

## Apêndice

Embora muitos estudantes de ecologia cursem disciplinas de cálculo no início da faculdade, minha experiência é de que os alunos têm dificuldade em relacionar o material que aprenderam no cálculo com os modelos ecológicos de crescimento populacional. Este apêndice explica o processo de construção de modelos ecológicos e como o cálculo entra neste processo.

### CONSTRUINDO UM MODELO POPULACIONAL

Começamos pelo princípio. Exatamente, o que pretendemos fazer quando modelamos uma população? Nosso objetivo é escrever uma equação, ou função, que nos diga qual será o tamanho  $N$  da população em um determinado tempo  $t$  no futuro:

$$N = f(t) \qquad \text{Expressão A.1}$$

Se introduzirmos o tempo decorrido  $t$  nesta função  $f$ , ela nos dará uma previsão do tamanho  $N$  da população no tempo  $t$ . Obviamente, para construir a função precisaremos de alguma informação além do  $t$ . O tamanho da população dependerá de muitas coisas além do tempo decorrido. Uma boa parte deste livro é dedicado a elaborar os detalhes físicos e biológicos do modelo.

### A DERIVADA: VELOCIDADE DA POPULAÇÃO

Embora queiramos produzir uma função do tipo da Expressão A.1, não é exatamente aí que começaremos a construir o modelo populacional. Isto acontece porque é difícil modelar diretamente os fatores que fazem uma população ser grande ou pequena. Em vez disso, é bem mais fácil modelar os fatores que levam uma população a *aumentar* ou a *diminuir* de tamanho.

Desta forma, estabelecemos uma importante distinção entre o tamanho de uma população ( $N$ ) e a sua taxa de crescimento ( $dN/dt$ ). O tamanho da popula-

ção é o número total de indivíduos e se mede em unidades de indivíduos. A taxa de crescimento é a “velocidade” da população, isto é, a mudança no tamanho da população por unidade de tempo, e se mede em unidades de indivíduos / tempo.

Exatamente como medimos a taxa de crescimento de uma população? Suponha que fazemos um censo de uma população de papagaios e contamos 500 aves. Regressamos à nossa população um ano mais tarde e contamos 600 aves. A taxa de crescimento populacional pode ser medida como a mudança no tamanho da população dividida pela mudança no tempo:

$$\text{Taxa de crescimento populacional} = \frac{(600 - 500)}{(1 - 0)} = 100 \text{ aves/ano} \quad \text{Expressão A.2}$$

Esta medida é uma média e ela será válida enquanto a população crescer a uma taxa constante ao longo do ano. No entanto, é provável que a taxa de crescimento populacional mude com o tempo. Em outras palavras, se medíssemos a taxa de crescimento populacional durante a estação reprodutiva, obteríamos uma taxa muito superior a 100 aves / ano. Se medíssemos numa época em que as fêmeas não estivessem se reproduzindo, nossa medição da taxa de crescimento populacional seria zero, ou até uma medição negativa se tivessem ocorrido perdas por morte ou emigração.

De forma semelhante, se você fizer uma viagem de carro, poderá calcular a sua velocidade média dividindo a distância percorrida pelo tempo decorrido. No entanto, ao longo da viagem, a velocidade do seu carro pode ter atingido valores bem diferentes da média ao passar por estradas de tráfego denso, ou por extensões de auto-estrada.

Assim, o melhor é medir a velocidade sobre um intervalo de tempo muito curto. Suponha que medimos o tamanho da população no tempo  $t$  e depois novamente um pouco mais tarde em  $t+x$ . Nossa equação para o crescimento populacional será:

$$\text{Taxa de crescimento populacional} = \frac{(N_{t+x} - N_t)}{(t+x-t)} \quad \text{Expressão A.3}$$

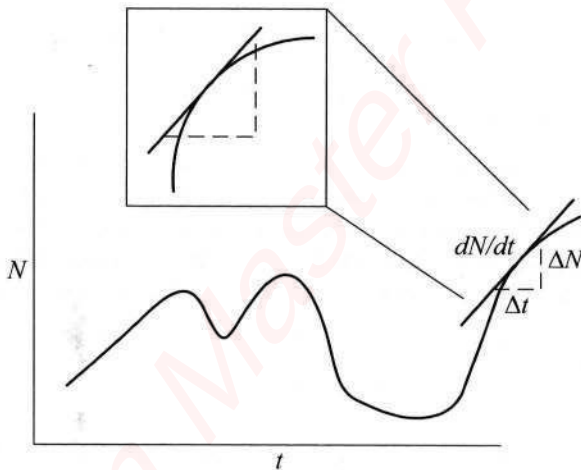
A derivada de qualquer função é simplesmente esta velocidade medida num intervalo de tempo infinitamente pequeno. Em outras palavras,  $x$  é muito pequeno, tão pequeno que se aproxima de zero. Escrevendo o mesmo numa equação diferencial contínua temos:

$$\text{Taxa de crescimento populacional} = dN/dt \quad \text{Expressão A.4}$$

Aqui,  $dN$  significa a alteração do tamanho da população medida num intervalo de tempo muito curto  $dt$ . Graficamente,  $dN/dt$  é nada mais nada menos que o declive da nossa função original  $f(t)$ . Assim, se representarmos o tamanho  $N$  da população em função do tempo  $t$ , a taxa de crescimento populacional em qual-

quer tempo  $t$  é dada pela linha tangente à função nesse ponto  $t$  (Figura A.1). Repare que o declive desta linha pode mudar dependendo de onde o medirmos no gráfico da população. Em outras palavras, a taxa de crescimento populacional não é uma constante, ela pode mudar com o tempo.

É fundamental que você compreenda a distinção entre o tamanho da população ( $N$ ) e a taxa de crescimento populacional ( $dN/dt$ ). O tamanho da população será sempre um número não-negativo, mas a taxa de crescimento populacional pode ser positiva, negativa, ou zero, conforme a população esteja aumentando, diminuindo ou sem alteração. Na verdade, acontece normalmente que as populações grandes tenham taxas de crescimento baixas e vice-versa. O Capítulo 2 desenvolve este modelo de crescimento populacional denso-dependente em detalhe.



**Figura A.1** Tamanho da população ( $N$ ) representado em função do tempo ( $t$ ). Para qualquer valor de  $t$ , o declive da linha tangente à curva nesse ponto dá a taxa de crescimento populacional,  $dN/dt$ .

## MODELANDO O CRESCIMENTO DA POPULAÇÃO

Uma vez definida a taxa de crescimento populacional como a variável de interesse, o próximo passo é começar a incorporar os detalhes do crescimento populacional ao modelo. Ao folhear este livro, você perceberá que o crescimento populacional é definido por uma série de termos, alguns são positivos e aumentam o crescimento da população, outros são negativos e reduzem o crescimento.

Cada termo do modelo acarreta alguns pressupostos de como a população está crescendo. A construção de novos modelos consiste essencialmente em retirar ou alterar estes pressupostos, modificando a equação existente para que ela ex-



prima o novo cenário. Por exemplo, a Equação 1.1 é a equação diferencial para o crescimento populacional exponencial:

$$dN/dt = rN \quad \text{Equação 1.1}$$

Como foi explicado no Capítulo 1, um dos pressupostos da Equação 1.1 é a ausência de migração entrando ou saindo da população. Agora, podemos retirar este pressuposto e modificar a Equação 1.1 para incluir migração.

Quando modelamos o crescimento populacional, precisamos ter cuidado ao decidir se os fatores de crescimento se comportam como constantes ou como proporcionais ao tamanho da população. Por exemplo, suponha que da nossa população de papagaios emigrava um número constante de indivíduos por ano ( $c$ ). Esta taxa  $c$  não muda com o tempo nem com o tamanho da população. As suas unidades são número de emigrantes / ano.

Assim, nosso novo modelo de crescimento populacional é:

$$dN/dt = rN - c \quad \text{Equação A.1}$$

Poderíamos descrever o processo de emigração de outras formas. Por exemplo, suponha que certa fração da população emigre a uma taxa constante. Considere que a constante  $g$  representa a taxa de emigração per capita, ou por indivíduo. As unidades de  $g$  são indivíduos / indivíduo • tempo. Conseqüentemente, a taxa de emigração (emigrantes / tempo) é  $gN$ . Isto resulta no modelo de crescimento populacional:

$$dN/dt = rN - gN \quad \text{Equação A.2}$$

Como veremos, as previsões do crescimento populacional feitas por estes dois modelos diferem substancialmente.

## ACHANDO A SOLUÇÃO DE EQUILÍBRIO

Agora que definimos nossa equação de crescimento populacional, o próximo passo é achar uma solução de equilíbrio. Estamos interessados em descobrir quando é que a nossa população pára de crescer, se é que isso acontece. Em outras palavras, será que a população atinge um ponto em que ela não aumenta nem diminui mais? Matematicamente, este equilíbrio corresponde ao tamanho populacional em que  $dN/dt=0$ . Repare que pode existir mais do que um ponto de equilíbrio, isto é, mais do que um tamanho populacional que satisfaz a condição de equilíbrio. Regressando à Equação A.1, podemos igualá-la a zero e resolver para o equilíbrio:

$$0 = rN - c \quad \text{Expressão A.5}$$



$$c = rN \quad \text{Expressão A.6}$$

$$N = c/r \quad \text{Equação A.3}$$

A Equação A.3 dá o equilíbrio para a Equação A.1, onde uma população em crescimento exponencial está perdendo um número constante de indivíduos. A Equação A.3 diz que a nossa população modelo parará de crescer se o tamanho populacional atingir a razão  $c/r$ .

O equilíbrio para a Equação A.2 é ligeiramente diferente. Neste modelo, a população em crescimento exponencial perde uma proporção constante de indivíduos para a emigração. Igualando esta equação a zero e resolvendo obtemos:

$$0 = rN - gN \quad \text{Expressão A.7}$$

$$gN = rN \quad \text{Expressão A.8}$$

$$g = r \quad \text{Equação A.4}$$

Repare como nesta solução não existe um valor de  $N$  único. Em outras palavras, não existe um tamanho populacional determinado, para o qual o crescimento cessa. Ao invés disso, a condição para o crescimento nulo é que a taxa de migração ( $g$ ) seja exatamente compensada pela taxa instantânea de crescimento ( $r$ ). Não importa qual o tamanho da população, o crescimento cessará sempre que estas duas constantes forem iguais. Lembrando que a taxa de crescimento instantânea é a diferença entre as taxas de natalidade ( $b$ ) e de mortalidade ( $d$ ) instantâneas (veja Capítulo 1), temos:

$$b = g + d \quad \text{Expressão A.9}$$

Em palavras, o crescimento cessará sempre que a taxa de natalidade for igual à soma da taxa de emigração com a taxa de mortalidade. Se  $b$  for maior que  $g + d$ , a população aumenta exponencialmente e se  $b$  for menor que  $g + d$ , a população diminuirá exponencialmente.

## ANALISANDO A ESTABILIDADE DO EQUILÍBRIO

Já definimos as soluções de equilíbrio para os nossos modelos, mas ainda resta um passo adicional importante. Precisamos analisar a estabilidade dos equilíbrios. Como foi explicado no livro, a estabilidade de um ponto de equilíbrio pode ser de três tipos diferentes: estável, instável e neutralmente estável.

Para entender a idéia da estabilidade, imagine uma população no equilíbrio, onde se cancelam todas as forças positivas ou negativas que afetam a população. Agora, imagine que você perturba a população com a adição ou a remoção de

indivíduos. O que sucede agora que a população já não está em equilíbrio? Se ela regressar ao tamanho populacional original, o ponto de equilíbrio seria estável. Por outro lado, se a população continuar a se afastar do seu tamanho inicial, o ponto de equilíbrio seria instável. Finalmente, se a população permanecer em repouso no seu novo tamanho, então o ponto de equilíbrio seria neutralmente estável.

Tecnicamente, esta análise se baseia na idéia de estabilidade local, porque estamos apenas analisando perturbações que deslocam a população para uma pequena distância do ponto de equilíbrio. Se a população for perturbada mais violentamente, ela não regressará necessariamente a um ponto de equilíbrio estável. Se a perturbação deslocar a população para as imediações de um novo ponto de equilíbrio, que também seja estável, a população pode acabar se deslocando para esse novo equilíbrio.

Como testar matematicamente a estabilidade do equilíbrio? A via mais simples é a de resolver as equações em relação ao ponto de equilíbrio, como fizemos acima. Em seguida, colocamos o tamanho da população um pouco acima do equilíbrio e utilizamos esse valor de  $N$  para resolver a equação de crescimento. A taxa de crescimento populacional será positiva quando a população está ligeiramente acima do equilíbrio? Se sim, a população continuará se afastando do ponto de equilíbrio, que será conseqüentemente instável. Por outro lado, se a taxa de crescimento for negativa quando a população está um pouco acima do equilíbrio, o ponto de equilíbrio provavelmente será estável. Finalmente, se a taxa de crescimento continuar a ser zero, depois da população ser deslocada ligeiramente acima do equilíbrio, temos um equilíbrio neutro. É aconselhável repetir o procedimento com um valor de  $N$  ligeiramente abaixo do tamanho populacional de equilíbrio, para ver se o comportamento do modelo é consistente. Neste caso, a população deveria aumentar em direção a um equilíbrio estável, diminuir se afastando de um equilíbrio instável e permanecer constante ( $dN/dt = 0$ ) no caso de um equilíbrio neutro.

Para equações de crescimento simples, também podemos analisar a estabilidade graficamente. Para isso, tomamos da equação os elementos de crescimento positivos e negativos e dividimos cada um deles por  $N$ , de tal forma que eles apareçam como taxas per capita (por indivíduo). Em seguida, representamos estas duas equações num gráfico com o tamanho da população ( $N$ ) no eixo  $x$  e os elementos de crescimento per capita no eixo  $y$ . Se as duas curvas não se cruzarem não existe equilíbrio, porque não existe nenhum valor de  $N$  para o qual as taxas de natalidade e de mortalidade per capita se igualam. Se as curvas se interceptarem numa área do gráfico onde o tamanho populacional é maior ou igual a zero, a interseção constitui uma solução de equilíbrio para a equação. O ponto do eixo  $x$  exatamente abaixo do ponto de interseção representa o tamanho populacional de equilíbrio. Se houver mais do que uma interseção, então há mais do que um ponto de equilíbrio. Se as duas curvas forem completamente idênticas, então todos os tamanhos populacionais serão pontos de equilíbrio.



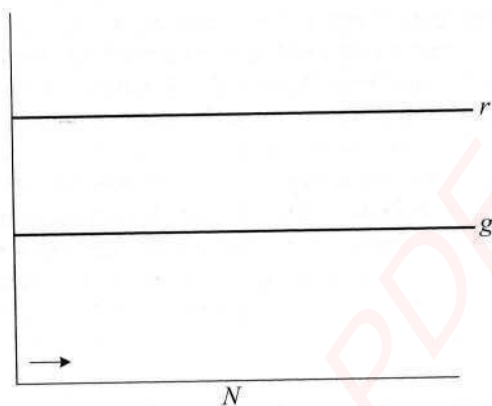
É sempre bom confirmar se a interseção das linhas representa um equilíbrio, resolvendo algebricamente a equação de crescimento igualada a zero. Em seguida, examinamos as curvas de natalidade e mortalidade para populações ligeiramente deslocadas do equilíbrio. Se a curva de natalidade fica acima da curva de mortalidade, então, nesse tamanho populacional, a população aumenta. Se a curva de natalidade ficar abaixo da curva de mortalidade, a população diminui. Podemos representar esses aumentos ou diminuições com setas horizontais no gráfico, onde a origem de cada seta é colocada logo à esquerda ou à direita de cada ponto de equilíbrio. Este gráfico revelará claramente se o ponto de equilíbrio é localmente estável ou instável. Recorde que se a população não aumenta nem diminui depois de ser afastada do equilíbrio, então o ponto de equilíbrio é neutralmente estável. Isto sucederá no caso das curvas de natalidade e mortalidade serem iguais, porque um pequeno deslocamento para a direita ou para a esquerda do equilíbrio levará a população para outro equilíbrio.

A Figura 2.1 mostra um exemplo desta análise, ilustrando os valores de natalidade e mortalidade per capita do modelo de crescimento logístico em função do tamanho da população. No modelo logístico, a taxa de natalidade per capita diminui e a taxa de mortalidade per capita aumenta com o aumento da população. Estas duas curvas se interceptam num ponto de equilíbrio.

Como foi explicado no Capítulo 2, este ponto de equilíbrio corresponde à capacidade de suporte,  $K$ , do ambiente.  $K$  é um ponto de equilíbrio estável. Quando o tamanho da população é inferior a  $K$ , a taxa de natalidade per capita excede a taxa de mortalidade per capita, e a população aumenta. Acima de  $K$ , a taxa de mortalidade excede a taxa de natalidade, e a população diminui em direção a  $K$ .

Agora analisemos a Equação A.2, na qual existe uma taxa per capita constante de emigração para fora da população ( $dN/dt = rN - gN$ ). Neste caso, a solução de equilíbrio é  $r = g$  (Equação A.4). Para analisar a estabilidade do equilíbrio, representamos, em função do tamanho da população, aqueles elementos per capita da equação que levam a aumentos ou diminuições da população. O termo de crescimento nesta equação é  $rN$ , mas ao representá-lo num valor per capita obtemos  $rN/N = r$ . De forma semelhante, o termo de emigração é representado por  $g$ , como um valor per capita. Se  $r$  e  $g$  não forem iguais, o gráfico consistirá em duas linhas paralelas que nunca se cruzam (Figura A.2). Se  $r$  for maior que  $g$ , a população estará crescendo exponencialmente, e se  $r$  for menor que  $g$ , a população estará diminuindo exponencialmente. Em ambos os casos, a população não atinge um equilíbrio.

Todavia, se  $r$  for igual a  $g$ , as duas linhas serão idênticas e representarão um equilíbrio neutro. Neste caso, qualquer que seja o tamanho populacional escolhido, a condição  $r = g$  será cumprida. Se a população for deslocada para cima ou para baixo do equilíbrio, o novo tamanho populacional também corresponderá a um ponto onde  $r$  é igual a  $g$ , e assim sendo, não haverá crescimento populacional. Assim, temos um equilíbrio neutro.



**Figura A.2** A taxa intrínseca de crescimento ( $r$ ) e a taxa proporcional de emigração ( $g$ ) representadas em função do tamanho da população ( $N$ ). Como estas duas curvas nunca se cruzam, não existe um tamanho populacional para o qual estas duas forças se cancelem e como tal, não existe um tamanho populacional de equilíbrio no qual  $dN/dt=0$ .

Para um exemplo mais complexo, vamos analisar agora o equilíbrio da equação A.1. Neste modelo, existe crescimento exponencial ( $rN$ ) e os indivíduos estão saindo da população a uma taxa constante  $c$ . A solução de equilíbrio é o tamanho populacional  $N=c/r$  (Equação A.3).

