarrow \rightarrow} r(K-x) \left(1 - \frac{K-x}{K}\right)$$

Dividindo ambos os lados por  $r$  e substituindo 1 por  $K/K$  temos:

$$(K+x) \left(\frac{K}{K} - \frac{K+x}{K}\right) \stackrel{?}{\leftarrow \rightarrow} (K-x) \left(\frac{K}{K} - \frac{K-x}{K}\right)$$

Subtraindo e dividindo por  $K$ , simplificamos para:

$$(K+x)(-x) \leftarrow? \rightarrow (K-x)(x)$$

Repare que a expressão da esquerda é negativa, porque ela indica a taxa de crescimento quando a população está acima de  $K$ . Como estamos interessados na *magnitude* do crescimento, tomamos o valor absoluto de ambos os lados da desigualdade. E então, dividindo ambos os lados por  $x$  temos:

$$(K+x) > (K-x)$$

Este resultado prova que o declínio da população acima da capacidade de suporte é sempre mais rápido que o crescimento desde tamanhos abaixo da capacidade de suporte.

- 2.5. Se a taxa de natalidade for denso-dependente e a taxa de mortalidade for independente da densidade, então:

$$\begin{aligned} b' &= b - aN \\ d' &= d \end{aligned}$$

Substituindo estes dois termos na Equação 2.1 obtemos:

$$\begin{aligned} \frac{dN}{dt} &= (b - aN - d)N \\ \frac{dN}{dt} &= [(b - d) - aN]N \end{aligned}$$

Tratando  $(b - d)$  como  $r$ , temos:

$$\frac{dN}{dt} = rN \left( 1 - \frac{aN}{r} \right)$$

Como tanto  $a$  como  $r$  são constantes, podemos definir  $K$  como  $r/a$ , o que leva à equação logística:

$$\frac{dN}{dt} = rN \left( 1 - \frac{N}{K} \right)$$

Pode pensar nisto como um caso especial da Expressão 2.5, onde a constante  $c$  é igual a zero porque a taxa de mortalidade é independente da densidade.

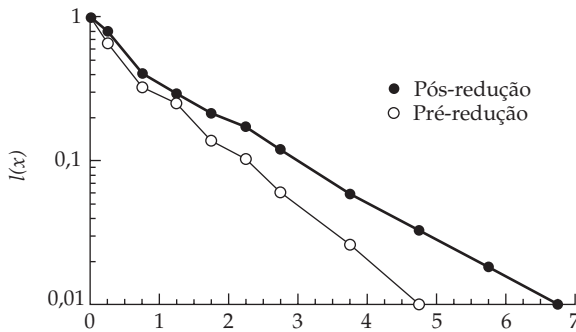
- 2.6. Como se trata de uma população de crescimento lento e com flutuações sazonais na capacidade de suporte, podemos usar a Equação 2.7, com uma capacidade de suporte média de 500 larvas e uma amplitude de 250 larvas. Com estes valores, a previsão do tamanho populacional médio é:

$$\sqrt{(500)^2 - (250)^2} = 433 \text{ larvas}$$

Como a taxa de crescimento populacional é lenta, prevemos que a população reaja pouco às variações sazonais da capacidade de suporte e que não mostre grande variação temporal no seu tamanho.

CAPÍTULO 3

3.1. A figura mostra os planos  $l(x)$  da Tabela 3.5, com o eixo dos  $yy$  representado numa escala logarítmica de base 10:



3.2a. Os dados da tabela de vida se calculam da seguinte forma:

$x$	$S(x)$	$B(x)$	$l(x) = \frac{S(x)}{S(0)}$	$g(x) = \frac{l(x+1)}{l(x)}$	$l(x)b(x)$	$l(x)b(x)x$	Estimativa inicial $e^{-rx}l(x)b(x)$	Estimativa corrigida $e^{-rx}l(x)b(x)$
0	500	0,0	1,00	0,8	0,00	0,00	0,000	0,000
1	400	2,5	0,80	0,1	2,00	2,00	0,965	0,946
2	40	3,0	0,08	0,0	0,24	0,48	0,056	0,054
3	0	0,0	0,00		0,00	0,00	0,000	0,000
				$R_0 = \frac{l(x)b(x)}{l(x)b(x)}$	$= 2,24$ descendentes	$= 2,48$	$= 1,021$	$= 1,000$