Para analisar a estabilidade deste equilíbrio, primeiro represente as duas componentes do crescimento com valores per capita em função de  $N$ . Como antes, a representação do termo de crescimento  $rN$  em valores per capita significa representar  $rN/N=r$  no gráfico.

Você pode ter pensado em também representar a taxa de emigração  $c$ , como uma linha reta, mas isto seria incorreto. Lembre que cada termo deve ser representado com valores per capita, ou por indivíduo. Isto significa que você deve representar  $c/N$  em função de  $N$ , que é o gráfico de uma hipérbole.

Há dois casos a considerar. O primeiro é quando a taxa instantânea de crescimento ( $r$ ) é inferior a zero. Neste caso, as duas linhas não se interceptam e não existe equilíbrio.\* Isto faz sentido intuitivamente. Se a população está diminuindo

\* Tecnicamente, existe um ponto de equilíbrio correspondente a  $N=0$ , o que acontece com quase todos os modelos de crescimento populacional. O ponto de equilíbrio zero pode ser estável ou instável, dependendo de uma população pequena apresentar tendência para diminuir ou para crescer. Segundo a explicação do apêndice, o ponto de equilíbrio zero para a Equação A.1 é estável. Alguns modelos populacionais chegam mesmo a gerar equilíbrios com tamanhos populacionais negativos. Estes equilíbrios podem ter relevância para os matemáticos, mas não para os ecólogos.

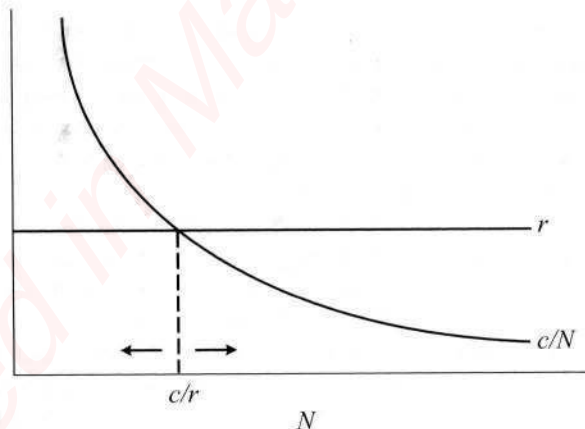


do exponencialmente, a perda adicional de emigrantes a uma taxa constante não levará a um equilíbrio e a população diminuirá até ao zero.

No entanto, se a taxa intrínseca de crescimento for positiva, a linha reta do  $r$  ficará acima do eixo  $x$  e interceptará a curva hiperbólica de  $c/N$  no valor  $c/r$ , estabelecendo um ponto de equilíbrio (Figura A.3). Este equilíbrio é estável? À esquerda da interseção, a curva  $c/N$  fica acima da linha  $r$ , por isso a população aumenta. À direita da interseção, as posições se invertem e a população diminui. Em outras palavras, qualquer deslocamento para fora do equilíbrio leva a população para ainda mais longe da interseção. Assim, a população tem um ponto de equilíbrio instável. Se a população diminuir, mesmo que ligeiramente abaixo do equilíbrio, a emigração vencerá o crescimento e a população diminuirá em direção ao zero. Se a população for deslocada para cima do equilíbrio, ela começará a aumentar.

Assim, o movimento de indivíduos a uma taxa de emigração constante, saindo de uma população em crescimento exponencial ( $r$  positivo) resulta em um equilíbrio instável. Este equilíbrio instável também representa um tamanho mínimo viável, porque se a população descer abaixo do equilíbrio, ela continuará diminuindo até desaparecer.

Estas análises ilustram métodos gráficos e numéricos que podem ser usados para achar o equilíbrio e para analisar a sua estabilidade em modelos simples de



**Figura A.3** Taxa intrínseca de crescimento ( $r$ ) e taxa constante de emigração, representadas em função do tamanho da população ( $N$ ). Como as curvas estão representadas em valores per capita, a taxa de emigração aparece como  $c/N$ . As duas curvas se interceptam no ponto de equilíbrio  $N=c/r$ . Como a taxa de crescimento é positiva à direita da interseção e negativa à esquerda da interseção, o equilíbrio é instável.

crescimento populacional. Estas análises também mostram porque é importante enunciar claramente as condições do modelo. A escolha de modelar a emigração como uma taxa constante ( $c$ ), ou como uma constante per capita ( $g$ ) tem uma grande influência nas previsões do modelo. Para um exemplo de um modelo de crescimento populacional com mais de um ponto de equilíbrio – um estável e outro instável – consulte o Problema 2.3.

Em modelos que incluem duas ou mais espécies em interação (Capítulos 5 e 6), a estratégia utilizada aqui não funciona, porque o tamanho populacional de equilíbrio para uma espécie dependerá do tamanho populacional das outras espécies e vice-versa. Nestes casos, normalmente pode-se analisar os estados de equilíbrio por meio de um gráfico de espaço de fase. O espaço de fase representa as isoclinas de duas espécies num gráfico onde as abundâncias das espécies formam os eixos  $x$  e  $y$ . O Capítulo 5 descreve os detalhes do método. Estas soluções gráficas são apropriadas para modelos simples com isoclinas lineares. No entanto, nos modelos não-lineares (e.g., algumas das variações do modelo no Capítulo 6) nem sempre é possível inferir a dinâmica a partir de um gráfico de espaço de fase. Estes casos requerem ferramentas matemáticas mais complexas; Roughgarden (1998) apresenta uma boa introdução a esses métodos. Também existem alguns programas de computador, como o *Mathematica* ou o *Matlab*, que resolvem equações numericamente e analisam a sua estabilidade.

## A INTEGRAL: PROJETANDO O CRESCIMENTO DA POPULAÇÃO

Vamos rever o que fizemos até agora. Primeiro, modelamos o crescimento da população descrevendo matematicamente os componentes que determinam a taxa de crescimento populacional  $dN/dt$ . Em seguida, igualamos esta equação de crescimento a zero e resolvemos para achar o(s) ponto(s) de equilíbrio. Finalmente, usamos análises gráficas e numéricas simples para determinar se o equilíbrio era estável, instável ou neutro.

Os capítulos deste livro seguem uma estratégia semelhante para análise de diversos tipos de modelos populacionais. Embora o texto apresente equações diferenciais do crescimento populacional e algumas manipulações algébricas para resolvê-las, não se chega realmente a utilizar cálculo!

E então, existe alguma necessidade de cálculo na modelagem do crescimento populacional? Lembre o objetivo original apresentado no início deste apêndice: derivar uma função que permita prever o tamanho de uma população no tempo  $t$ . Em vez disso, o que fizemos foi derivar uma equação que nos dá a taxa de crescimento populacional ( $dN/dt$ ) num determinado tempo ou determinado tamanho da população.

Como a integração é a operação inversa da derivação, a integral de uma equação de crescimento vai prever o tamanho da população. Assim, as regras da integração podem ser aplicadas às equações de crescimento para convertê-las numa forma que poderá ser usada em previsões ou prognósticos do tamanho



populacional. Por exemplo, veja os passos da integração da equação de crescimento exponencial  $dN/dt=rN$ :

$$dN_t / dt = rN_t \quad \text{Equação 1.1}$$

$$dN_t = rN_t dt \quad \text{Expressão A.10}$$

$$dN_t / N_t = r dt \quad \text{Expressão A.11}$$

Segundo as regras de cálculo, a derivada  $d \ln(x)/dx=1/x$ , de tal forma que  $dx/x = d \ln(x)$ . E então:

$$d \ln(N_t) = r dt \quad \text{Expressão A.12}$$

Integrando ambos os lados, obtemos:

$$\ln N_t - \ln N_0 = rt - rt_0 \quad \text{Expressão A.13}$$

E rearranjando os termos:

$$\ln(N_t/N_0) = r(t-t_0) \quad \text{Expressão A.14}$$

$$N_t/N_0 = e^{r(t-t_0)} \quad \text{Expressão A.15}$$

$$N_t = N_0 e^{r(t-t_0)} \quad \text{Expressão A.16}$$

Substituindo  $t_0=0$  obtemos:

$$N_t = N_0 e^{rt} \quad \text{Equação 1.2}$$

Matematicamente, as duas equações dizem a mesma coisa, mas uma delas dá um resultado em termos de taxa de crescimento populacional (Equação 1.1) e a outra dá um resultado em termos de tamanho populacional (Equação 1.2).

Outra situação em que as regras do cálculo são úteis é a conversão de equações discretas para equações contínuas. Por exemplo, a Equação 1.5 enuncia a relação entre  $\lambda$ , a taxa de incremento finita, e  $r$ , a taxa de crescimento instantânea:

$$e^r = \lambda \quad \text{Equação 1.5}$$

A derivação se baseia em que, à medida que  $n$  se aproxima do infinito:

$$\left(1 + \frac{x}{n}\right)^n \rightarrow e \quad \text{Expressão A.17}$$

A base  $e$  é uma constante ( $e \approx 2,718$ ) nomeada em homenagem ao matemático Suíço, Leonhard Euler (1707-1783), que também contribuiu para a ecologia com a equação de Euler (Equação 3.13). Como foi explicado no Capítulo 1, o fator de crescimento discreto  $r_d$  é equivalente à taxa de crescimento instantânea  $r$ , quando o intervalo de tempo é infinitamente pequeno. Lembre também, que a taxa de crescimento finita  $\lambda = (1+r_d)$ . Tomando  $r=x/n$ , temos:

$$e = (1+r)^{\frac{1}{r}} \quad \text{Expressão A.18}$$

$$e = (\lambda)^{\frac{1}{r}} \quad \text{Expressão A.19}$$

Elevando ambos os lados à potencia de  $r$  obtemos:

$$e^r = \lambda \quad \text{Equação 1.5}$$

Em conclusão, um bom conhecimento de cálculo facilitará o entendimento dos modelos de crescimento populacional, mas não é necessário para entender o funcionamento dos modelos básicos descritos neste livro. À medida que tentamos construir modelos ecológicos mais realistas, aumenta a tendência para escrever equações tão complexas que só podem ser resolvidas numericamente. Embora os modelos básicos possam usar pressupostos irrealistas, as suas previsões são simples e podem ser testadas empiricamente. As equações analisadas neste livro constituem o alicerce da ecologia de populações e comunidades moderna – você deve procurar atingir um entendimento sólido de como elas funcionam.



## Glossário

Números entre colchetes indicam capítulos.  
Itálico entre parênteses indica o termo em inglês.

- $\alpha$  Veja coeficiente de competição. [5] Veja eficiência de captura. [6]  
 $\alpha V$  Veja resposta funcional. [6]  
 $\beta$  Veja coeficiente de competição. [5] Veja eficiência de conversão. [6]  
 $\beta V$  Veja resposta numérica. [6]  
 $\lambda$  Veja taxa de incremento finita. [1]  
 $\lambda_s$  Veja taxa de imigração. [4]  
 $\mu_s$  Veja taxa de extinção. [4]  
 $\sigma_x^2$  Veja variância. [4]  
 $\sigma_n^2$  Veja variância do tamanho da população. [1]  
 $\sigma_r^2$  Veja variância do  $r$ . [1]  
 $1-N/K$  Veja porção não utilizada da capacidade de suporte. [2]

A Veja matriz de transição. [3, 8]

**alelopatia** (*allelopathy*) Competição por interferência química entre plantas, efetuada pela libertação de compostos químicos tóxicos, e freqüentemente aromáticos, no solo. [5]

**amostragem com reposição** Modelo estatístico no qual as unidades de amostragem são repostas após serem consecutivamente retiradas de um universo amostral definido. Rolar um dado cinco vezes seguidas é um exemplo de um modelo de amostragem com reposição. Em cada evento, a probabilidade de obter um seis é a mesma que em outro. Se um seis aparece da primeira vez, ele pode também aparecer em qualquer uma das outras quatro. [9]

**amostragem sem reposição** Modelo estatístico no qual as unidades de amostragem não são repostas após serem consecutivamente retiradas de um universo amostral definido. Uma mão de Pôquer jogada com um baralho de 52 cartas é um exemplo de amostragem sem reposição, porque as cartas são tomadas consecutivamente e não são repostas depois disto. Se o universo amostral é

grande, amostragem com ou sem reposição trazem resultados quase idênticos. Se o universo amostral é pequeno, estes dois modelos podem gerar resultados algo diferentes. [9]

**amostragem com reposição** Modelo estatístico no qual as unidades de amostragem são repostas [9] –

**amostragem sem reposição** [9]

**amplitude** (*amplitude*) Num ciclo populacional, a amplitude é a diferença entre o tamanho populacional máximo e tamanho populacional intermediário. A amplitude é expressa em número de indivíduos. [2]

**anual** (*annual*) Planta que vive durante apenas uma estação. [3]

**área relativa** ( $x_i$ ) (*proportional area*) Área relativa de uma ilha, obtida pela divisão da área da ilha pela soma das áreas de todas as ilhas no arquipélago. No modelo de amostragem passiva, a área relativa da ilha é igual à probabilidade de um propágulo distribuído ao acaso acertar nessa ilha em particular. [7]

**autômato celular** (*cellular automata*) Modelo matemático onde um conjunto de manchas é representado por uma quadrícula e onde as regras de transição para uma mancha dependem do estado das manchas circundantes. [8]

**B** Veja taxa de natalidade. [1]

**b** Veja taxa de natalidade instantânea. [1]

**b(x)** Veja plano de fecundidade. [3]

**banco de sementes** (*seed bank*) Uma acumulação no solo de sementes de longa vida que têm o potencial para germinar muitos anos após terem sido depositadas. Um banco de sementes pode complicar a dinâmica de uma população introduzindo um retardo no crescimento populacional. [1]

**c(x)** Veja distribuição etária estável. [3]

**caos** (*chaos*) Padrão especial de flutuação temporal imprevisível no tamanho de uma população. Este padrão resulta de um modelo inteiramente determinístico. As flutuações caóticas são geradas por modelos discretos de crescimento populacional com forte densidade-dependência e alta taxa intrínseca de crescimento. Embora as populações caóticas sejam muito sensíveis às condições iniciais, a dinâmica caótica não é causada por variações aleatórias no ambiente. [2]

**capacidade de suporte** (**K**) (*carrying capacity*) Número máximo de indivíduos suportável numa população crescendo de acordo com a equação de crescimento populacional logístico. Este limite reflete a disponibilidade de espaço, alimentos, e outros recursos. A capacidade de suporte é expressa em número de indivíduos. [2]

**censo pós-reprodutivo** (*post-breeding census*) Um censo de uma população que é realizado a cada ano (ou intervalo de tempo) logo após a reprodução de todos os indivíduos. [3]

**chuva de propágulos** (*propagule rain*) Modelo de metapopulação no qual a probabilidade de colonização não é afetada pela proporção de lugares ocupados na metapopulação. A chuva de propágulos pode ocorrer quando existe uma



- grande fonte de colonizadores externa, ou até um banco de sementes de longa vida que atua como uma fonte constante de propágulos.
- ciclo limite estável** (*stable limit cycle*) Um ciclo populacional que é estável. Em outras palavras, se a população for perturbada, ela retornará ao mesmo padrão cíclico, com a mesma amplitude e período. Um ciclo limite estável não é um só ponto de equilíbrio, no entanto, ele representa um equilíbrio estável porque a população sempre regressa ao ciclo após uma pequena perturbação. [2]
- classe etária** (*age class*) Indivíduos de idades compreendidas por um determinado intervalo são colocados numa classe etária comum. O conjunto de indivíduos da classe etária  $i$  inclui os indivíduos de idades entre  $i - 1$  e  $i$ . Assim, a classe etária 1 inclui desde os indivíduos recém-nascidos até aqueles que estão quase completando o seu primeiro ano de vida. A contagem das classes etárias começa em 1, enquanto as idades começam em 0. A classe etária de um indivíduo é indicada por um algarismo em índice. Por exemplo,  $f_6$  representa os indivíduos da sexta classe etária. [3]
- coeficiente de competição** ( $\alpha$ ) (*competition coefficient*) No modelo de competição de Lotka-Volterra,  $\alpha$  é o efeito per capita da espécie 2 sobre o crescimento populacional da espécie 1, medido relativamente ao efeito da espécie 1 sobre ela própria. Sendo uma constante escalar,  $\alpha$  é um número adimensional, sem unidades. [5]
- coeficiente de competição** ( $\beta$ ) (*competition coefficient*) No modelo de competição de Lotka-Volterra,  $\beta$  é o efeito per capita da espécie 1 sobre o crescimento populacional da espécie 2, medido relativamente ao efeito da espécie 2 sobre ela própria. Sendo uma constante escalar,  $\beta$  é um número adimensional, sem unidades. [5]
- colonização interna** (*internal colonization*) Uma metapopulação onde os propágulos provêm somente de lugares ocupados. Neste caso, se acontecer uma extinção regional a colonização cessa porque não existe uma fonte externa de propágulos. [4]
- competição interespecífica** (*interspecific competition*) Competição por recursos limitantes entre indivíduos de espécies diferentes. [5]
- competição intraespecífica** (*intraspecific competition*) Competição por recursos limitantes entre indivíduos da mesma espécie. O modelo de crescimento logístico (Equação 2.1) incorpora a idéia de competição intra-específica. [5]
- competição por exclusão** (*pre-emptive competition*) Competição por espaço de fixação ou de enraizamento como um recurso limitante. A competição por exclusão é comum entre plantas, algas e invertebrados marinhos sésseis. [5]
- competição por exploração** (*exploitation competition*) Competição que ocorre quando duas espécies usam um recurso comum de disponibilidade limitada. [5]
- competição por interferência** (*interference competition*) Competição em que os indivíduos se comportam de uma forma que reduz a eficiência de exploração dos seus competidores. Alguns exemplos incluem a territorialidade, a interferência comportamental entre animais e a alelopatia entre plantas. [5]

- compromissos** (*tradeoffs*) Na teoria das histórias de vida, os compromissos ocorrem quando valores altos de um carácter estão associados a valores baixos de outro. Por exemplo, indivíduos que investem fortemente em reprodução no início da vida podem ter uma sobrevivência baixa no final. Os compromissos aparecem, em parte, porque os organismos dispõem de uma quantidade limitada de energia, que precisa ser distribuída entre as funções que promovem o crescimento, a sobrevivência e a reprodução. [3]
- comunidade clímax** (*climax community*) A comunidade clímax é a conclusão do modelo clássico de facilitação, uma comunidade diversa, que se auto-substitui e é relativamente estável. A comunidade clímax pode ser removida por uma perturbação, reiniciando-se a seqüência da sucessão. [8]
- constante de meia-saturação** (*D*) (*half-saturation constant*) Numa resposta funcional Tipo II ou Tipo III, *D* é abundância de vítimas à qual a taxa de alimentação do predador é metade da taxa máxima (*k*). As suas unidades são número de vítimas. [6]
- coorte** (*cohort*) Grupo de indivíduos de uma população que nasceram todos no mesmo tempo e foram seguidos até à morte. A análise de coortes nos permite medir diretamente as taxas de mortalidade de diferentes idades e construir o plano  $l(x)$  da população. [3]
- crescimento populacional contínuo** (*continuous population growth*) Numa população em crescimento contínuo, os nascimentos e as mortes ocorrem continuamente, de tal forma que a trajetória da população se assemelha a uma curva perfeitamente suave. [1]
- crescimento populacional exponencial** (*exponential population growth*) Um modelo simples de crescimento populacional, onde a taxa de crescimento populacional ( $dN/dt$ ) é o produto entre o tamanho populacional corrente (*N*) e a taxa de crescimento instantânea (*r*). Uma população em crescimento exponencial tem taxas de natalidade (*b*) e de mortalidade (*d*) per capita constantes e cresce como uma conta bancária de juro composto. O crescimento exponencial implica ausência de limite para o tamanho da população e uma taxa de crescimento populacional acelerada. Embora na natureza nenhuma população apresente crescimento populacional por muito tempo, todas as populações têm o potencial para aumentar exponencialmente, porque cada indivíduo pode deixar mais do que um descendente para a próxima geração. O modelo de crescimento exponencial é a base para a maioria dos nossos esforços de modelagem em ecologia de populações e de comunidades. [1]
- curva de sobrevivência Tipo I** (*Type I survivorship curve*) Curva de sobrevivência onde as probabilidades de sobrevivência são relativamente altas para indivíduos novos e relativamente baixas para indivíduos velhos. A curva de sobrevivência Tipo I é típica dos mamíferos (incluindo humanos) que investem fortemente em cuidados parentais. [3]
- curva de sobrevivência Tipo II** (*Type II survivorship curve*) Curva de sobrevivência onde as probabilidades de sobrevivência são relativamente constantes



entre as idades. Poucas espécies apresentam uma verdadeira curva de Tipo II. Veja um exemplo no Problema 3.1. [3]

**curva de sobrevivência Tipo III** (*Type III survivorship curve*) Curva de sobrevivência onde as probabilidades de sobrevivência são relativamente baixas para indivíduos jovens e relativamente altas para indivíduos mais velhos. A curva de sobrevivência Tipo III é característica de muitas plantas e invertebrados que produzem grandes quantidades de descendentes, dentre os quais poucos sobrevivem. [3]

**D** Ver taxa de mortalidade. [1] Ver constante de meia-saturação. [6]

**d** Ver taxa de mortalidade instantânea. [1]

**$dN/dt$**  Ver taxa de crescimento populacional. [1]

**declive da relação espécies-área ( $z$ )** (*species-area slope*) Se ajustarmos uma linha a um gráfico de  $\log(\text{espécies})$  por  $\log(\text{área})$ ,  $z$  será o seu declive.  $z$  também é o expoente da função de potência  $S=cA^z$ , onde  $S$  é o número de espécies,  $A$  é a área da ilha, e  $z$  e  $c$  são constantes ajustadas. [7]

**densidade de espécies** Número de espécies por unidade de amostra ou área. Ecologistas freqüentemente se referem à riqueza de espécies quando de fato estão se referindo a densidade de espécies. [9]

**densidade total** Número total de indivíduos (sem levar em conta sua espécie) por unidade de área. Densidade total é um importante determinante da densidade de espécies, por isso é tão importante usar a rarefação para analisar padrões de riqueza de espécies. [9]

**distribuição etária estacionária** (*stationary age distribution*) Uma distribuição etária estacionária é aquela em que permanecem constantes tanto os números absolutos, como os números relativos de indivíduos em cada classe etária. A distribuição etária estacionária é um caso particular da distribuição etária estável onde  $r$ , a taxa de crescimento instantânea, é igual a 0,0. [3]

**distribuição etária estável ( $c(x)$ )** (*stable age distribution*) A quantidade relativa de indivíduos representados em cada classe etária numa população em crescimento (ou diminuição) exponencial. A fórmula da distribuição etária estável é:

$$c(x) = \frac{e^{-rx} l(x)}{\sum_{x=0}^k e^{-rx} l(x)}$$

Quando uma população atinge a distribuição etária estável, estas proporções se mantêm constantes no tempo. Uma distribuição etária estável implica que a população está crescendo de acordo com planos de sobrevivência ( $l(x)$ ) e de fecundidade ( $b(x)$ ) fixos. [3]

**doubleton** Uma espécie que é representada por exatamente dois indivíduos em uma amostra de biodiversidade. [9]

- efeito de Allee** (*Allee effect*) Aumento da taxa de natalidade instantânea ( $b$ ) ou diminuição da taxa de mortalidade instantânea ( $d$ ) à medida que a população aumenta. Na maioria dos casos, quando a população aumenta as taxas de natalidade diminuem e as taxas de mortalidade aumentam. Estes efeitos negativos da superlotação são a expressão mais típica da denso-dependência nas populações. Em algumas situações, no entanto, o crescimento acaba sendo reforçado pelo aumento do tamanho da população. O crescimento populacional pode aumentar nos casos em que indivíduos em grupos conseguem caçar mais eficientemente, encontrar parceiro de acasalamento, e se defender mais eficazmente de predadores, parasitas e doenças. Perante um aumento do tamanho da população, todas estas atividades resultariam num aumento da taxa de crescimento populacional. Eventualmente, no entanto, se espera que apareçam os efeitos negativos da superpopulação, de tal forma que a taxa de crescimento populacional acabará por se inverter se a população continuar crescendo. Os efeitos de Allee podem levar modelos simples a exibir dinâmica complexa, como no caso de um tamanho populacional sustentável mínimo (veja Problema 2.3). O efeito de Allee recebeu esse nome em homenagem ao ecólogo Warder C. Allee (1885-1955), que popularizou esta idéia no seu influente livro de texto, *Principles of Animal Ecology* (Allee et al. 1949) [2]
- efeito de alvo** (*target effect*) Efeito da área da ilha sobre a taxa de imigração. No modelo original de equilíbrio, a área da ilha afeta apenas a taxa de extinção. No entanto, se as ilhas grandes interceptarem mais propágulos, elas terão tanto taxas de extinção mais baixas, como taxas de colonização mais altas que as ilhas pequenas. [7]
- efeito de área** (*area effect*) O número de espécies aumenta com a área da ilha. [7]
- efeito de distância** (*distance effect*) O número de espécies diminui com o isolamento ou com a distância relativamente a um reservatório fonte de espécies. [7]
- efeito de resgate** (*rescue effect*) Nos modelos de metapopulação, o efeito de resgate é a redução da probabilidade de extinção local com o aumento da proporção de locais ocupados. Quando há mais locais ocupados, também há mais imigrantes entrando em cada população local, e o impulso no número de indivíduos reduz a probabilidade de extinção local. No modelo de equilíbrio de biogeografia de ilhas, o efeito de resgate é a redução da taxa de extinção em ilhas próximas versus ilhas distantes. [4]
- eficiência de captura** ( $\alpha$ ) (*capture efficiency*) Efeito de um predador sobre a taxa de crescimento per capita da população de presas:

$$\left(\frac{1}{V} \frac{dV}{dt}\right) \left(\frac{1}{P}\right)$$



$\alpha$  se expressa nas unidades de vítimas / (vítima • tempo • predador). [6]  
**eficiência de conversão** ( $\beta$ ) (*conversion efficiency*) Medida da capacidade do predador para converter uma presa em crescimento populacional per capita adicional:

$$\left(\frac{1}{P} \frac{dP}{dt}\right) \left(\frac{1}{V}\right)$$

$\beta$  expressa em unidades de predadores / (predador • tempo • vítima). [6]  
**emigração** (*emigration*) Indivíduos abandonando uma população e se deslocando para outro lugar. A emigração e a morte são as duas formas possíveis de diminuição de uma população. [1]  
**equação de diferença discreta** (*discrete difference equation*) Um modelo matemático onde o tempo é medido em intervalos discretos, em vez de contínuos. Na ecologia de populações, se usam equações de diferença discretas para modelar o tamanho populacional no próximo intervalo de tempo ( $N_{t+1}$ ) em função do tamanho populacional no tempo presente ( $N_t$ ). Se o intervalo de tempo for infinitamente pequeno, a equação de diferença discreta será equivalente a uma equação diferencial contínua. [1]  
**equação de Euler** (*Euler equation*) Derivada originalmente pelo matemático Suíço *Leonhard Euler* (1707-1783), a equação de Euler dá uma solução exata para a taxa de crescimento instantânea ( $r$ ) em termos dos planos de fecundidade ( $b(x)$ ) e de sobrevivência ( $l(x)$ ) da população. A equação de Euler é:

$$1 = \int_0^k e^{-rx} l(x) b(x)$$

O biólogo da evolução *Ronald A. Fisher* (1890-1962) usou a equação de Euler para derivar uma expressão do valor reprodutivo de indivíduos de diferentes idades. [3]  
**equação diferencial com retardo** (*delay differential equation*) Uma equação diferencial contínua que inclui uma defasagem no tempo, de tal forma que o crescimento populacional presente depende do tamanho da população em algum momento passado. [2]  
**equação diferencial contínua** (*continuous differential equation*) Idealização do crescimento populacional sob a forma de uma equação onde os intervalos de tempo entre medidas consecutivas da população são infinitamente pequenos. Representando o crescimento populacional sob a forma de uma equação diferencial contínua, podemos usar as regras do cálculo e a integração para resolver a equação. [1]  
**equação recursiva** (*recursion equation*) Equação de crescimento discreta onde o resultado de um intervalo de tempo ( $N_{t+1}$ ) constitui a entrada do próximo tempo ( $N_t$ ). As equações recursivas podem sempre se resolver de forma itera-

tiva, introduzindo valores consecutivamente, até atingir o intervalo de tempo desejado. Para algumas equações recursivas, pode se encontrar uma solução matemática que produz  $N_t$  em um único passo. [1]

**equilíbrio estável** (*stable equilibrium*) Uma população está em equilíbrio estável se ela sempre retorna ao equilíbrio após uma pequena perturbação. Caso se adicione indivíduos à população em equilíbrio, ela diminuirá até voltar a atingir o ponto de equilíbrio. Caso se remova indivíduos, ela aumentará até atingir o ponto de equilíbrio. Para entender o equilíbrio estável com uma analogia física, imagine uma bolinha de gude dentro de uma tigela curva e lisa. Se a bolinha for deslocada em direção às bordas, ela sempre retorna ao fundo da tigela. [2]

**equilíbrio instável** (*unstable equilibrium*) Um equilíbrio para o qual não existe retorno após a perturbação da população. Num equilíbrio instável, se a população for perturbada ela não regressa ao seu ponto de equilíbrio. Ao invés disso, ela se deslocará para um equilíbrio diferente, mais estável. Uma analogia física é uma bolinha de gude parada no topo de uma tigela curva e lisa invertida. A qualquer pequeno deslocamento, a bolinha rolará pela tigela abaixo até parar numa outra posição mais estável. [2]

**equilíbrio neutro** (*neutral equilibrium*) Um equilíbrio que permanece inalterado até que o sistema é perturbado e levado a repousar em um novo equilíbrio. O modelo simples de predação de Lotka-Volterra (Equações 6.1 e 6.2) contém um exemplo de equilíbrio neutro. As populações de predador e de vítima descrevem ciclos populacionais cuja amplitude é determinada pelos tamanhos populacionais iniciais. Se as populações forem perturbadas e levadas a abandonar estes ciclos, elas passarão a descrever ciclos com uma nova amplitude, determinada pelas novas condições iniciais. A analogia física do equilíbrio neutro é uma bolinha de gude em repouso sobre uma superfície plana. Se a bolinha for deslocada, ela repousará em outro lugar e aí permanecerá até ser perturbada de novo. [4]

**equitabilidade de espécies** A distribuição de abundâncias relativas das espécies na amostra. Se a distribuição é perfeitamente equitativa, cada espécie tem uma abundância igual. Índices de diversidade tais como PEI quantificam o quanto a distribuição é equitativa. Todavia, todos índices de diversidade são influenciados tanto pelo número de espécies quanto por equitabilidade. [9]

**ergodicidade** (*ergodicity*) Uma propriedade matemática de alguns modelos ecológicos. Um sistema se considera ergódico se eventualmente o seu comportamento pode se considerar independente do seu estado inicial. [8]

**espaço de fase** (*state-space graph*) O espaço de fase é um tipo de gráfico onde a abundância de duas espécies interatuantes são representadas nos eixos dos  $xy$  e dos  $yy$ . Assim, cada ponto no espaço de fase representa uma combinação de abundâncias e os pontos ao longo dos eixos representam combinações onde uma das espécies está ausente. O espaço de fase é usado para representar as



isoclinas das espécies em modelos de predação e de competição, ilustrando os pontos de equilíbrio e as trajetórias de cada espécie. [5]

**espécie pioneira** (*pioneer species*) São as primeiras espécies a aparecer num ambiente após uma perturbação. Normalmente, estas espécies têm uma série de caracteres de história de vida *r*-selecionados, que lhes permitem sobreviver nas condições físicas adversas que tipicamente se seguem a uma perturbação. [8]

**estocasticidade ambiental** (*environmental stochasticity*) Incerteza devida a variação nas condições ambientais. O ambiente pode ser modelado como uma série de anos imprevisivelmente bons ou maus para o crescimento da população. Num modelo de crescimento exponencial, esta incerteza se expressa na média e variância do *r*, a taxa de crescimento instantânea. Em um modelo de crescimento exponencial com estocasticidade demográfica, a população entra em risco de extinção se a variação do *r* for muito grande relativamente à média do *r*. Em contrapartida, no modelo determinístico, desde que o *r* seja maior que zero, a população nunca está em risco de extinção. [1]

**estocasticidade demográfica** (*demographic stochasticity*) Incerteza devida à sequência de nascimentos e de mortes numa população. Mesmo num ambiente constante (sem variação no *r*), os eventos discretos de nascimento e morte podem provocar variações imprevisíveis no tamanho da população. A estocasticidade demográfica é análoga à deriva genética, onde as frequências dos alelos numa população variam ao acaso. Em populações grandes, a estocasticidade demográfica não é importante porque, nesses casos, esta fonte de variação aleatória tende a se cancelar. Em populações pequenas, no entanto, a estocasticidade demográfica pode levar a um risco de extinção substancial, mesmo em modelos de crescimento exponencial onde a taxa de natalidade exceda a taxa de mortalidade. Em contraste, nos modelos deterministas de crescimento exponencial, as populações pequenas nunca estão em risco de extinção desde que o *r* seja maior que zero. [1]

**extinção local** (*local extinction*) Desaparecimento de uma única população em uma metapopulação. [4]

**extinção regional** (*regional extinction*) O desaparecimento de todas as populações locais de uma metapopulação. [4]

*f* Veja fração de lugares ocupados. [4]

$F_i$  Veja fertilidade. [3]

**fator de crescimento discreto** ( $r_d$ ) (*discrete growth factor*) É a proporção constante de aumento por intervalo de tempo num modelo de crescimento populacional exponencial discreto. As unidades são indivíduos / (indivíduo • tempo). Se o intervalo de tempo for infinitamente pequeno, então  $r_d$  será igual a *r*, a taxa de crescimento instantânea no modelo de crescimento exponencial contínuo.  $r_d$  também é igual a  $\lambda - 1$ , onde  $\lambda$  é a taxa de incremento finita. [1]

**fertilidade** ( $F_i$ ) (*fertility*) Número de descendentes fêmeas produzidas por fêmeas da classe etária *i*. Os coeficientes de fertilidade são representados por

elementos na primeira linha da matriz de Leslie. Pode-se calcular a fertilidade como  $F_i = b(i)P_i$ . Desta forma, a fecundidade das fêmeas de idade  $i$  é descontada por  $P_i$ , ou seja, a sobrevivência ao longo da classe  $i$ . Este desconto é necessário porque, para que as fêmeas possam se reproduzir e ter os seus descendentes contados, elas precisam sobreviver o intervalo de tempo correspondente à classe etária. Esta fórmula se aplica apenas em populações modeladas com nascimentos em pulso e censos pós-reprodutivos. [3]

**fração de lugares ocupados ( $f$ )** (*fraction of sites occupied*) A fração de lugares ocupados é a proporção de lugares disponíveis que contém populações. É um número que varia entre um mínimo de 0,0 (extinção regional) e um máximo de 1,0 (saturação da paisagem). [4]

**G** Veja tempo de geração. [3]

**$g(x)$**  Veja probabilidade de sobrevivência. [3]

**gerações discretas** (*non-overlapping generations*) Gerações de uma população onde os progenitores morrem antes dos seus descendentes nascerem. Normalmente, este tipo de população não tem estrutura etária e pode ser modelada com uma equação de diferença discreta. [1]

**gráfico de ordem de abundâncias** (*rank abundance graph*) Representação gráfica dos dados de biodiversidade. O eixo  $x$  do gráfico é a ordenação de espécies da mais abundante para a menos abundante. O eixo  $y$  é a abundância de cada espécie. Cada barra no gráfico representa uma espécie e a altura sua abundância. O gráfico de ordem de abundâncias pode também ser usado para representar dados nos quais cada espécie é medida em unidades de biomassa ou porcentagem de cobertura. [9]

**h** Veja tempo de manuseio.

**homogeneidade** (*homogeneity*) Propriedade matemática de alguns modelos de Markov. Uma matriz de transição é homogênea se os seus elementos não se alterarem ao longo do tempo. [8]

**I** Veja taxa de imigração. [4] Veja taxa de imigração máxima. [7]

**idade** (*age*) A idade de um indivíduo equivale ao tempo que passou desde o seu nascimento. Desse modo, considera-se que os recém-nascidos têm idade 0 e não 1. A idade de um indivíduo se representa com uma variável entre parênteses. Por exemplo,  $f(6)$  representa indivíduos de idade 6. [3]

**imigração** (*immigration*) Indivíduos entrando numa população a partir de outro lugar. A imigração e o nascimento são as duas formas possíveis de aumento de uma população. [1]

**independente da densidade** (*density-independent*) Diz-se de processos populacionais que não são afetados pela densidade (ou tamanho) corrente da população. Quando as taxas instantâneas de natalidade e mortalidade ( $b$  e  $d$ ) são independentes da densidade, uma população cresce exponencialmente porque



as taxas se manterão inalteradas não importa quão grande se torne a população. [2]

**interações competitivas** (*competitive interactions*) Interações onde as espécies têm um efeito negativo recíproco sobre as taxas de crescimento das suas populações, controlando mutuamente o tamanho populacional. [5]

**intervalo de confiança de 95%** Para uma variável aleatória, o intervalo de confiança de 95% incluiria 95% dos valores gerados em uma série de amostras ao acaso. Falando tecnicamente, 95% do tempo, um intervalo contruído desta forma iria conter a expectativa verdadeira, ou média, da distribuição. [9]

**iteróparo** (*iteroparous*) Organismos iteróparos são aqueles que se reproduzem em mais do que uma idade ao longo da sua história de vida. O plano de fecundidade de um organismo iteróparo sempre inclui duas ou mais entradas não nulas para as idades reprodutivas. [3]

**K** Veja capacidade de suporte. [2]

**k** Veja taxa de alimentação máxima. [6]

**l(x)** Veja plano de sobrevivência. [3]

**matriz de Leslie** (*Leslie matrix*) Representação matricial dos parâmetros de natalidade e mortalidade de um modelo de crescimento populacional com estrutura etária. Os elementos da primeira linha da matriz representam as fertilidades de cada classe etária e a subdiagonal representa as probabilidades de sobrevivência de uma classe etária para a próxima. A matriz de Leslie foi desenvolvida pelo ecólogo de populações *Patrick H. Leslie*. [3]

**matriz de transição** (*transition matrix*) Matriz quadrada de dimensões  $n \times n$  onde os elementos  $P_{ij}$  indicam a probabilidade de uma transição do estado  $j$  para o estado  $i$  em um único intervalo de tempo. Em modelos de sucessão, estas probabilidades descrevem transições entre estados da comunidade, enquanto nos modelos demográficos com estrutura etária, elas representam transições entre diferentes idades ou fases do ciclo de vida. Nos modelos demográficos, os elementos da matriz de transição podem ser maiores do que 1,0 se representarem transições reprodutivas. Nos restantes casos, os elementos da matriz variam entre 0,0 e 1,0. [3, 8]

**média** ( $\bar{x}$ ) (*mean*) A média aritmética é uma medida da tendência central de uma distribuição ou série de valores. Calcula-se como  $\Sigma x/n$ , onde  $n$  é o tamanho amostral. Em outras palavras, os valores são todos somados e finalmente divididos pelo número de observações na amostra. A média é a medida de tendência central mais intuitiva, mas não é, de forma alguma, a única. Entre as outras medidas temos a mediana (o ponto intermédio numa série de observações ordenadas) e a moda (o valor mais comum da amostra). Podemos também calcular outras médias, como a média geométrica, ou a média harmônica.