$G = \frac{l(x)b(x)x}{l(x)b(x)}$	$= 1,107$ anos
$r$ (estimado) $= \ln(R_0)/G$	$= 0,729$ indivíduos / (indivíduo • ano)
Correção adicionada ao $r$ estimado	$= 0,020$
$r$ (Euler)	$= 0,749$ indivíduos / (indivíduo • ano)

3.2b. A distribuição etária estável e a distribuição do valor reprodutivo se obtêm usando o valor de  $r=0,749$ , de acordo com:

x	l(x)	B(x)	Distribuição etária estável		Distribuição do valor reprodutivo			
			$l(x)e^{-rx}$	c(x)	$e^{rx}/l(x)$	$e^{-ry}l(y)b(y)$	$\bullet e^{-ry} l(y) b(y)$	v(x)
0	1,00	0,0	1,000	0,716	1,000	0,000	1,000	1,000
1	0,80	2,5	0,378	0,271	2,644	0,946	1,000	0,143
2	0,08	3,0	0,018	0,013	55,909	0,054	0,054	0,000
			• = 1,396					

3.3. As probabilidades de sobrevivência e fertilidades de cada idade se calculam da seguinte forma:

x	i	l(x)	b(x)	$P_i = l(i)/l(i-1)$	$F_i = b(i)P(i)$
0		1,00	0,0		
1	1	0,80	2,5	0,80	2,00
2	2	0,08	3,0	0,10	0,30
3	3	0,00	0,0	0,00	0,00

A matriz de Leslie resultante é:

$$A = \begin{bmatrix} 2,0 & 0,3 & 0 \\ 0,8 & 0 & 0 \\ 0 & 0,1 & 0 \end{bmatrix} \text{ e o vetor inicial da população é: } \mathbf{n}(0) = \begin{bmatrix} 50 \\ 100 \\ 20 \end{bmatrix}$$

Usando as equações 3.8 e 3.10, obtemos:

$$\begin{aligned} n_1(1) &= (2)(50) + (0,30)(100) + (0)(20) = 130 \\ n_2(1) &= (0,80)(50) = 40 \\ n_3(1) &= (0,1)(100) = 10 \end{aligned} \quad \mathbf{n}(1) = \begin{bmatrix} 130 \\ 40 \\ 10 \end{bmatrix}$$

Repetindo o cálculo com o mesmo vetor, temos:

$$\begin{aligned} n_1(2) &= (2)(130) + (0,30)(40) + (0)(10) = 272 \\ n_2(2) &= (0,80)(130) = 104 \\ n_3(2) &= (0,1)(40) = 4 \end{aligned} \quad \mathbf{n}(2) = \begin{bmatrix} 272 \\ 104 \\ 4 \end{bmatrix}$$



## CAPÍTULO 4

- 4.1a. Como a fonte de colonizadores é externa e as extinções são independentes, a metapopulação pode ser descrita pelo modelo de ilha-continente (Equação 4.3). Neste caso, a solução de equilíbrio é encontrada resolvendo-se a Equação 4.4:

$$\hat{f} = \frac{p_i}{p_i + p_e} = \frac{0,2}{0,2 + 0,4} = 0,33$$

Aproximadamente uma ilha em cada três (33%) suporta uma população de formiga-leão.

- 4.1b. Se não existir a população do continente, a colonização será estritamente interna. Nesse caso, a metapopulação é descrita pela Equação 4.5 (colonização interna, extinções independentes), e a solução de equilíbrio é dada pela Equação 4.6:

$$\hat{f} = \left(1 - \frac{p_e}{i}\right) = \left(1 - \frac{0,4}{0,2}\right) = -1$$

Como o equilíbrio é inferior a zero, se extinguirão as populações de todas as ilhas. A sua persistência depende da presença da população continental.