Estas duas últimas medidas são úteis em algumas análises ecológicas, porque elas refletem a natureza multiplicativa do crescimento populacional. [1]

**média do tamanho da população ( $N$ ) (*mean population size*)** Tendência central para o tamanho da população. Num modelo estocástico de crescimento, a média do tamanho da população é o  $N$  médio gerado por várias execuções do modelo. [1]

**metapopulação (*metapopulation*)** Um grupo de várias populações locais, interligadas pela emigração e imigração. O movimento de indivíduos entre populações afeta a dinâmica local, de tal forma que o crescimento e persistência das manchas individuais de uma metapopulação difere do que seria o crescimento e persistência de uma população isolada. [4]

**modelo de amostragem passiva (*passive sampling model*)** Modelo estatístico da relação espécies-área que não leva em conta a diversidade de habitat nem a extinção e ilhas pequenas. O modelo trata as ilhas como alvos passivos que diferem com respeito à área e assume que as espécies se distribuem aleatoriamente através do arquipélago. Este modelo pode gerar a curva espécies-área esperada, sem levar em conta a atuação de forças biológicas. [7,9]

**modelo de crescimento logístico (*logistic growth model*)** Modelo de crescimento populacional que incorpora os conceitos de limitação de recursos e denso-dependência nas taxas de natalidade e/ou mortalidade instantâneas. O modelo de crescimento logístico foi introduzido pelo ecólogo *Pierre F. Verhulst* (1804-1849). Ele gera uma curva em forma de  $S$  típica, onde a taxa de crescimento populacional acelera inicialmente e depois desacelera. A população acaba atingindo uma capacidade de suporte constante,  $K$ , que reflete a disponibilidade de recursos no ambiente. Se a população começar acima da sua capacidade de suporte, então ela diminui de tamanho, até atingir o  $K$ . Pode-se derivar o modelo de crescimento exponencial como um caso particular do modelo de crescimento logístico, onde as taxas de natalidade e de mortalidade são ambas independentes da densidade. A fórmula para o crescimento populacional logístico é  $dN/dt = rN(1-N/k)$ . [2]

**modelo de equilíbrio da biogeografia de ilhas (*equilibrium model of island biogeography*)** Desenvolvido por *Robert H. MacArthur* (1930-1972) e *Edward O. Wilson* (n. 1929), o modelo descreve a riqueza de espécies em ilhas como um equilíbrio entre a contínua colonização por novas espécies e extinção de espécies residentes nas ilhas. [7]

**modelo de facilitação (*facilitation model*)** Modelo de sucessão onde cada grupo de espécies que entra numa mancha altera o ambiente de uma forma que facilita a entrada de sucessivos conjuntos de espécies. A conclusão do modelo clássico de facilitação é uma comunidade clímax que se auto-substitui. [8]

**modelo de indivíduos (*individual-based model*)** Modelo ecológico em que se utiliza um computador para simular o nascimento, crescimento, dispersão e morte de indivíduos numa população. Estes modelos são realistas, mas de computação pesada. [8]



- modelo de inibição** (*inhibition model*) Modelo de sucessão onde cada comunidade ou espécie que ocupa um determinado espaço inibe a entrada de outras espécies no agregado. A sucessão só ocorre quando uma perturbação elimina as espécies residentes, permitindo a entrada de novas espécies no local. [8]
- modelo de Markov** (*Markov model*) Modelo matricial de sucessão ou de crescimento populacional em que uma matriz é seqüencialmente multiplicada por um vetor para produzir alterações nos estados de uma população ou comunidade. [3, 8]
- modelo de Markov de primeira ordem** (*first-order Markov model*) Um modelo de Markov onde os elementos de transição dependem apenas do estado presente do agregado de espécies. Veja também homogeneidade. [8]
- modelo de Markov de segunda ordem** (*second-order Markov model*) Um modelo de Markov onde os elementos de transição dependem do estado presente do agregado de espécies e do estado no intervalo de tempo anterior. Estes modelos incorporam aspectos da seqüência histórica do desenvolvimento de uma comunidade. [8]
- modelo de nascimentos em fluxo** (*birth-flow model*) Modelo com estrutura etária onde os nascimentos ocorrem continuamente ao longo do intervalo correspondente a uma determinada classe etária, por oposição ao modelo de nascimentos em pulso. [3]
- modelo de nascimentos em pulso** (*birth-pulse model*) Modelo com estrutura etária onde os nascimentos ocorrem num pulso, ou concentrados, como se os indivíduos dessem origem a todos os seus descendentes no dia em que entram numa nova classe etária. [3]
- modelo de tolerância** (*tolerance model*) Modelo de sucessão em que as espécies não inibem nem facilitam a entrada de outras espécies na comunidade. O modelo de tolerância pode servir como uma espécie de hipótese nula para testar os modelos de inibição e de facilitação. [8]
- modelo denso-dependente** (*density-dependent model*) Modelo onde no qual as taxas de natalidade e de mortalidade instantâneas ( $b$  e  $d$ ) são influenciadas pela densidade (ou tamanho) da população. Tipicamente, estes modelos incorporam a idéia de que a sobre-população leva a uma diminuição da natalidade e a um aumento da mortalidade, funcionando como um freio para o crescimento populacional. [1]
- modelo determinístico** (*deterministic model*) Um modelo onde os parâmetros são constantes, isto é, não variam com o tempo de forma imprevisível. Num modelo determinístico não existe um elemento de aleatoriedade ou incerteza nos cálculos. Se as condições iniciais não forem alteradas, um modelo determinístico produzirá sempre o mesmo resultado. [1]
- modelo estocástico** (*stochastic model*) Um modelo em que alguns dos parâmetros variam imprevisivelmente com o tempo. Os modelos estocásticos refletem a aleatoriedade de certos fenômenos naturais, ou fenômenos dinâmicos que são complicados demais para ser modelados diretamente. Num modelo

estocástico, a trajetória da população reflete um elemento de aleatoriedade ou incerteza. Conseqüentemente, se o modelo for executado duas vezes com as mesmas condições iniciais, ele levará a resultados ligeiramente diferentes. Embora cada execução de um modelo estocástico seja única, quando o modelo é executado várias vezes, existem valores esperados para a média e variância da previsão do tamanho da população. [1]

**modelo ilha-continente** (*island-mainland model*) Modelo de metapopulação onde as extinções locais são independentes umas das outras e a colonização ocorre por uma chuva de propágulos. Ao nível da comunidade, este modelo é equivalente ao modelo de equilíbrio da biogeografia de ilhas. [4]

**modelo semi-Markov** (*semi-Markov model*) Um modelo de Markov onde as probabilidades de transição dependem da quantidade de tempo em que uma mancha permaneceu num determinado estado. Estes modelos descrevem espécies com uma variedade de histórias de vida e tempos de persistência. [8]

**monocárpica** (*monocarpic*) Uma planta que se reproduz apenas em um estado. Veja semélpara. [3]

$N$  Veja tamanho da população. [1]

$\bar{N}$  Veja média do tamanho da população. [1]

$n/t$  Veja taxa de alimentação. [6]

**número adimensional** (*dimensionless number*) Uma constante que representa a razão de duas grandezas. Como as unidades das duas grandezas são idênticas, elas se cancelam, de forma que a razão não tem unidades associadas. Exemplos incluem a taxa finita de crescimento ( $\lambda$ ) que é uma razão entre dois tamanhos populacionais consecutivos numa população em crescimento exponencial, e o valor reprodutivo ( $v(x)$ ), que é uma razão entre a futura produção de descendentes esperada para indivíduos de idade  $x$  e o número de indivíduos de idade  $x$ . [1]

**oscilações amortecidas** (*damped oscillations*) Oscilações em que o período das flutuações se vai tornando menor com o tempo. As oscilações amortecidas convergem num ponto de equilíbrio estável. [2]

$P$  Veja reservatório fonte. [7]

$P_e$  Veja probabilidade de extinção local. [4]

$P_i$  Veja probabilidade de colonização local. [4]

$P_i$  Veja probabilidade de sobrevivência. [3]

$P_n$  Veja probabilidade de persistência. [4]

$P_x$  Veja probabilidade de persistência regional. [4]

**paradoxo do enriquecimento** (*paradox of enrichment*) Interação predador-presa onde um aumento da capacidade de suporte da população da vítima desestabiliza a coexistência com o predador. [6]

**parâmetro Malthusiano** (*Malthusian parameter*) Veja taxa de crescimento instantânea. O termo se refere ao reverendo *Thomas R. Malthus* (1766-1834). O



famoso “*Essay on the Principle of Population*” de Malthus discute as implicações do crescimento exponencial nas populações humanas. [1]

**PEI (probabilidade de um encontro interespecífico)** A probabilidade que dois indivíduos escolhidos ao acaso em um conjunto de dados de biodiversidade representem duas espécies diferentes. PEI é uma medida útil de equitabilidade espécies; ela também mede a inclinação da base da curva de rarefação. [9]

**per capita (per capita)** Por indivíduo. As taxas per capita se obtêm dividindo uma quantidade pelo número de indivíduos na população ( $N$ ), ou, de forma equivalente, multiplicando por  $1/N$ . [1]

**perene (perennial)** Uma planta que vive por duas ou mais estações. [3]

**período (period)** O período de um ciclo populacional é o tempo necessário para a população completar um ciclo completo e retornar ao seu tamanho inicial. O período de um ciclo se mede em unidades de tempo. [2]

**PIG** Veja predação intraguilddia. [5]

**plano de fecundidade ( $b(x)$ ) (fecundity schedule)** O plano de fecundidade revela o número médio de descendentes nascidos por fêmea de idade  $x$  por unidade de tempo. As fecundidades são sempre representadas por números reais não-negativos. As fecundidades de algumas idades podem ser zero se as fêmeas correspondentes forem pré- ou pós-reprodutivas. [3]

**plano de sobrevivência ( $l(x)$ ) (survivorship schedule)** O plano de sobrevivência revela a probabilidade de um indivíduo sobreviver desde o nascimento até ao começo da idade  $x$ . Por definição, a sobrevivência dos recém-nascidos é de 100%, por isso  $l(0)$  é sempre igual a 1,0 e a sobrevivência da última classe etária é sempre 0,0. Entre estes dois extremos, a sobrevivência diminui (ou permanece igual) entre classes etárias consecutivas. [3]

**policárpica (polycarpic)** Uma planta que se reproduz em mais do que uma idade. Veja iteróparo. [3]

**população (population)** Uma população é um conjunto de indivíduos, todos da mesma espécie, que vivem no mesmo lugar. Embora às vezes seja difícil definir as fronteiras físicas de uma população, os indivíduos que pertencem à população têm o potencial de se reproduzirem entre si ao longo das suas vidas. [1]

**população fechada (closed population)** Numa população fechada não existe imigração nem emigração. Desta forma, as únicas forças que podem alterar o tamanho de uma população fechada são os nascimentos e as mortes. [1]

**populações fonte (source populations)** Populações nas quais a taxa de natalidade local excede a taxa de mortalidade local, e a taxa de emigração é maior do que zero. As populações fonte são “exportadores” líquidos de indivíduos. [4]

**populações sumidouro (sink populations)** Populações onde a taxa de natalidade local é menor que a taxa de mortalidade local, e em que a taxa de imigração é maior que zero. As populações sumidouro não podem persistir em isolamento, porque a sua taxa de natalidade não excede a taxa de mortalidade. As

populações sumidouros são “importadores” líquidos de indivíduos e só persistem graças à imigração. [4]

**porção não utilizada da capacidade de suporte ( $1 - N/K$ )** (*unused portion of the carrying capacity*) No modelo de crescimento logístico, este termo representa a porção da capacidade de suporte que ainda não foi usada pela população no seu tamanho atual ( $N$ ). Este termo faz com que a velocidade de crescimento seja máxima quando a população está próxima de zero, lenta quando a população se aproxima da capacidade de suporte, e negativa quando a população excede a capacidade de suporte. [2]

**predação intraguilda (PIG)** (*intraguild predation*) Interação entre competidores que exploram recursos comuns limitantes, mas que também interagem como predador e presa. PIG é comum na natureza e ela pode tanto reverter como reforçar o resultado das interações competitivas entre espécies. [5]

**princípio de exclusão competitiva** (*principle of competitive exclusion*) O princípio de exclusão competitiva afirma que “competidores perfeitos não podem coexistir”. Em outras palavras, para que a coexistência ocorra, terá de existir alguma diferença entre as espécies em relação à utilização de recursos, que seja exprimível pelos coeficientes  $\alpha$  e  $\beta$ . Repare que o princípio implica que os recursos são limitantes. Se os recursos não forem limitantes, graças à predação ou a perturbações crônicas que reduzem a abundância dos competidores, as duas espécies podem coexistir livremente utilizando recursos idênticos. [5]

**probabilidade de colonização local ( $P_i$ )** (*probability of local colonization*) A chance de um determinado lugar numa metapopulação ser colonizado durante um certo intervalo de tempo. [4]

**probabilidade de extinção local ( $P_e$ )** (*probability of local extinction*) A chance de uma população local única sofrer extinção durante um determinado intervalo de tempo. Esta probabilidade dependerá do tamanho da população e da sua taxa de crescimento, assim como dos atributos do lugar, tal como a sua área e a sua disponibilidade de recursos. [4]

**probabilidade de persistência ( $P_n$ )** (*probability of persistence*) A chance de um determinado lugar permanecer ocupado por  $n$  períodos de tempo, quando a probabilidade de extinção é  $P_e$  em cada período. A probabilidade de persistência é  $P_n = (1 - P_e)^n$ , onde  $(1 - P_e)$  é a probabilidade da extinção não ocorrer. [4]

**probabilidade de persistência regional ( $P_x$ )** (*probability of regional persistence*) A chance de que, entre um conjunto de  $x$  lugares, pelo menos um deles permaneça ocupado até ao final de um determinado período de tempo. Se os lugares forem todos idênticos e cada um deles tiver a mesma probabilidade de extinção  $P_e$ , a probabilidade de persistência regional será  $P_x = 1 - (P_e)^x$ .

**probabilidade de sobrevivência ( $g(x), P_i$ )** (*survival probability*) A probabilidade de sobrevivência  $g(x)$  para indivíduos da idade  $x$ , se define como a probabilidade de um indivíduo vivo na idade  $x$ , permanecer vivo na idade  $x + 1$ . Este valor se calcula a partir do plano de sobrevivência como  $g(x) = l(i)/l(i - 1)$ .



Esta fórmula se aplica apenas a populações de nascimentos em pulso, com censos pós-reprodutivos. As probabilidades de sobrevivência aparecem como elementos da subdiagonal na matriz de Leslie. [3]

**q** Veja taxa de mortalidade. [6]

**r** Veja taxa de crescimento instantânea. [1]

$\bar{r}$  Veja  $r$  médio. [1]

$r_d$  Veja fator de crescimento discreto. [1]

$R_0$  Veja taxa reprodutiva líquida. [1]

**$r$  médio ( $r$ )** (mean  $r$ ) Taxa de crescimento instantânea média. Esta média reflete a tendência central da taxa de crescimento per capita num ambiente variável. Em modelos com estocasticidade ambiental, se usa o  $r$  médio para prever a média e a variância do tamanho populacional. [1]

**rarefação** Modelo de amostragem de riqueza de espécies no qual subamostras de indivíduos são coletadas sem reposição a partir de um conjunto de dados de biodiversidade. Pode ser calculado o número esperado de espécies (e sua variância) para um dado número de indivíduos, levando à curva de rarefação. A curva é desenhada com o número de indivíduos no eixo  $x$  e o número de espécies no eixo  $y$ . A amostra original de  $N$  indivíduos e  $S$  espécies é colocada como um único ponto no gráfico. A curva de rarefação é estendida até sua origem e termina no ponto [1,1] porque uma amostra de um indivíduo irá sempre conter uma espécie. A curva de rarefação permite que dados de dois levantamentos de biodiversidade diferentes sejam comparados em uma escala comum de abundância. [9]

**rarefação baseada em amostra** Modelo de rarefação no qual um subconjunto de amostras é tomado ao acaso de um levantamento de biodiversidade que consiste de uma coleção de múltiplas amostras. Frequentemente, a abundância de cada espécie em cada uma destas amostras não é registrada, mas somente a presença ou ausência de cada espécie. Para uma curva de rarefação baseada em amostra, a unidade no eixo  $x$  é o número de amostras. [9]

**rarefação baseada em indivíduo** Modelo de rarefação no qual um subconjunto de indivíduos é tomado ao acaso de um levantamento de biodiversidade que consiste de uma única e grande coleção de indivíduos. Para uma curva de rarefação baseada em indivíduo, a unidade no eixo  $x$  é número de indivíduos. [9]

**regra de Darlington** (*Darlington's rule*) Esta regra, intitulada em homenagem ao biogeógrafo Philip J. Darlington, estabelece que para duplicar o número de espécies em ilhas oceânicas é necessário um aumento de dez vezes na área da ilha. [7]

**relação espécies-área** (*species-area relationship*) Aumento não-linear no número de espécies com o aumento da área da ilha. Esta relação se aplica para a maioria dos grupos de espécies e em muitos tipos de "ilhas" diferentes. [7]

- rendimento ótimo** (*optimal yield*) Nível de exploração de um recurso renovável que maximiza o rendimento da extração a longo prazo sem comprometer a continuidade do recurso. Infelizmente, o rendimento ótimo para sustentabilidade a longo prazo costuma ser inferior ao rendimento ótimo para lucro rápido. Em consequência disto, a maioria dos estoques de pesca e outros recursos renováveis são cronicamente sobre-explorados. [2]
- reservatório fonte** (*P*) (*source pool*) O conjunto das espécies de uma área fonte continental que são potenciais colonizadoras de uma ilha. [7]
- resposta funcional** ( $\alpha V$ ) (*functional response*) Taxa de captura de vítimas por um predador, em função da abundância de vítimas. As unidades são vítimas / (predador • tempo). [6]
- resposta funcional Tipo I** (*Type I functional response*) Incremento linear no consumo de presas por predador por unidade de tempo à medida que aumenta a abundância de presas. O declive da linha é  $\alpha$ , a eficiência de captura. A resposta funcional Tipo I aparece nas equações predador-presa simples de Lotka-Volterra e tende a estabilizar a dinâmica da interação. Esta resposta é irrealista porque assume que um predador pode sempre aumentar a sua taxa de alimentação. [6]
- resposta funcional Tipo II** (*Type II functional response*) Curva assintótica descrevendo o incremento no número de presas consumidas por predador por unidade de tempo, à medida que aumenta a abundância de presas. A forma da curva é determinada pela taxa de alimentação máxima ( $k$ ) e pela constante de meia-saturação ( $D$ ). Uma curva funcional Tipo II pode resultar da saciação de um predador ou de restrições no tempo de manuseio. Geralmente, a resposta é desestabilizadora, porque requer cada vez mais predadores para controlar a população da vítima à medida que a abundância da vítima aumenta. [6]
- resposta funcional Tipo III** (*Type III functional response*) Uma curva assintótica descrevendo o incremento no número de presas consumidas por predador por unidade de tempo, à medida que aumenta a abundância de presas. A curva tem forma de 'S', de tal forma que a taxa de alimentação acelera a abundâncias de vítima baixas, mas depois desacelera e se aproxima de uma assíntota a abundâncias de vítima altas. Uma resposta funcional Tipo III pode resultar da formação de imagens de busca e de trocas de presa por parte dos predadores. Ela é geralmente estabilizadora a baixas abundâncias da vítima, mas desestabilizadora quando a vítima é mais abundante. [6]
- resposta numérica** ( $\beta V$ ) (*numerical response*) Taxa de crescimento per capita da população de predadores em função da abundância de vítimas. As unidades são  $(1/P)(dP/dt)$ . [6]
- restrições** (*constraints*) O termo refere-se a limitações fisiológicas, mecânicas, ou evolutivas que impedem a evolução de certos caracteres de história de vida. Estas restrições podem representar adaptações que evoluíram por outras razões, mas limitam certos tipos de evolução na história de vida. [3]



**retardo** (*time lag*) Um atraso na resposta da população a fatores que afetam o crescimento populacional. Se o retardo for zero, o crescimento da população depende do seu tamanho corrente, como numa equação diferencial contínua. No entanto, se o retardo for, por exemplo, cinco anos, o crescimento dependerá não só do tamanho corrente, mas também do tamanho populacional há cinco anos atrás. Os retardos podem gerar dinâmicas populacionais complexas, incluindo oscilações amortecidas e ciclos limite estáveis. [2]

**robusto** (*robust*) Um modelo é robusto quando as suas previsões se mantêm, mesmo quando alguns dos seus pressupostos são violados. Quer sejam enunciados explicitamente ou não, em todos os modelos, mesmo nos modelos verbais, existe uma lista de pressupostos subjacentes. Em alguns casos, as previsões do modelo são muito sensíveis a estes pressupostos. Por exemplo, o modelo de crescimento exponencial depende criticamente do pressuposto das taxas de natalidade e mortalidade per capita constantes. Outros pressupostos, como a ausência de migração ou de retardos, são menos críticos para a previsão de crescimento exponencial da população. Frequentemente, podem-se construir novos modelos ecológicos através da violação ou alteração sistemática dos pressupostos de um modelo existente. [1]

s Veja vetor de estados. [8]

**$S(x)$**  Veja sobrevivência da coorte. [3]

**seleção  $r$ - $K$**  (*r-K selection*) Muito popular no passado, a teoria da seleção  $r$ - $K$  assumia que a densidade populacional era a força seletiva dominante na determinação dos caracteres de história de vida de um organismo. As populações que se mantinham permanentemente em baixas densidades (presumivelmente devido a causas de mortalidade externas ou perturbação) eram designadas  $r$ -selecionadas; supostamente a sua evolução favoreceria reprodução precoce e semélpara,  $r$  alto, muitos descendentes com baixa sobrevivência, uma curva de sobrevivência Tipo III e pequeno tamanho do corpo no adulto. As populações com densidades cronicamente altas eram designadas  $K$ -selecionadas e a sua evolução teria favorecido reprodução tardia e iterópara,  $r$  baixo, poucos descendentes com boa sobrevivência, uma curva de sobrevivência Tipo I e adultos grandes. [3]

**semélparo** (*semelparous*) A reprodução semélpara, ou de “*big bang*” é uma estratégia de vida onde a reprodução se concentra numa só idade. O plano de fecundidade para um organismo semélparo teria zeros para todas as classes etárias exceto para aquela única que é reprodutiva. [3]

**senescência** (*senescence*) Envelhecimento e deterioração fisiológica de indivíduos em idades pós-reprodutivas. [3]

**singleton** Espécie que é representada por exatamente um indivíduo em uma amostra de biodiversidade. Quanto mais singletons em um conjunto de dados, tanto mais provável é que haja espécies não detectadas na área de interesse que não estejam representadas na amostra. [9]

**sobrevivência da coorte ( $S(x)$ )** (*cohort survival*) Número de indivíduos de uma coorte que sobrevivem até à idade  $x$ . Por definição,  $S(0)$  é o número de indivíduos na origem da coorte. [3]

**sucessão** (*succession*) Mudança na estrutura da comunidade ao longo do tempo. [8]

**sucessão primária** (*primary succession*) Sucessão que se desenrola num substrato novo, que nunca foi colonizado por organismos vivos. [8]

**sucessão secundária** (*secondary succession*) Sucessão que se desenrola após uma perturbação que removeu uma comunidade previamente estabelecida numa mancha. Alguns elementos da comunidade podem se reestabelecer a partir da mesma mancha, enquanto outros elementos colonizarão a partir de manchas adjacentes, que não foram perturbadas. [8]

**T** Veja taxa de substituição. [7]

**tabela de vida de coorte** (*cohort life table*) Veja tabela de vida horizontal. [3]

**tabela de vida estática** (*static life table*) Veja tabela de vida vertical. [3]

**tabela de vida horizontal** (*horizontal life table*) Uma tabela de vida onde o plano de sobrevivência ( $l(x)$ ) se calcula seguindo diretamente a coorte de indivíduos desde o nascimento até à morte. [3]

**tabela de vida vertical** (*vertical life table*) Uma tabela de vida onde as probabilidades de sobrevivência ( $g(x)$ ) são estimadas indiretamente, pela comparação dos tamanhos de classes etárias consecutivas. Esta estimativa assume que a população atingiu uma distribuição etária estacionária. [3]

**tamanho da população ( $N$ )** (*size of the population*) Número de indivíduos numa população. [1]

**taxa de alimentação ( $n/t$ )** (*feeding rate*) A taxa a qual um indivíduo predador captura presas. As unidades são vítimas / (predador • tempo). [6]

**taxa de alimentação máxima ( $k$ )** (*maximum feeding rate*) A taxa de alimentação máxima  $k$ , que aparece nas respostas funcionais Tipo II e Tipo III, é a taxa de alimentação per capita assintótica dos predadores. As suas unidades são vítimas / (predador • tempo). [6]

**taxa de crescimento instantânea ( $r$ )** (*instantaneous rate of increase*) A taxa de crescimento instantânea é  $b - d$ , a diferença entre a taxa de natalidade instantânea ( $b$ ) e a taxa de mortalidade instantânea ( $d$ ). Num modelo de crescimento exponencial simples, a taxa de crescimento instantânea também é igual a taxa de crescimento populacional per capita:

$$\left( \frac{1}{N} \frac{dN}{dt} \right)$$

As unidades de  $r$  são indivíduos / (indivíduo • tempo). [1]

**taxa de crescimento populacional ( $dN/dt$ )** (*population growth rate*) A “velocidade” ou taxa de alteração do tamanho da população. Mede-se como a altera-



ção do tamanho da população ( $dN$ ) num intervalo de tempo muito curto ( $dt$ ).

As unidades da taxa de crescimento populacional são indivíduos / tempo. [1]

**taxa de extinção ( $E$ ), ( $\mu_e$ )** (*extinction rate*) Nos modelos de metapopulação, a taxa de extinção  $E$  é a proporção de populações locais que se extinguem por unidade de tempo. No modelo de equilíbrio da biogeografia de ilhas, a taxa de extinção  $\mu_e$  é o número de espécies residentes numa ilha que se extinguem por unidade de tempo. [4]

**taxa de extinção máxima ( $E$ )** (*maximum extinction rate*) Taxa máxima à qual as espécies residentes numa ilha podem se extinguir. Este máximo é atingido quando todas as espécies do reservatório fonte ocorrem na ilha ( $S = P$ ). [7]

**taxa de imigração ( $I$ ), ( $\lambda_e$ )** (*immigration rate*) Nos modelos de metapopulação, a taxa de imigração  $I$  é a proporção de lugares colonizados com sucesso por unidade de tempo. No modelo de equilíbrio da biogeografia de ilhas, a taxa de imigração  $\lambda_e$  é o número de espécies novas que chegam a uma ilha por unidade de tempo. Espécies “novas” são aquelas que ocorrem no reservatório fonte, mas que neste momento não ocorriam na ilha. [4]

**taxa de imigração máxima ( $I$ )** (*maximum immigration rate*) Taxa máxima à qual novas espécies podem chegar a uma ilha. Este máximo ocorre quando a ilha não tem espécies residentes. [7]

**taxa de incremento finita ( $\lambda$ )** (*finite rate of increase*) Uma razão que mede a mudança proporcional no tamanho da população de um intervalo de tempo para o próximo, num modelo discreto de crescimento exponencial. Numa população que aumenta exponencialmente,  $\lambda = N_{t+1}/N_t$ , a razão dos tamanhos da população em dois intervalos de tempo consecutivos. Como se trata de uma razão,  $\lambda$  é um número adimensional, sem unidades.  $\lambda$  é sempre um número maior que 0 porque ele é uma razão entre dois tamanhos populacionais, que são sempre valores positivos.  $\lambda$  é igual a  $1,0 + r_d$ , o fator de crescimento discreto. Se considerarmos um intervalo de tempo infinitamente curto, então  $\lambda$  também será igual a  $e^r$ , onde  $e$  é uma constante, a base dos logaritmos naturais ( $e \approx 2,718$ ), e  $r$  é a taxa de crescimento instantânea. [1]

**taxa de mortalidade ( $D$ ), ( $q$ )** (*death rate*) No modelo de crescimento exponencial, a taxa de mortalidade  $D$  é a alteração do número de mortes na população, medida ao longo de um intervalo de tempo muito curto. As suas unidades são mortes / tempo. [1] No modelo de predação de Lotka-Volterra, a taxa de mortalidade  $q$  é a taxa de mortalidade instantânea da população de predadores na ausência da população de vítimas.  $q$  é idêntica a  $d$ , a taxa de mortalidade instantânea no modelo de crescimento exponencial. As unidades são predadores / (predador • tempo). [6]

**taxa de mortalidade instantânea ( $d$ )** (*instantaneous death rate*) Taxa de mortalidade per capita da população, isto é, o número de mortes por indivíduo medidas sobre um curto intervalo de tempo. Esta taxa pode ser calculada dividindo a taxa de mortalidade ( $D$ ) pelo tamanho populacional presente ( $N$ ). As unidades são mortes / (indivíduo • tempo). [1]

**taxa de natalidade ( $B$ )** (*birth rate*) Alteração do número de nascimentos numa população, medida ao longo de um curto intervalo de tempo. As unidades são nascimentos / tempo. [1]

**taxa de natalidade instantânea ( $b$ )** (*instantaneous birth rate*) Taxa de natalidade per capita da população, isto é, o número de nascimentos por indivíduo medidos sobre um curto intervalo de tempo. Esta taxa pode ser calculada dividindo a taxa de natalidade ( $B$ ) pelo tamanho populacional presente ( $N$ ). As unidades são nascimentos / (indivíduo • tempo). [1]

**taxa de substituição ( $T$ )** (*turnover rate*) O número de espécies chegando ou desaparecendo por unidade de tempo na comunidade de uma ilha em equilíbrio. [7]

**taxa intrínseca de crescimento** (*intrinsic rate of increase*) Veja taxa instantânea de crescimento. [1]

**taxa reprodutiva líquida ( $R_0$ )** (*net reproductive rate*) Número médio de descendentes fêmeas produzidas por fêmea ao longo da vida. A taxa reprodutiva líquida equivale ao número bruto de descendentes produzidas, descontado pelas chances da fêmea morrer através das diferentes idades. O  $R_0$  se expressa em número de descendentes e se calcula a partir dos planos de fertilidade e de sobrevivência como  $R_0 = \sum l(x)b(x)$ . [3]

**tempo de duplicação** (*doubling time*) Tempo necessário para que uma população duplique de tamanho. Se uma população estiver crescendo exponencialmente ela sempre duplicará após um intervalo de tempo constante, independentemente do tamanho que ela já atingiu. O tempo de duplicação é dado por  $\ln(2)/r$ , onde  $\ln$  é o logaritmo natural e  $r$  é a taxa instantânea de crescimento. [1]

**tempo de geração ( $G$ )** (*generation time*) O tempo de geração é uma estimativa do tempo que uma coorte leva para crescer e substituir outra. Uma medida é a idade média dos progenitores de todos os descendentes produzidos por uma coorte. O tempo de geração pode ser obtido a partir dos planos de sobrevivência e fertilidade como:

$$G = \frac{\sum l(x)b(x)x}{\sum l(x)b(x)}$$

As unidades de  $G$  são de tempo. [3]

**tempo de manuseio ( $h$ )** (*handling time*) Tempo necessário para um predador capturar e consumir uma vítima ou um item alimentar. [6]

$v(x)$  Veja valor reprodutivo. [3]

**valor reprodutivo** (*reproductive value*) O valor reprodutivo é o número esperado de descendentes que virão a nascer de indivíduos de idade  $x$ , relativo ao número de indivíduos de idade  $x$ . Por definição, o valor reprodutivo dos recém-nascidos ( $v(0)$ ) é 1,0. O valor reprodutivo dos indivíduos de idade  $x$  pode ser calculado como:



$$v(x) = \frac{e^{-rx}}{l(x)} \sum_{y=x+1}^k e^{-ry} l(y) b(y)$$

Repare que o índice de contagem do somatório foi acrescentado em uma unidade. Esta alteração é necessária para aplicar a fórmula a dados reais (discretos). [3]

**variância** ( $\sigma_x^2$ ) (*variance*) A variância é uma medida de dispersão ou de incerteza relativa à média. Ela se calcula como:

$$\sum (x - \bar{x})^2 / (n-1)$$

onde  $\bar{x}$  é a média e  $n$  é o tamanho amostral. Em outras palavras, a média é subtraída a cada observação  $x$ , e o resultado é elevado ao quadrado. Estes quadrados são somados, e o total é dividido pelo tamanho amostral menos um. A variância quantifica até que ponto cada observação tende a diferir da média. Se todas as observações forem iguais, então elas não diferem da média e a variância será zero. Quanto mais imprevisíveis forem as observações, maior a variância. Repare que a média e a variância quantificam dois aspectos diferentes de uma série de números. A média mede a tendência central das observações, enquanto a variância mede até que ponto essas observações diferem da tendência central. Uma população com uma média grande pode ter uma variância pequena e vice-versa. [1]

**variância do  $r$**  ( $\sigma_r^2$ ) (*variance in  $r$* ) É a variância da taxa de crescimento instantânea. Esta variância mede a variabilidade do  $r$ , refletindo bons e maus tempos para o crescimento populacional. Nos modelos com estocasticidade ambiental, a população entra em risco de extinção quando a variância do  $r$  é muito grande relativamente à média do  $r$ . [1]

**variância do tamanho da população** ( $\sigma_N^2$ ) (*variance in population size*) Variabilidade ou incerteza associada ao tamanho médio da população. Num modelo de crescimento estocástico, a variância do  $N$  refletiria a variabilidade nos tamanhos da população gerados pelas várias execuções do modelo. Em muitos modelos estocásticos, a variância do  $N$  aumenta à medida que se estende o comprimento da série temporal. Se a variância do  $N$  for muito grande, as populações podem correr risco de extinção. [1]

**vetor de estados** (*stage vector*) Um vetor de comprimento  $n$  cujos elementos representam o número de manchas que ocupam um determinado estado em um modelo de sucessão. No equilíbrio, este vetor de estados pode representar o número relativo de manchas em cada estado, ou o tempo relativo que cada mancha passa em cada um dos estados. [8]

$\bar{x}$  Veja média. [1]

$x_i$  Veja área relativa. [7]

$z$  Veja declividade da relação espécies-área. [7]

de modo que a distribuição de probabilidade de cada unidade amostral é dada por

$$P(X = x) = \frac{n!}{k!(n-k)!} p^k (1-p)^{n-k} \quad (1)$$

onde  $n$  é o número de unidades amostrais,  $k$  é o número de unidades amostrais com a característica em estudo e  $p$  é a probabilidade de ocorrência da característica em estudo.

Assim, a distribuição de probabilidade de cada unidade amostral é dada por

$$P(X = x) = \frac{n!}{k!(n-k)!} p^k (1-p)^{n-k} \quad (2)$$

onde  $n$  é o número de unidades amostrais,  $k$  é o número de unidades amostrais com a característica em estudo e  $p$  é a probabilidade de ocorrência da característica em estudo.

Assim, a distribuição de probabilidade de cada unidade amostral é dada por

$$P(X = x) = \frac{n!}{k!(n-k)!} p^k (1-p)^{n-k} \quad (3)$$

onde  $n$  é o número de unidades amostrais,  $k$  é o número de unidades amostrais com a característica em estudo e  $p$  é a probabilidade de ocorrência da característica em estudo.

Assim, a distribuição de probabilidade de cada unidade amostral é dada por

$$P(X = x) = \frac{n!}{k!(n-k)!} p^k (1-p)^{n-k} \quad (4)$$

onde  $n$  é o número de unidades amostrais,  $k$  é o número de unidades amostrais com a característica em estudo e  $p$  é a probabilidade de ocorrência da característica em estudo.