- 4.2. Para um único lago, a probabilidade de persistência é  $(1 - 0,1) = 0,9$ . Para três lagos, usamos a Equação 4.2, com uma nova  $p_e$  de 0,50. Neste caso, a probabilidade de uma população de rãs persistir em pelo menos um dos três lagos é:

$$P_x = 1 - (p_e)^x = 1 - (0,50)^3 = 0,875$$

Portanto, em curto prazo, a probabilidade de persistência num lago único (0,9) é ligeiramente mais alta que a probabilidade de persistência de uma população subdividida em três lagos (0,875). No longo prazo, a melhor estratégia dependerá da dinâmica da população de rãs. Se a população subdividida crescer rapidamente até 100 ou mais indivíduos, poderá valer a pena correr um risco de curto prazo para cultivar três populações viáveis em lugar de uma só.

- 4.3. Como a metapopulação está submetida a uma chuva de propágulos e a um efeito de resgate, a sua dinâmica pode ser descrita pela Equação 4.7:

$$\begin{aligned} \frac{df}{dt} &= (p_i)(1 - f) - ef(1 - f) \\ &= (0,3)(1 - 0,4) - (0,5)(0,4)(1 - 0,4) \\ &= 0,18 - 0,12 \\ &= 0,06 \text{ proporção de manchas / tempo} \end{aligned}$$

Como a “taxa de crescimento” é maior que zero, a metapopulação está aumentando. Também podemos achar a proporção de manchas ocupadas no equilíbrio, resolvendo a Equação 4.8:

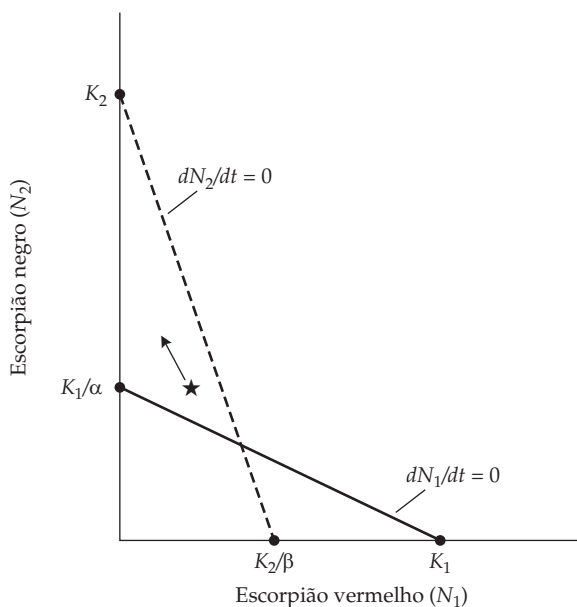
$$\hat{f} = \frac{p_i}{e} = \frac{0,3}{0,5}$$

= 0,6 proporção de manchas

Como 40% dos lugares estão ocupados,  $f=0,4$ . Este valor está abaixo do equilíbrio, demonstrando também que a metapopulação está em expansão.

## CAPÍTULO 5

5.1. O gráfico abaixo mostra um espaço de fase, com os tamanhos populacionais iniciais indicados pela estrela:



Estas isoclinas definem um equilíbrio instável. Partindo das abundâncias iniciais, os escorpiões negros aumentam e os escorpiões vermelhos diminuem no curto prazo. Eventualmente, os escorpiões vermelhos se extinguem e os escorpiões negros persistem na sua capacidade de suporte ( $K_2$ ) de 150 indivíduos.

- 5.2. Para responder a esta pergunta, utilizamos as desigualdades da Tabela 5.1. A coexistência exige que:

$$\frac{1}{\beta} > \frac{K_1}{K_2} > \alpha$$

$$\frac{1}{0,5} > \frac{K_1}{100} > 1,5$$

$$2 > \frac{K_1}{100} > 1,5$$

Para satisfazer a desigualdade que garante a coexistência, é necessária uma capacidade de suporte mínima de 151 indivíduos para a espécie 1.