Assim, a distribuição de probabilidade de cada unidade amostral é dada por

$$P(X = x) = \frac{n!}{k!(n-k)!} p^k (1-p)^{n-k} \quad (5)$$

onde  $n$  é o número de unidades amostrais,  $k$  é o número de unidades amostrais com a característica em estudo e  $p$  é a probabilidade de ocorrência da característica em estudo.

Assim, a distribuição de probabilidade de cada unidade amostral é dada por

$$P(X = x) = \frac{n!}{k!(n-k)!} p^k (1-p)^{n-k} \quad (6)$$

onde  $n$  é o número de unidades amostrais,  $k$  é o número de unidades amostrais com a característica em estudo e  $p$  é a probabilidade de ocorrência da característica em estudo.

Assim, a distribuição de probabilidade de cada unidade amostral é dada por

$$P(X = x) = \frac{n!}{k!(n-k)!} p^k (1-p)^{n-k} \quad (7)$$

onde  $n$  é o número de unidades amostrais,  $k$  é o número de unidades amostrais com a característica em estudo e  $p$  é a probabilidade de ocorrência da característica em estudo.



## Literatura Citada

- Abramsky, Z., M. L. Rosenzweig, & B. Pinshow. 1991. The shape of a gerbil isocline measured using principles of optimal habitat selection. *Ecology* 72: 329-340. [5]
- Abramsky, Z., O. Ovadia, & M. L. Rosenzweig. 1994. The shape of a *Gerbillus pyramidum* (Rodentia: Gerbillinae) isocline: an experimental field study. *Oikos* 69: 318-326. [5]
- Agosti, D. & N. F. Johnson (eds.). 2005. *Antbase*. World Wide Web electronic publication. antbase.org, version (05/2005). [9]
- Agosti, D., J. Majer, E. Alonso & T. R. Schultz (eds.). 2000. *Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity*. Biological Diversity Handbook Series. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. [9]
- Akcakaya, H. R. 1992. Population cycles of mammals - evidence for a ratio-dependent predation hypothesis. *Ecological Monographs* 62: 119-142. [6]
- Allee, W. C., A. E. Emerson, O. Park, T. Park, & K. P. Schmidt. 1949. *Principles of Animal Ecology*. W. B. Saunders, Philadelphia. [2]
- Anderson, R. M., & R. M. May. 1978. Regulation and stability of host-parasite population interactions .1. Regulatory Processes. *Journal of Animal Ecology* 47: 219-247. [6]
- Arcese, P., & J. N. M. Smith. 1988. Effects of population density and supplemental food on reproduction in the song sparrow. *Journal of Animal Ecology* 57: 119-136. [2]
- Arditi, R., & L. R. Ginzburg. 1989. Coupling in predator prey dynamics - ratio-dependence. *Journal of Theoretical Biology* 139: 311-326. [6]
- Arrhenius, O. 1921. Species and area. *Journal of Ecology* 9: 95-99. [7]
- Berryman, A. 1992. The origins and evolution of predator-prey theory. *Ecology* 73: 1530-1535. [6]

- Boerema, L. K., & J. A. Gulland. 1973. Stock assessment of the Peruvian anchovy (*Engraulis ringens*) and management of the fishery. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 30: 2226-2235. [2]
- Botkin, D. B. 1992. *Forest Dynamics: An Ecological Model*. Oxford University Press, Oxford. [8]
- Brewer, A. & M. Williamson. 1994. A new relationship for rarefaction. *Biodiversity and Conservation* 3: 373-379. [9]
- Brown, J. H., & A. Kodric-Brown. 1977. Turnover rates in insular biogeography: effect of immigration on extinction. *Ecology* 58. [7]
- Caswell, H. 2001. *Matrix Population Models*, 2ª edição. Sinauer Associates, Sunderland, Mass. [3,8]
- Caughley, G. 1977. *Analysis of Vertebrate Populations*. Wiley, New York. [3]
- Chao, A. 1984. Non-parametric estimation of the number of classes in a population. *Scandinavian Journal of Statistics* 11: 265-270. [9]
- Chao, A. & T.-J. Shen. 2003. Nonparametric estimation of Shannon's index of diversity when there are unseen species in sample. *Environmental and Ecological Statistics* 10: 429-433. [9]
- Chao, A. & T.-J. Shen. 2006. SPADE (Species Prediction and Diversity Estimation). <http://chao.stat.nthu.edu.tw/softwareCE.html> [9]
- Chao, A., R. L. Chazdon, R. K. Colwell & T.-J. Shen. 2005. A new statistical approach for assessing compositional similarity based on incidence and abundance data. *Ecology Letters* 8: 148-159. [9]
- Clements, F. E. 1904. The development and structure of vegetation. *Bot. Surv. Nebraska* 7: 5-175. [8]
- Clements, F. E. 1936. Nature and structure of the climax. *Journal of Ecology* 24: 252-284. [8]
- Coleman, B. D., M. A. Mares, M. R. Willig, & Y. H. Hsieh. 1982. Randomness, area, and species richness. *Ecology* 63: 1121-1133. [7,9]
- Colwell, R. K. 2004. *EstimateS, Version 7: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples* (Software and User's Guide). Freeware for Windows and Mac OS. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS> [9]
- Colwell, R. K. & J. A. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society (Series B)* 345:101-118. [9]
- Colwell, R. K., C. X. Mao & J. Chang. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology* 85: 2717-2727. [9]
- Connell, J. H., & R. O. Slatyer. 1977. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *The American Naturalist* 111: 1119-1144. [8]



- Connell, J. H., I. R. Noble, R. & O. Slatyer. 1987. On the mechanisms of producing successional change. *Oikos* 50: 136-137. [8]
- Coovert, G. A. 2006. The ants of Ohio (Hymenoptera: Formicidae). *Bulletin of the Ohio Biological Survey* 15: 1-202. [9]
- Darlington, P. J. 1957. *Zoogeography: The Geographical Distribution of Animals*. Wiley, New York. [7]
- den Boer, P. J. 1981. On the survival of populations in a heterogeneous and variable environment. *Oecologia* 50: 39-53. [4]
- Dennis, B., P. L. Munholland, & J. M. Scott. 1991. Estimation of growth and extinction parameters for endangered species. *Ecological Monographs* 61: 115-143. [1]
- Diamond, J. 1986. Overview: laboratory experiments, field experiments, and natural experiments. In J. Diamond & T. J. Case (eds.), *Community Ecology*, pp 3-22. Harper & Row, New York. [8]
- Diamond, J. M. 1972. Biogeographic kinetics - estimation of relaxation times for avifaunas of southwest pacific islands. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 69: 3199-3203. [7]
- Doak, D. F., & W. Morris. 1999. Detecting population-level consequences of ongoing environmental change without long-term monitoring. *Ecology* 80: 1537-1551. [8]
- Dobson, A. P., & P. J. Hudson. 1992. Regulation and stability of a free-living host-parasite system: *Trichostrongylus tenuis* in red grouse. II. Population models. *Journal of Animal Ecology* 61: 487-498. [6]
- Donovan, T. M., & C. Welden. 2001. *Exercises in Ecology, Evolution, and Behavior: Programming Population Models and Simulations with Spreadsheets*. Sinauer Associates, Sunderland, Mass. [Prefácio, 8]
- Durrett, R., & S. A. Levin. 1994. Stochastic spatial models: a user's guide to ecological applications. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 343: 329-350. [8]
- Ellison, A. M., S. Record, A. Arguello & N. J. Gotelli. 2007. Rapid inventory of the ant assemblage in a temperate hardwood forest: Species composition and assessment of sampling methods. *Environmental Entomology* 36: 766-775. [9]
- Ehrlich, P. R., R. R. White, M. C. Singer, S. W. McKechnie, & L. E. Gilbert. 1975. Checkerspot butterflies: a historical perspective. *Science* 188: 221-228. [4]
- Elton, C., & M. Nicholson. 1942. The ten-year cycle in numbers of the lynx in Canada. *Journal of Animal Ecology* 11: 215-244. [6]
- Facelli, J. M., & S. T. A. Pickett. 1990. Markovian chains and the role of history in succession. *Trends in Ecology and Evolution* 5: 27-29. [8]

- Fenchel, T. 1974. Intrinsic rate of natural increase: the relationship with body size. *Oecologia* 14: 317-326. [1]
- Fisher, B. L. & S. P. Cover. 2007. *Ants of North America: A Guide to the Genera*. University of California Press, Berkeley. [9]
- Fisher, R. A. 1930. *The Genetical Theory of Natural Selection*. Clarendon Press, Oxford. [3]
- Gadgil, M., & W. H. Bossert. 1970. Life history consequences of natural selection. *The American Naturalist* 104: 1-24. [3]
- Gallagher, E. D., G. B. Gardner, & P. A. Jumars. 1990. Competition among the pioneers in a seasonal soft-bottom benthic succession: field experiments and analysis of the Gilpin-Ayala competition model. *Oecologia* 83: 427-442. [5]
- Gause, G. F. 1934. *The Struggle for Existence*. Williams and Wilkins, Baltimore. [5]
- Goodman, D. 1982. Optimal life histories, optimal notation, and the value of reproductive value. *The American Naturalist* 119: 803-823. [3]
- Gotelli, N. J. 1991. Metapopulation models: the rescue effect, the propagule rain, and the core-satellite hypothesis. *The American Naturalist* 138: 768-776. [4]
- Gotelli, N. J., & L. G. Abele. 1982. Statistical distributions of West Indian land-bird families. *Journal of Biogeography* 9: 421-435. [7]
- Gotelli, N. J. & R. K. Colwell. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters* 4: 379-391. [9]
- Gotelli, N. J. & G. L. Entsminger. 2007. EcoSim: Null Models Software for Ecology. Version 7. Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear. Jericho, VT 05465. <http://www.garyentsminger.com/ecosim/ecosim.htm> [9]
- Gotelli, N. J. & G. R. Graves. 1996. *Null Models in Ecology*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. [9]
- Gotelli, N. J., & W. G. Kelley. 1993. A general model of metapopulation dynamics. *Oikos* 68: 36-44. [4]
- Gotelli, N. J., A. Chao & R. K. Colwell. Sufficient sampling for asymptotic minimum species richness estimators. In press, *Ecology*. [9]
- Hanski, I. 1982. Dynamics of regional distribution: the core and satellite species hypothesis. *Oikos* 38: 210-221. [4]
- Hanski, I., & M. Gilpin. 1991. Metapopulation dynamics: brief history and conceptual domain. *Biological Journal of the Linnean Society* 42: 3-16. [4]
- Hardin, G. 1960. The competitive exclusion principle. *Science* 131: 1292-1297 [5]



- Hardin, G. 1968. The tragedy of the commons. *Science* 162: 1243-1248. [2]
- Harrison, S., D. D. Murphy, & P. R. Ehrlich. 1988. Distribution of the bay checkerspot butterfly, *Euphydryas editha bayensis*: evidence for a metapopulation model. *The American Naturalist* 132: 360-382. [4]
- Heck, K. L. Jr., G. van Belle & D. Simberloff. 1975. Explicit calculation of the rarefaction diversity measurement and the determination of sufficient sample size. *Ecology* 56: 1459-1461. [9]
- Hillebrand, H. 2004. On the generality of the latitudinal diversity gradient. *The American Naturalist* 163: 192-211. [9]
- Holling, C. S. 1959. The components of predation as revealed by a study of small mammal predation of the European pine sawfly. *Canadian Entomologist* 91: 293-320. [6]
- Horn, H. S. 1975. Markovian processes of forest succession. In M. L. Cody & J. M. Diamond (eds), *Ecology and Evolution of Communities*, pp. 196-213. Harvard University Press, Cambridge, Mass. [8]
- Hudson, P. J., A. P. Dobson, & D. Newborn. 1985. Cyclic and noncyclic populations of red grouse: a role for parasitism? In D. Rollinson & R. M. Anderson (eds.), *Ecology and Genetics of Host-Parasite Interactions*. pp. 77-89. Academic Press, London. [6]
- Hudson, P. J., D. Newborn, & A. P. Dobson. 1992. Regulation and stability of a free-living host-parasite system - *Trichostrongylus tenuis* in red grouse. I. Monitoring and parasite reduction experiments. *Journal of Animal Ecology* 61: 477-486. [6]
- Hurlbert, S. H. 1971. The non-concept of species diversity: A critique and alternative parameters. *Ecology* 52: 577-586. [9]
- Huston, M. 1980. Soil nutrients and tree species richness in Costa Rican forests. *Journal of Biogeography* 7: 147-157. [9]
- Huston, M. A. 1994. *Biological Diversity: The Coexistence of Species on Changing Landscapes*. Cambridge University Press, Cambridge. [8]
- Hutchinson, G. E. 1967. *A Treatise on Limnology, Vol II. Introduction to Lake Biology and Limnoplankton*. Wiley, New York. [5]
- Iosifescu, M., & P. Tăutu. 1973. *Stochastic Processes and Applications in Biology and Medicine. Vol. II. Models*. Springer-Verlag, Berlin. [1]
- James, F. C. & N. O. Wamer. 1982. Relationships between temperate forest bird communities and vegetation structure. *Ecology* 63: 159-171. [9]
- Jost, L. 2007. Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology* 88: 2427-2439. [9]
- Keith, L. B. 1983. Role of food in hare population cycles. *Oikos* 40: 385-395. [6]

- Kingsland, S. E. 1985. *Modeling Nature: Episodes in the History of Population Ecology*. University of Chicago Press, Chicago. [6]
- Krebs, C. J. 1985. *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance*, 3<sup>a</sup> Ed. Harper & Row, New York. [2,5]
- Lack, D. 1967. *The Natural Regulation of Animal Numbers*. Clarendon Press, Oxford. [1]
- Law, R., & R. D. Morton. 1993. Alternate permanent states of ecological communities. *Ecology* 74: 1347-1361. [8]
- Lefkovich, L. P. 1965. The study of population growth in organisms grouped by stages. *Biometrics* 21: 1-18. [3]
- Leslie, P. H. 1945. On the use of matrices in certain population mathematics. *Biometrika* 35: 183-212. [3]
- Levins, R. 1969. The effect of random variations of different types on population growth. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 62: 1061-1065. [2]
- Levins, R. 1970. Extinction. In M. Gerstenhaber (ed.), *Some Mathematical Questions in Biology. Lecture Notes on Mathematics in the Life Sciences*. pp 75-107 The American Mathematical Society, Providence, R.I. [4]
- Lomolino, M. V. 1990. The target area hypothesis - the influence of island area on immigration rates of non-volant mammals. *Oikos* 57: 297-300. [7]
- Longino, J., J. Coddington & R. K. Colwell. 2002. The ant fauna of a tropical rain forest: estimating species richness three different ways. *Ecology* 83: 689-702. [9]
- Luckinbill, L. S. 1979. Selection of the  $r/K$  continuum in experimental populations of protozoa. *The American Naturalist* 113: 427-437. [3]
- MacArthur, R. H. 1972. *Geographical Ecology*. Harper & Row, New York. [5]
- MacArthur, R. H., & E. O. Wilson. 1963. An equilibrium theory of insular zoogeography. *Evolution* 17: 373-387. [7]
- MacArthur, R. H., & E. O. Wilson. 1967. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, Princeton, N.J. [3,7]
- Magurran, A. E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell, Malden, Mass. [9]
- Magurran, A. E. 2007. Species abundance distributions over time. *Ecology Letters* 10: 347-354. [9]
- Mao, C. X., & R. K. Colwell. 2005. Estimation of species richness: mixture models, the role of rare species, and inferential challenges. *Ecology* 86:1143-1153. [9]



- May, R. M. 1973. *Stability and Complexity in Model Ecosystems*. Princeton University Press, Princeton. [2]
- May, R. M. 1974a. Ecosystem patterns in randomly fluctuating environments. *Progress in Theoretical Biology* 3: 1-50. [1,2]
- May, R. M. 1974b. Biological populations with non-overlapping generations: stable points, stable cycles, and chaos. *Science* 186: 645-647. [2]
- May, R. M. 1976. Models for single populations. In R. M. May (ed.), *Theoretical Ecology: Principles and Applications*, pp. 4-25. W. B. Saunders, Philadelphia. [2]
- McAuliffe, J. R. 1988. Markovian dynamics of simple and complex desert plant communities. *The American Naturalist* 131: 459-490. [8]
- McGill, B. J., R. S. Etienne, J. S. Gray, D. Alonso, M. J. Anderson, H. K. Benecha, M. Dornelas, B. J. Enquist, J. L. Green, F. He, A. H. Hurlbert, A. E. Magurran, P. A. Marquet, B. A. Maurer, A. Ostling, C. U. Soykan, K. I. Ugland & E. P. White. 2007. Species abundance distributions: moving beyond single prediction theories to integration within an ecological framework. *Ecology Letters* 10: 995-1015. [9]
- Mertz, D. B. 1970. Notes on methods used in life-history studies. In J. H. Connell, D. B. Mertz, & W. W. Murdoch (eds.), *Readings in Ecology and Ecological Genetics*, pp. 4-17 Harper & Row, New York. [3]
- Mitchell, W. A., & J. S. Brown. 1990. Density-dependent harvest rates by optimal foragers. *Oikos* 57: 180-190. [6]
- Molofsky, J. 1994. Population dynamics and pattern formation in theoretical populations. *Ecology* 75: 30-39. [8]
- Moran, P. A. 1949. The statistical analysis of the sunspot and lynx cycles. *Journal of Animal Ecology* 18: 115-116. [6]
- Murphy, D. D., & P. R. Ehrlich. 1980. Two California bay checkerspot subspecies: one new, one on the verge of extinction. *Journal of the Lepidopteran Society* 34: 316-320. [4]
- Murphy, G. I. 1968. Pattern in life history and the environment. *The American Naturalist* 102: 391-403. [3]
- Niemaelä, J., Y. Haila, E. Halme, T. Lahte, T. Pajunen & P. Punttila. 1988. The distribution of carabid beetles in fragments of old coniferous taiga and adjacent managed forest. *Annales Zoologici Fennici* 25: 107-119. [9]
- Noble, I. R. 1981. Predicting successional change. In H. A. Mooney (ed.), *Fire Regimes and Ecosystem Properties*. U.S. Department of Agriculture Forest Service General Technical Report WO-26. [8]

- Olszewski, T.D. 2004. A unified mathematical framework for the measurement of richness and evenness within and among multiple communities. *Oikos* 104: 377-387. [9]
- Pacala, S. W., C. D. Canham, J. Saponara, J. J. A. Silander, R. K. Kobe, & E. Ribbens. 1996. Forest models defined by field measurements: estimation, error analysis, and dynamics. *Ecological Monographs* 66: 1-43. [8]
- Pianka, E. R. 1970. On r- and K-selection. *The American Naturalist* 104: 592-597. [3]
- Pielou, E. C. 1969. *An Introduction to Mathematical Ecology*. Wiley, New York. [1]
- Pitt, D. E. 1993. Talks at U.N. combat threat to oceans' species from over-fishing. *The New York Times*, 6/23/93. [2]
- Polis, G. A., C. A. Myers, & R. D. Holt. 1989. The ecology and evolution of intraguild predation: potential competitors that eat each other. *Annual Review of Ecology and Systematics* 20: 297-330. [5]
- Ranta, E., J. Linstrom, V. Kaitala, H. Kokko, H. Linden, & E. Helle. 1997. Solar activity and hare dynamics: A cross-continental comparison. *The American Naturalist* 149: 765-775. [6]
- Ray, C., M. Gilpin, & A. T. Smith. 1991. The effect of conspecific attraction on metapopulation dynamics. *Biological Journal of the Linnean Society* 42: 123-134. [4]
- Real, L. 1977. The kinetics of functional response. *The American Naturalist* 111: 289-300. [6]
- Reznick, D. N., M. J. Butler IV, F. H. Rodd, & P. Ross. 1996. Life-history evolution in guppies (*Poecilia reticulata*). VI. Differential mortality as a mechanism for natural selection. *Evolution* 50: 1651-1660. [3]
- Reznick, D. N., F. H. Shaw, F. H. Rodd, & R. G. Shaw. 1997. Evaluation of the rate of evolution in natural populations of guppies (*Poecilia reticulata*). *Science* 275: 1934-1937. [3]
- Roff, D. A. 1992. *The Evolution of Life Histories*. Chapman & Hall New York [3]
- Rohde, K. 1992. Latitudinal gradients in species diversity: the search for the primary cause. *Oikos* 65: 514-527. [9]
- Rose, M. R. 1984. The evolution of animal senescence. *Canadian Journal of Zoology* 62: 1661-1667. [3]
- Rosenzweig, M. L. 1971. Paradox of enrichment: destabilization of exploitation ecosystems in ecological time. *Science* 171: 385-387. [6]
- Rosenzweig, M. L. 1995. *Species Diversity in Time and Space*. Cambridge University Press, Cambridge. [9]



- Rosenzweig, M. L., & R. H. MacArthur. 1963. Graphical representation and stability conditions of predator-prey interactions. *The American Naturalist* 47: 209-223. [6]
- Roughgarden, J. 1979. *Theory of Population Genetics and Evolutionary Ecology: An Introduction*. McMillan, New York. [1,2,3]
- Roughgarden, J. 1998. *Primer of Ecological Theory*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. [A]
- Royama, T. 1971. A comparative study of models of predation and parasitism. *Researches in Population Ecology* (Supplement) 1: 1-91. [6]
- Schluter, D. 1994. Experimental evidence that competition promotes divergence in adaptive radiation. *Science* 256: 798-801. [3]
- Schoener, T. W. 1976. The species-area relation within archipelagoes: models and evidence from island birds. pp. 1-17 in *Proceedings of the 16th International Ornithological Congress*, Canberra, Australia. [7]
- Sergio, F., I. Newton & L. Marchesi. 2005. Top predators and biodiversity. *Nature* 436: 192. [9]
- Simberloff, D. 1976. Species Turnover and equilibrium island biogeography. *Science* 194: 572-578.
- Simberloff, D. S., & E. O. Wilson. 1969. Experimental zoogeography of islands: colonization of empty islands. *Ecology* 50: 278-289. [7]
- Simpson, G. G. 1964. Species density of North American recent mammals. *Systematic Zoology* 13: 57-73. [9]
- Sinclair, A. R. E., & J. M. Gosline. 1997. Solar activity and mammal cycles in the northern hemisphere. *The American Naturalist* 149: 776-784. [6]
- Sinclair, A. R. E., J. M. Gosline, G. Holdsworth, C. J. Krebs, S. Boutin, J. N. M. Smith, R. Boonstra, & M. Dale. 1993. Can the Solar-Cycle and Climate Synchronize the Snowshoe Hare Cycle in Canada - Evidence from Tree Rings and Ice Cores. *The American Naturalist* 141: 173-198. [6]
- Slade, N. A., & D. F. Balph. 1974. Population ecology of Uinta ground squirrels. *Ecology* 55: 989-1003. [3]
- Smith, C. H. 1983. Spatial trends in Canadian snowshoe hare, *Lepus americanus*: population cycles. *Canadian Field-Naturalist* 97: 151-160. [6]
- Smith, J. N., P. Arcese, & W. M. Hochachka. 1991. Social behaviour and population regulation in insular bird populations: implications for conservation. In C. M. Perrins, J.-D. Lebreton, & G. J. M. Hirons (eds.), *Bird Conservation Studies: Relevance to Conservation and Management*, pp. 148-167. Oxford University Press, Oxford. [2]

- Smith, J. N. M., C. J. Krebs, A. R. E. Sinclair, & R. Boonstra. 1988. Population biology of snowshoe hares. II. interactions with winter food plants. *Journal of Animal Ecology* 57: 269-286. [6]
- Solomon, M. E. 1949. The natural control of animal populations. *Journal of Animal Ecology* 18: 1-35. [6]
- Spear, R. W., M. B. Davis, & L. C. K. Shane. 1994. Late quaternary history of low and mid-elevation vegetation in the White Mountains of New Hampshire. *Ecological Monographs* 64: 85-109. [8]
- Stearns, S. C. 1992. *The Evolution of Life Histories*. Oxford University Press, Oxford. [3]
- Sutherland, J. P. 1974. Multiple stable points in natural communities. *The American Naturalist* 108: 859-873. [8]
- Svane, I. 1984. Observations on the long-term population dynamics of the perennial ascidian, *Ascidia mentula* O. F. Muller, on the Swedish west coast. *Biological Bulletin* 167: 630-646. [2]
- Tanner, J. E., T. P. Hughes, & J. H. Connell. 1996. The role of history in community dynamics: a modeling approach. *Ecology* 77: 108-117. [8]
- Taylor, C. E., & C. Condra. 1980. *r* selection and *K* selection in *Drosophila pseudoobscura*. *Evolution* 34: 1183-1193. [3]
- Usher, M. B. 1979. Markovian approaches to ecological succession. *Journal of Animal Ecology* 48: 413-426. [8]
- Werner, P. A. 1977. Colonization success of a "biennial" plant, teasel (*Dipsacus sylvestris* Huds.): experimental field studies in species cohabitation and replacement. *Ecology* 58: 840-849. [3]
- Werner, P. A., & H. Caswell. 1977. Population growth rates and age vs. stage distribution models for teasel (*Dipsacus sylvestris* Huds.). *Ecology* 58: 1103-1111. [3]
- Wiens, J. A. 1989. *The Ecology of Bird Communities, Vol. 1. Foundations and Patterns*. In R. S. K. Barnes, H. J. B. Birks, E. F. Connor, & R. T. Paine (eds.), *Cambridge Studies in Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge. [8]
- Williamson, M. 1981. *Island Populations*. Oxford University Press, Oxford. [7]
- Wilson, E. O., & W. H. Bossert. 1971. *A Primer of Population Biology*. Sinauer Associates, Sunderland, Mass. [3]
- Wilson, E. O., & D. S. Simberloff. 1969. Experimental zoogeography of islands: defaunation and monitoring techniques. *Ecology* 50: 267-295. [7]
- Wolfram, S. 1984. Universality and complexity in cellular automata. *Physica* 10D: 1-35. [8]



# Índice

- Abundância de espécies, 210-212  
AIDS, vírus da, 157  
Alelopatia, 102  
Alimentação máxima, taxa de ( $k$ ), 142  
Allee, efeito de  
  numa população de ascídias (fig.), 44-45  
  tamanho da população de vítimas e, 145  
Allee, Warder C., 225  
*Ambrosia*, em comunidades de deserto, 201-204  
Amostragem com e sem reposição, 216-217  
Amostragem passiva, modelo de, 173-176, 178-180  
Amplitude, de ciclo populacional, 32-34  
Anchoa, rendimento ótimo (fig.), 44-46  
Área ( $A$ ), número de espécies e, 160-163  
Área relativa, 173-174  
Área, efeito da, 162  
  modelo de equilíbrio e (fig.), 171-172  
Árvores  
  modelo com estrutura de tamanhos, 73-75  
  respostas denso-dependentes, 33-34  
  tempo de duplicação, 8-9  
*Ascidia mentula*, flutuações populacionais (fig.), 41-45  
Ascídias, 84  
  flutuações populacionais (fig.), 41-45  
Autômato celular, 199-201  
Aves  
  estudo de imigração/extinção, 177-180  
  estudo de riqueza de espécies (fig.), 178-180  
  flutuações populacionais (fig.), 40-44  
  relação espécies-área (fig.), 160-163  
*Avicennia marina*, tempo de duplicação, 8-9  
Bactéria, tempo de duplicação, 8-9  
Bacteriófago T, tempo de duplicação, 8-9  
Banco de sementes, 4-5  
Besouros carabídeos  
  estudo de metapopulação (fig.), 97-99  
  dados de biodiversidade, 214-216  
Besouros da farinha. *ver Tribolium*  
Besouros  
  estudo de metapopulação (fig.), 97-99  
  dados de diversidade de espécies 214-216  
Biogeografia de ilhas  
  hipótese da diversidade de habitat, 160-163  
  modelo de equilíbrio da (fig.), 163-169  
  relação espécies-área e (fig.), 160-163  
Bismark, relações espécies-área no arquipélago de (fig.), 160-163  
Borboleta de São Francisco, estudo de metapopulação (fig.), 95-98  
Borboleta-de-São-Francisco, estudo de metapopulação (fig.), 95-98  
*Bos taurus*, 8-9  
*Calathus melanocephalus*, estudo de metapopulação (fig.), 97-99  
Caos, flutuação populacional, 34-36  
  divergência de trajetórias populacionais (fig.), 36  
Capacidade de suporte ( $K$ ), 26-32  
  da população de predadores (fig.), 148-153  
  da população de vítimas (fig.), 138-140  
  no modelo de competição de Lotka-Volterra, 104, 107-109, 116-117

- rendimento ótimo e, 44-46
- retardos e, 35-36
- variação da (fig.), 38-41
- Caraíbas, relação espécies-área em aves das (fig.), 160-163
- Cardo, flutuações populacionais (fig.), 77-80
- Censo pós-reprodutivo, 60-61, 244
- Chao1*, estimadores assintóticos de riqueza de espécies, 224
- Chuva de propágulos, 90-92
  - efeito de resgate e, 92-94
- Ciclo limite de dois pontos, 34-36
- Ciclo limite estável, 32-34
- Ciclos
  - em populações de lagópode (fig.), 153-157
  - em populações de lebre e lince (fig.), 151-154
  - estabilidade de, 148-149
  - na capacidade de suporte (fig.), 38-41
  - no modelo de crescimento logístico (fig.), 29-30, 37-38
  - no modelo de predação de Lotka-Volterra (fig.), 135-138
  - no tamanho da população (fig.), 32-36
- Classe etária, 59-60
  - fertilidade e, 60-63
  - notação para, 50-52
  - probabilidade de sobrevivência e, 60-61, 63
- Climax, comunidade, 186-187
- Coefficiente de interação, 118-119
- Coexistência (fig.), 111-113, 115-117
- Coexistência na competição (fig.) 111-113, 115
- Colonização externa, 90-92, 93
- Colonização interna, 90-92
- Colonização local, modelo de metapopulação e, *ver* Colonização, 89-90
- Colonização, 176-178 *ver* Imigração e Colonização interna
  - efeito de resgate e, 92-94
  - modelo de equilíbrio e, 170
  - modelo ilha-continente e (fig.), 90-92
- Competição entre duas espécies. *ver* Lotka-Volterra, modelo de competição
- Competição interespecífica *ver* exclusão competitiva, 103-104
  - analogia gráfica (fig.) 106, 110-113
- Competição intra-específica, 103-104
- Competição por exclusão, 102
- Competição por exploração, 102
- Competição por interferência, 102
- Competição, coeficientes de ( $\alpha, \beta$ ) (fig.), 104-106
  - no modelo de competição de Lotka-Volterra, 116-117
- Competição, definição, *ver* Lotka-Volterra, modelo de competição, 117-118
  - gráfico de espaço de fase (fig.), 106-113
  - inter vs. intra-específica, 103-104, 105
  - tipos de, 102-104
- Compromissos, 70
- Comunidade climax, 186-187
- Contínuo, crescimento populacional, 11-12
- Coorte, *ver* classe etária, 53-54
  - número de sobreviventes [ $S(x)$ ], 53-55
- Coorte, tabela de vida de, 66-67
- Corais, modelo com estrutura de tamanhos, (fig.), 72-75
- Corais, sucessão de comunidades em recifes, 203-206
- Corruíra-de-Zapata, 162-163
- Crescimento contínuo, modelo de, 11-15
- Crescimento discreto, modelo de, 11-15, 20-36
- Crescimento exponencial, modelo de, 2-8
  - crescimento contínuo vs. crescimento discreto, 11-15
  - estocasticidade ambiental, 14-17
  - estocasticidade demográfica, 16-21
  - estrutura etária e, 50, 63-66
  - exemplos de, 20-23
  - modelo de metapopulação e, 87-88
  - pressupostos, 9-11
  - taxa de crescimento populacional em função do tamanho da população (fig.), 30-31
  - teoria da seleção natural e, 11
  - trajetórias (fig.), 7
  - vs. modelo de crescimento logístico, 26
- Crescimento populacional
  - com estrutura de estados ou de idades, 72-74
  - com estrutura etária, 50
  - de predadores, 131-133
  - de vítimas, 137-138
  - discreto, 11-15
  - elementos do, 2-8
  - modelagem de, 211-213
  - modelo exponencial, 5-12
  - modelo logístico, 26-33



- projetando, 240-242  
 retardos e, 10  
 Crescimento populacional, taxa de ( $dN/dt$ ), 3  
 (fig.) *ver* Taxa de crescimento instantânea (fig.), 3  
 Cruza-bico-de-asa-branca, 159, 162-163  
 Curva de natalidade, 237  
 Curva de sobrevivência tipo I (fig.), 55-57, 246  
 Curva de sobrevivência tipo II (fig.), 55-57, 246  
 Curva de sobrevivência tipo III (fig.), 55-57, 246  
 Curvas  
   de imigração e de extinção (fig.), 164-165, 167-171  
   de sobrevivência (fig.), 55-58  
 Darlington, regra de, 160  
 Darwin, Charles, 11-12  
*Dendroica caerulescens*, denso-dependência em, 84  
 Densidade de atividade, estudo de competição de gerbis, 122-126  
 Densidade populacional. *ver* Capacidade de suporte  
   de esquilos-do-chão, 74-78  
   seleção  $r$ - $K$  e, 71-72  
   taxa de crescimento e, 26-27  
 Densidade, modelo de equilíbrio e, 170  
 Densidade, processos independentes da, 26  
 Denso-dependência linear, 30-31  
 Denso-dependência nas taxas de natalidade e mortalidade, modelo de crescimento logístico (fig.), 29  
 Denso-dependência *ver* Densidade populacional  
   crescimento populacional e, 26-27  
   em esquilos-do-chão, 74-78  
   em mariquita-azul-de-garganta-negra, 84  
   em tico-tico cantador, 42-44  
   linear, 30-31  
   migração e, 84  
   no modelo de competição de Lotka-Volterra, 117-118  
   numa população de ascídias (fig.), 44-45  
 Denso-dependente, modelo, 5, 254  
 Denso-dependente, retardos e resposta, 33-34  
 Deriva genética, 17  
 Derivada (fig.), 230-233  
 Deserto de Sonora, comunidade de plantas, 201-204  
 Deserto do Negev, estudos de competição, 122-124  
 Determinístico, modelo, 14-15  
 Diagramas de setas, 73-75  
   cardo (fig.), 79  
   modelos de sucessão (fig.), 189-191, 197-200  
 Disponibilidade de habitat, estudos de competição, 125-126  
 Distância, efeito da, 162  
   modelo de equilíbrio (fig.), 168-169  
 Distribuição de estados estável  
   em cardos (fig.), 80  
   em esquilos-do-chão (fig.), 77-78  
 Distribuição etária estacionária (fig.), 63-66, 225  
 Distribuição do valor reprodutivo, 65-66  
   em cardos, 80  
   em esquilos-do-chão, 77-78  
 Distribuição etária (fig.), 63-66  
 Distribuição etária estável [ $c(x)$ ] (fig.), 63-66  
 Diversidade de espécies  
   analogia com salada de frutas, 213-214  
   organização de dados, 210-216  
   padrões de, 210-216  
   quantificação, 210-212  
 Diversidade de habitat, hipótese da, 160-163  
 Doubleton, 214  
*Dypsacus sylvestris*, flutuações populacionais (fig.), 77-80  
 Eastern Wood, estudo de imigração/extinção (fig.), 177-180  
 Ecologia de Comunidades  
   de plantas do deserto (fig.), 201-204  
   de recifes de coral (fig.), 203-206  
   sucessão em, 184-207  
 Efeito de alvo (fig.), 173-174, 247  
 Efeito de resgate, 92-94  
   modelo de equilíbrio e (fig.), 172-173  
 Eficiência de captura, 131  
 Eficiência de conversão ( $\beta$ ), 238  
   ciclos populacionais e, 137-138  
   da população de predadores, 132-133  
 Elton, Charles, 151  
 Emigração, 2  
 Emigrantes, número de ( $E$ ), 2-3  
*Engraulis ringens*, rendimento ótimo (fig.), 44-46  
 Equação de diferença discreta, 11-12, 226  
 Equação de Euler, 58-59