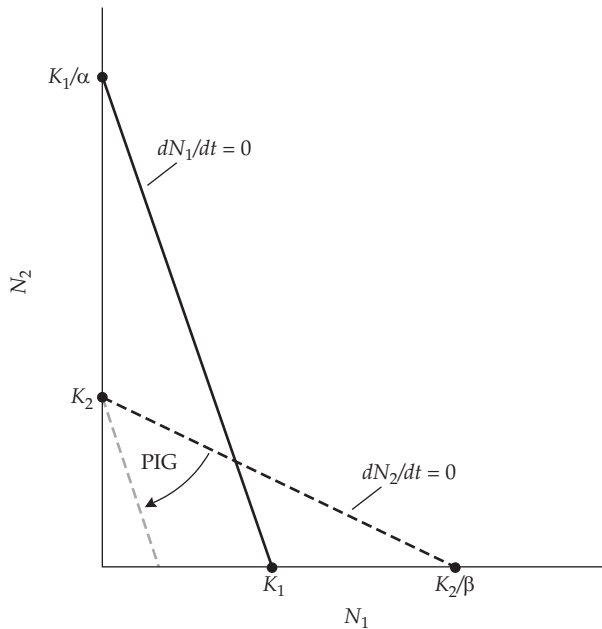
Para que a espécie 1 possa vencer a competição, então:

$$\frac{1}{\beta} < \frac{K_1}{K_2} > \alpha$$

$$2 < \frac{K_1}{100} > 1,5$$

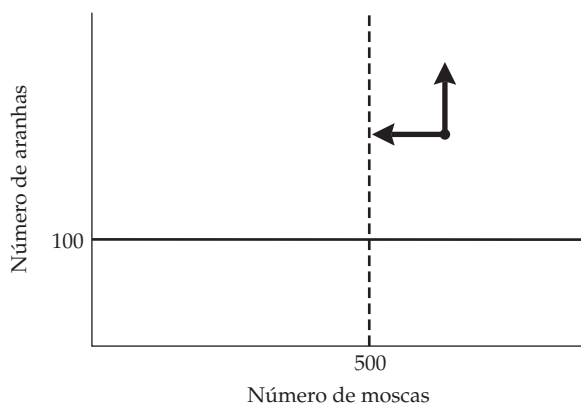
Isto só pode acontecer se a capacidade de suporte da espécie 1 for maior do que 200 indivíduos.

- 5.3. O diagrama seguinte mostra as duas isoclinas que resultam no equilíbrio estável inicial. A seta indica a mudança na isoclina da “presa” que permitirá que o “predador” vença a competição:



## CAPÍTULO 6

- 6.1. Pela Equação 6.3, a solução para a isoclina da vítima é  $0,1/0,001 = 100$  aranhas, e a solução para a isoclina do predador (Equação 6.4) é  $0,5/0,001 = 500$  moscas. Representando as isoclinas e os tamanhos populacionais iniciais temos:



Como estamos acima da isoclina da vítima, existem predadores demais e a população de moscas diminuirá. No entanto, também estamos à direita da isoclina do predador, por isso existem vítimas suficientes para que a população de aranhas aumente. Ambas as populações descreverão ciclos suaves.

- 6.2. Podemos começar achando o valor de  $q$ , pela Equação 6.5:

$$10 = \frac{2\pi}{\sqrt{0,5q}}$$

$$100 = \frac{4\pi^2}{0,5q}$$

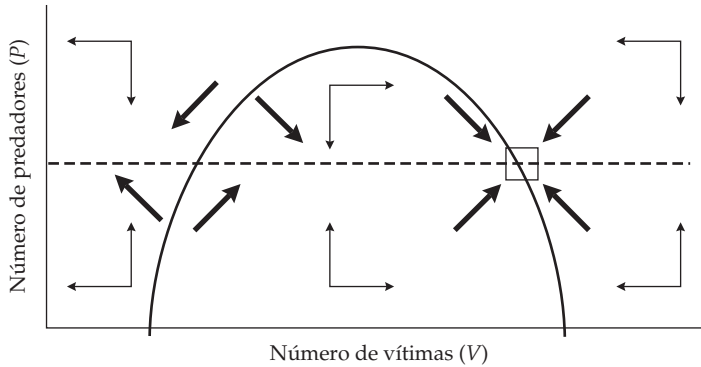
$$50q = 4\pi^2$$

Logo,  $q=0,7896$ . Se  $q$  for duplicado e o  $r$  se mantiver 0,5, o período do ciclo será:

$$\text{período} = \frac{2\pi}{\sqrt{(0,5)(2)(0,7896)}} = \frac{6,283}{0,889} = 7,07 \text{ anos}$$

Portanto, o período do ciclo diminui para aproximadamente 7 anos.

6.3. O diagrama de espaço de fase será o seguinte:



Esta figura ilustra bem como o equilíbrio à direita é estável, permitindo a coexistência do predador e da presa. No entanto, o equilíbrio à esquerda é instável e se a população de vítimas descer abaixo de um patamar crítico, os predadores a levarão à extinção. Repare na semelhança entre esta análise e a análise do efeito de Allee no modelo logístico de uma só população (veja Problema 2.3). Mas cuidado, não confunda o espaço de fase com os gráficos mono-específicos das taxas de natalidade e mortalidade densos-dependentes!

6.4a. Como  $k = 1/h$ , temos:

$$D = \frac{1}{\alpha h}$$

$$\alpha D = \frac{1}{h}$$

$$\alpha D = k$$

$$\alpha = \frac{k}{D} = \frac{100}{5} = 20 \left[ \text{vítimas}/(\text{vítima} \cdot \text{hora} \cdot \text{predador}) \right]$$

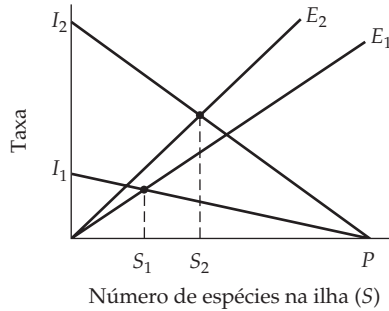
6.4b. Pela Equação 6.8:

$$\frac{n}{t} = \frac{kV}{D+V}$$

$$= \frac{100(75)}{5+75} = \frac{7500}{80} = 93,8 \text{ presas/hora}$$

## CAPÍTULO 7

- 7.1a. Introduzindo os valores na Equação 7.1 obtemos  $S = (8,759)(120)^{0,113} = 15,04$ , que está próximo da riqueza observada de 17 espécies.
- 7.1b. Com apenas metade da área, a previsão de riqueza de espécies é  $S = (8,759)(60)^{0,113} = 13,9$ . Logo, se a equação estiver correta, deveríamos encontrar aproximadamente 14 espécies na ilha. Você conseguiria listar algumas razões pelas quais esta previsão poderia estar seriamente incorreta?
- 7.2. O equilíbrio depende das curvas de imigração e de extinção. Conseqüentemente, se a ilha grande ( $A_1$ ) for muito isolada, ela pode chegar a ter menos espécies que a ilha pequena ( $A_2$ ):



- 7.3. Em primeiro lugar, usamos a Equação 7.4 para achar  $I$ . A Equação 7.4 foi apresentada em relação a  $\hat{S}$ , mas podemos rearranjá-la para obter uma solução em termos de  $I$ :

$$\hat{S} = \frac{IP}{I + E}$$

$$\hat{S}(I + E) = IP$$

$$\hat{S}E = IP - I\hat{S}$$

$$I = \frac{\hat{S}E}{P - \hat{S}}$$

Introduzindo os valores apropriados temos  $I = (75)(10)/(100 - 75) = 30$  imigrações de espécies por ano. Se a taxa de imigração for duplicada,  $I = 60$ . Pela Equação 7.4, o novo equilíbrio será de  $(100)(60)/(60 + 10) = 85,7$  espécies. Pela Equação 7.5, a nova taxa de substituição é  $(60)(10)/(60 + 10) = 8,57$  espécies por ano.

7.4. O cálculo pela Equação 7.6 é bastante trabalhoso, por isso vamos dar a solução detalhada só para a Ilha 1. Primeiro, precisamos calcular  $x_1$ , a área relativa da Ilha 1. Pela Expressão 7.9:

$$x_1 = \frac{a_1}{A} = \frac{110}{110+100+10+5} = 0,489$$

Em seguida, utilizamos a Equação 7.13 para encontrar a probabilidade de ocorrência de cada uma das seis espécies. Recorde que nesta expressão,  $n_j$  é abundância total de cada espécie, que se obtém somando as linhas da matriz de dados:

$$\text{Espécie A } 1 - (1 - 0,489)^3 = 0,867$$

$$\text{Espécie B } 1 - (1 - 0,489)^1 = 0,489$$

$$\text{Espécie C } 1 - (1 - 0,489)^{10} = 0,999$$

$$\text{Espécie D } 1 - (1 - 0,489)^6 = 0,982$$

$$\text{Espécie E } 1 - (1 - 0,489)^2 = 0,739$$

$$\text{Espécie F } 1 - (1 - 0,489)^4 = 0,932$$

Pela Equação 7.6, a riqueza de espécies esperada para a Ilha 1 é:

$$E(S_1) = 0,867 + 0,489 + 0,999 + 0,982 + 0,739 + 0,932 = 5,008$$

Completando este cálculo para cada uma das quatro ilhas, temos:

	<b>S Observado</b>	<b>S Esperado</b>
Ilha 1	6	5,008
Ilha 2	1	4,835
Ilha 3	3	1,020
Ilha 4	3	0,540

A riqueza de espécies esperada não coincide muito bem com a riqueza observada. Por exemplo, foi observada apenas uma espécie na segunda maior ilha, mas o modelo de amostragem passiva prevê que nela ocorram quase 5 espécies. Em cada uma das duas menores apareceram apenas 3 espécies, mas o modelo de amostragem passiva previu 1 ou zero espécies. Estes dados sugerem que a distribuição aleatória de indivíduos não é suficiente para explicar os valores de riqueza de espécies observados.

## CAPÍTULO 8

8.1a. 0,030

8.1b. Algas. Este estado tem a mais alta transição para espaço aberto:  
 $p_{ij}=0,678$ .

- 8.1c. Corais moles    Acroporídeos incrustantes  
 Corais moles    Algas  
 Corais moles    Corais pocilloporídeos  
 Algas    Corais pocilloporídeos  
 Corais massivos    *Acropora* tabulares  
 Corais massivos    Corais pocilloporídeos  
 Corais pocilloporídeos    *Acropora* tabulares  
 Corais pocilloporídeos    Corais moles  
 Corais pocilloporídeos    Algas  
 Corais pocilloporídeos    Corais massivos

8.2. Você pode responder a esta pergunta usando o procedimento de multiplicação de matrizes explicado neste capítulo. No entanto, pensando neste conjunto de números em particular, você verá que existe uma solução menos trabalhosa. Apenas some os elementos de transição de cada linha da matriz, multiplique os totais por 100 e você terá o número de manchas em cada estado.

<b>Estado</b>	<b>Número de manchas em <math>t = 1</math></b>
Acroporídeos incrustantes	65,8
<i>Acropora</i> tabulares	37,5
<i>Acropora</i> ramosos	103,4
<i>Acropora</i> armação de vea do	73,1
Corais moles	88,0
Algas	11,1
Corais massivos	47,5
Corais pocilloporídeos	23,7
Espaço aberto	449,8

Porque é que este cálculo funciona? Você poderia usar o mesmo truque com um número diferente de manchas?

Se você foi observador, terá reparado que depois do cálculo, a soma das manchas é 899,90, em vez das 900,00 que deveria ser. Esta discrepância aparece porque a soma das colunas da matriz publicada não é exatamente 1,00, provavelmente devido a erros de arredondamento.