- derivação de, 66-68  
 no cálculo do valor reprodutivo, 67-71
- Equação diferencial com retardo, 32-34
- Equação diferencial contínua ( $dN/dt$ ), 3
- Equação diferencial estocástica, 15-16
- Equação diferencial *ver* Equação diferencial contínua
- Equação dos discos, 142
- Equações recursivas, 12
- Equilíbrio
  - achando a solução de, 256-257
  - analisando a estabilidade do (fig.), 257-262
  - capacidade de suporte e, 29
  - efeito da rotação das isoclinas da vítima e do predador sobre (fig.), 149
  - em modelos de Markov (fig.), 191-192
  - espécies, 162-163
  - estável e instável (fig.), 111-115
  - modelo de competição de Lotka-Volterra, 106-107
- Equilíbrio da biogeografia de ilhas, modelo de (fig.), 163-169
- curvas de extinção e de imigração não-lineares, 170-171
- efeito de alvo (fig.), 173
- efeito de resgate (fig.), 172-173
- efeitos da área e da distância (fig.), 171-172
- em aves (fig.), 177-180
- insetos em ilhas de mangue e (fig.), 173-176
- modelo de amostragem passiva, 173-176
- pressupostos, 168-170
- Equilíbrio estável, 29
  - coexistência em (fig.), 111-113
- Equilíbrio instável, 235, 239, 249
  - exclusão competitiva em (fig.), 111-115
- Equilíbrio neutro, 93-95
- Equilíbrio zero, ponto de, 237
- Equitabilidade de espécies
  - definição, 212
  - estimadores de, 225-229
  - PEI* índice, 226-229
- Ergodicidade, 188, 235, 192
- Escherichia coli*, tempo de duplicação, 8-9
- Espaço de fase, gráfico de, 191-194, 106-110
  - competição em invertebrados marinhos (fig.), 119-122
  - experimentos de competição de gerbis (fig.), 123
  - modelo de competição de Lotka-Volterra (fig.), 107-115
  - modelo de predação de Lotka-Volterra (fig.), 133-138
- Espécies, densidade de, 170
- Espécies, introdução de, 20-22
- Espécies
  - equilíbrio, 162-163
  - gráfico de ordem de abundância de, 210-216
  - relação espécies-área, 102-104
- Esquilos, análise de tabela de vida (fig.), 74-78
- Esquilos-do-chão, análise de tabela de vida (fig.), 74-78
- Estabilidade, de ciclos populacionais, 235
- Estimadores assintóticos de riqueza de espécies, 224
- Estocasticidade ambiental (fig.), 250
  - crescimento populacional e, 14-17
  - numa população de ursos pardos, 22-23
- Estocasticidade demográfica (fig.), 250, 16-21
  - modelo de equilíbrio e, 167
- Estocasticidade, efeito de resgate e, *ver* Estocasticidade demográfica; Estocasticidade ambiental; Variação aleatória, 92-94
- Estratégias de vida, 70-72
  - diagramas de setas (fig.), 79, 73-74
- Estrutura de estados, modelo de crescimento com, 72-74
- Estrutura de tamanhos, modelo de crescimento com, 72-74
- Estrutura de tamanhos, no modelo de crescimento exponencial, 11
- Estrutura etária ( $n$ ), 59-61
- Estrutura etária, modelo de crescimento com
  - crescimento exponencial com estrutura etária, 50
  - distribuições de idades estável e estacionária (fig.), 63-66
  - em esquilos-do-chão (fig.), 74-78
  - fertilidade, 59-60, 62
  - horizontal vs. vertical, 66-67
  - matriz de Leslie (fig.), 61-63
  - no cardo (fig.), 77-80
  - plano de fecundidade, 52-54, 66-67
  - pressupostos, 66-67



- probabilidades de sobrevivência, 54-55, 60-61  
 sobrevivência, 53-57  
 tabela com cálculos básicos, 52-53  
 taxa intrínseca de crescimento, 58-60  
 taxa líquida de reprodução, 55-57  
 tempo de geração, 57-58
- Estrutura etária, variações do modelo de crescimento com  
 derivação da equação de Euler, 66-68  
 estratégias de vida, 70-72  
 modelos com estrutura de estados e de tamanhos, 72-74  
 valor reprodutivo, 67-71
- Euler, Leonhard, 58-59
- Euphydryas editha bayensis*, estudo de metapopulação (fig.), 95-98
- Exclusão competitiva, 114-117  
 cenário 1 (fig.), 109-111  
 cenário 2 (fig.), 110-113  
 cenário 3 (fig.), 111-115  
 predação intraguilda e, 119
- Extinção  
 colonização interna e, 92-94  
 denso-dependência e, 41  
 efeito de Allee e, 27-28  
 efeito de resgate e, 95  
 em ursos pardos, 23  
 estocasticidade ambiental e, 16-17  
 estocasticidade demográfica e, 19-20  
 local vs. regional, (fig.), 85-87  
 metapopulações e risco de, 85-87, 90  
 modelo de equilíbrio e, 163-171  
 predação intraguilda e, 118-119
- Extinção local *ver* Extinção, 85-86
- Extinção máxima, taxa de ( $E$ ), 165
- Extinção regional *ver* Extinção, 85-86
- Extinção, curva de (fig.)
- Extinção, probabilidade de *ver* Probabilidade
- Extinção, taxa de ( $E, \mu_s$ ) (fig.), 163-169  
 efeito da área e, 165  
 efeito de resgate e, 172  
 em aves da Eastern Wood, 178  
 modelo de equilíbrio e, 85-87  
 modelo de metapopulação e, 85-87  
 não-linear (fig.), 170-171
- Extrapolação, estimação assintótica e, 224
- Facilitação, modelo de, 184-187, 195-201
- Faisões, crescimento populacional (fig.), 20-22
- Fator de crescimento discreto ( $r_d$ ), 11-12, (40-41)
- Fecundidade, coeficiente de ( $F_i$ ), 51-52
- Fecundidade, plano de [ $b(x)$ ], 52-54, 234  
 cálculos para tabela de vida, 55-57  
 estratégias de vida e, 70  
 matriz de Leslie e, 61-63
- Ferminia cervaerai*, 162-163
- Fertilidade ( $F$ ), 59-60  
 de classes etárias i ( $F_i$ ), 60-63
- Fisher, Ronald A., 227
- Florida Keys*, experimentos de colonização de ilhas, 173-176
- Formigas, conjunto de dados hipotéticos, 210-212
- Fração de lugares ocupados ( $f$ ), 85-86, 88-89
- Gerações discretas, 11
- Gerbis (*Gerbillus allenbyi*, *G. pyramidum*), estudo de competição (fig.), 122-126
- Great Barrier Reef*, comunidades de recife de coral, 203-206
- Gunnerside (Inglaterra), ciclos populacionais de lagópode (fig.)
- Gupis, histórias de vida, 71-73
- HIV, 157
- Hobsonia florida*, estudo de competição (fig.)
- Holanda, estudos de metapopulação, 97-99
- Homogeneidade, em modelos matriciais, 192
- Hutchinson, G. Evelyn, 122-124
- Hydra*, tempo de duplicação, 8-9
- Idade, 229  
 notação para, 50-52
- Ilha de Mandarte, população de Tico-ticos, 40-44
- Imigração, 2  
 modelo de equilíbrio e, 163-169  
 não-linear (fig.), 170-171  
 no modelo de crescimento exponencial, 5-8
- Imigração máxima, taxa de ( $I$ ), 164
- Imigração não-linear, curva de (fig.), 170-171
- Imigração, taxa de ( $I; \lambda_s$ ) (fig.)  
 efeito de alvo e, 173  
 efeito de resgate e, 172  
 efeitos da distância e, 168-169  
 em aves da Eastern Wood, 178  
 modelo de equilíbrio e, 86-88  
 modelo de metapopulação e, 86-88

- não-linear, 170-171
- Imigrantes, número de ( $I$ ), 2-3
- Indivíduo, rarefação baseada em, 220
- Inibição, modelo de, 186-187, 197-201
- Insetos  
 crescimento populacional com estrutura de estados, (fig.), 72-75  
 experimentos de colonização (fig.), 173-176
- Integral, 240-242
- Interações competitivas, 102-104
- Interpolação, estimativa assintótica, 224
- Intervalo de tempo ( $t$ ,  $t+1$ ), modelo de Markov, 188-189
- Invertebrados de areias intertidais, estudo de competição (fig.), 118-123
- Isoclina (fig.), ver Gráfico de espaço de fase dos gerbis (fig.), 107  
 da população de predadores (fig.), 133-135, 148-153  
 da população de vítimas (fig.), 145-148  
 modelo de competição de Lotka-Volterra e (fig.), 109-110, 114-115  
 predação intraguilda e (fig.), 119-122
- Isoclina da vítima (fig.), 145-148
- Isoclina do predador (fig.), 133-135
- Lagópode vermelho, ciclos populacionais (fig.), 153-157
- Lagópodes, ciclos populacionais (fig.), 153-157
- Lagopus lagopus scoticus*, ciclos populacionais (fig.), 153-157
- Larrea, em comunidades de deserto, 201-204
- Larvas, ciclos populacionais, 153-157
- Lebre da neve, ciclos populacionais (fig.), 151-154
- Lebre, ciclos populacionais (fig.), 151-154
- Lepus americanus, ciclos populacionais (fig.), 151-154
- Leslie, Matriz de, 61-62  
 calculando  $r$  a partir da, 63-66  
 crescimento com estrutura etária e, 71-73  
 descrevendo a distribuição etária, 62-63  
 valor reprodutivo e, 65-66, 68-71
- Leslie, Patrick H., 61-62
- Lince canadense, ciclos populacionais (fig.), 151-154
- Logaritmo (base 10), ver Logaritmo natural, 22, 10  
 relação espécies-área, 160-161
- Logaritmo natural ( $\ln$ ), ver Logaritmo  
 definição da base  $e$ , 6-8  
 tempo de duplicação  $e$ , 6-8, 9
- Logístico, curva de crescimento (fig.), 30-31
- Logístico, equação de crescimento, 28
- Logístico, modelo de crescimento, 237, 253  
 ascídias e (fig.), 41-45  
 capacidade de suporte e, 26-30  
 denso-dependência e, 26-27  
 pressupostos, 30-33  
 seleção  $r$ - $K$  e, 71-72  
 taxas de natalidade e mortalidade denso-dependentes (fig.), 29  
 tico-ticos e (fig.), 40-44  
 vs. modelo de crescimento exponencial, 26
- Logístico, variações do modelo de crescimento  
 modelo de crescimento populacional discreto (fig.), 34-36  
 retardos (fig.), 73-75  
 variação aleatória na capacidade de suporte (fig.), 38-40  
 variação periódica na capacidade de suporte (fig.), 38-41
- Lotka, Alfred J., 103-104
- Lotka-Volterra, modelo de competição, 103-104  
 cenário 1, 109-111  
 cenário 2, 110-113  
 cenário 3, 111-113  
 cenário 4, 111-115  
 coeficientes de competição (fig.), 104-106  
 espaço de fase, 106-110  
 exclusão competitiva (fig.), 112, 111-117  
 gerbis e (fig.), 122-126  
 invertebrados intertidais e, 118-123  
 pressupostos, 116-118  
 soluções algébricas, 114-117  
 soluções de equilíbrio, 106-107  
 soluções gráficas (fig.), 109-110, 114-115  
 variação de predação intraguilda, 117-123
- Lotka-Volterra, modelo de predação  
 ciclos (fig.), 135-138  
 crescimento populacional da vítima, 130-131



- crescimento populacional do predador, 131-133  
 lebre e linco no (fig.), 151-154  
 pressupostos, 137-138  
 soluções de equilíbrio, 132-134  
 soluções gráficas (fig.), 133-138 144-151
- Lotka-Volterra, variações do modelo de predação  
 capacidade de suporte da vítima (fig.), 138-140  
 isoclina da vítima (fig.), 145-148  
 isoclina do predador (fig.), 148-153  
 paradoxo do enriquecimento (fig.), 145-147  
 resposta funcional (fig.), 140-145
- Loxia leucoptera*, 162-163
- Lugares, fração colonizada por populações (f), 87-97  
 efeito de resgate, 92-94  
 modelo de colonização interna, 90-92, (93-94),  
 modelo de ilha-continente, 90-92  
 valor de equilíbrio, 89-90
- Lynx canadensis*, ciclos populacionais (fig.), 151-154
- MacArthur, Robert H., 162-163
- MacArthur-Wilson, modelo de. *ver* Equilíbrio da biogeografia de ilhas, modelo de
- Malthus, Thomas R., 256
- Manchas solares, efeito sobre ciclos populacionais, 151-154
- Manejo de populações, valor reprodutivo e, *ver* Rendimento ótimo, 70
- Mangue, experimentos de colonização em ilhas, 173-176
- Mangue, tempo de duplicação, 8-9
- Mariquita-azul-de-garganta-negra, denso-dependência na, 84
- Mariquitas, denso-dependência em, 84
- Markov de primeira ordem, modelo de, 205-206
- Markov de segunda ordem, modelo de, 205-206
- Markov, Andrei Andreyevich, 187-188
- Markov, modelo de, *ver* Leslie, matriz de, 187-192  
 pressupostos, 194-196  
 tipos de, 205-206
- Maternidade, plano de  $[m(x)]$  *ver* Fecundidade, plano de
- Mathematica*, 230
- Matlab*, 230
- Matriz de Leslie. *ver* Leslie, matriz de
- Matriz de transição, 18  
 de sucessão, *ver* modelo de Markov
- Matriz de transição. *ver* Transição, matriz de
- Matriz *ver* Leslie, matriz de
- Média, 14-16
- Média do tamanho populacional, 15-16
- Meia-saturação, constante de, 142
- Melospiza melodia*, flutuações populacionais (fig.), 40-44
- Metapopulação, 84
- Metapopulação, modelo de, 84-86, 166  
 besouros carabídeos e (fig.), 97-99  
 borboleta-de-São-Francisco e (fig.), 95-98  
 dinâmica, 86-90  
 pressupostos, 89-90  
 risco de extinção e, 85-87
- Metapopulação, variações do modelo de colonização interna, 90-92, 94-96  
 efeito de resgate, 92-94  
 modelo ilha-continente (fig.), 90-92  
 tabela de modelos, 94-95
- Migração, no modelo de crescimento exponencial, 5-8
- Modelo de Markov. *ver* Markov, modelo de
- Modelo de tolerância, 186-187, 196-201
- Modelo ilha-continente (fig.), 95-97, 90-92  
 vs. modelo de equilíbrio, 166
- Modelo populacional, construção de um, 231
- Modelo robusto, 10
- Modelos de indivíduos, 201-202
- Modelos estocásticos, 14-21
- Mogno, retardos em, 33-34
- Morgan Hill, estudos de metapopulação (fig.), 95-98
- Mortalidade, curva de, 237
- Mortalidade, taxa de, 2, 4  
 denso-dependência e, (fig.), 26-27, 29  
 equilíbrio da população de predadores e, 131-133  
 equilíbrio estável e (fig.), 29  
 estrutura etária e, 50  
 no modelo com estocasticidade demográfica, 19-20  
 no modelo de crescimento exponencial, 5-8, 10
- Mortalidade. *ver* Mortalidade, taxa de

- denso-dependente vs. independente da densidade, 40-45  
 taxa líquida de reprodução, 57-58
- Mortes, número de ( $D$ ,  $q$ ), 2-5
- Mutualismo, definição, 117-118
- Nascimentos em fluxo, modelo de, 60-61
- Nascimentos em pulso, modelo de, 60-61
- Nascimentos, número de ( $B$ ), 2-5  
 na equação de Euler, 66-68
- Natalidade, curva de, 215
- Natalidade, taxa de ( $b$ ), 2, 4  
 densidade populacional e, 26-27  
 denso-dependência e, (fig.), 26-27, 29  
 equilíbrio estável e, 29  
 estratégias de vida e, 70-72  
 no modelo com estocasticidade demográfica, 19-20  
 no modelo de crescimento exponencial, 5-8, 10  
 plano de fecundidade [ $b(x)$ ], 52-54, 55-63
- Nematódeos, ciclos populacionais de vermes (fig.), 153-157
- Neutralmente estáveis, ciclos, 135-137
- Neutralmente estável, equilíbrio, 236-240
- Nothofagus fusca*, tempo de duplicação, 8-9
- Nova Guiné, 163
- Número adimensional, 14
- Oligoquetas, estudos de competição em vermes (fig.), 118-123
- Ordem de abundância, 210-212  
 equação, 213  
 gráfico, 211 (fig.)
- Organismo modular, análise com estrutura de tamanhos, 72-74
- Oscilações amortecidas (fig.), 32-36
- Oscilações, em crescimento populacional (fig.), 33-36
- Paradoxo do enriquecimento (fig.), 144-147, 233
- Paramecium caudatum*, tempo de duplicação, 8-9
- Parâmetro malthusiano, 234 *ver* taxa de crescimento instantânea
- Parasitismo, 117-118
- Parasitas, ciclos populacionais (fig.), 153-157
- PEI índice, 226-229 (fig.) 228
- Per capita, 4-5
- Per capita, taxa de crescimento populacional [ $(1/N)(dN/dt)$ ] (fig.), 31-33
- Período, de ciclo populacional, 32-34
- Persistência de uma população, 85-87
- Persistência, dinâmica de metapopulação e, 84-87
- Pesca comercial, 44-46
- Pesca industrial, rendimento ótimo da (fig.), 44-46
- Phasianus colchicus torquatus*, crescimento populacional (fig.), 20-21
- PIG *ver* Predação intraguilda
- Pioneiras, espécies, 185-186
- Plantago erecta*, borboleta-de-São-Francisco e, 95-97
- Plantações de Pinheiro, dados de diversidade 214-216, (fig.) 215, 217, 218
- Plantas anuais, 53-54
- Plantas perenes, 53-54
- Policarpia, reprodução por, 53-54
- População estocástica, 36
- População fechada, 3, 9, 84-85
- População, 256 *ver* Metapopulação; predador, população de vítima cíclica, 35-36 *ver* Ciclos  
 definição, 2  
 estrutura etária, 59-60  
 fechada, 3  
 fonte vs. sumidouro, 99  
 migração e, 84  
 persistência de, 85-90
- Populações ameaçadas  
 modelagem de, 23  
 ursos pardos, 7
- Populações fonte, 99
- Populações sumidouro, 99
- Porção não-utilizada da capacidade de suporte ( $1-N/K$ ), 234-235
- Predação intraguilda, 117-123
- Predação *ver* também Lotka-Volterra, modelo de predação  
 definição, 117-118  
 efeito da predação sobre, 71-73
- Predador, população de ( $P$ )  
 ciclos (fig.), 145-146  
 crescimento, 131-133  
 parasitas, 153-157
- Presas, população de *ver* Vítima, população de
- Princípio da exclusão competitiva, 114-117
- Princípios de ecologia animal, 247
- Probabilidade ( $P$ )  
 de colonização local ( $p$ ), 88-89  
 de encontro interespecífico (PEI) 226-229 (fig.) 228



- de extinção local ( $p_e$ ), 85-86  
 de persistência ( $P_n$ ), 85-87  
 de persistência regional ( $P_x$ ), 86-88  
 de sobrevivência até à idade  $x$  [ $g(x)$ ], 52-55  
 de sobrevivência através da classe etária  $i$  ( $P_i$ ), 60-61, 63  
 estocasticidade demográfica e, 16-18  
 modelo de amostragem passiva e, 173-176
- Protection, faisões da ilha, 20-22
- Pterostichus versicolor*, estudo de metapopulação (fig.), 97-99
- Pymatuning, Estudo de riqueza de espécies nas ilhas do lago, 178-180
- Rarefação, 216-223  
 baseada em indivíduo X amostra, 220-221  
 cálculo, 221-223  
 curva de, 218-219, (fig.) 218  
 definição, 216-217  
 intervalo de confiança de 95%, 218  
 e *PEI* índice de diversidade, (fig.) 228  
 pressupostos da, 219-220
- Rattus norvegicus*, tempo de duplicação, 8-9
- Razão predador-presa, modelos de, 153
- Recursos  
 interações competitivas e, 102  
 no modelo de competição de Lotka-Volterra, 116-117  
 papel no modelo de crescimento exponencial, 10-12  
 populações de presas como, 130-131
- Refúgios, 145-148
- Relação espécies-área, 160-163, 236
- Rendimento máximo sustentado. *ver* Rendimento ótimo
- Rendimento ótimo, 258  
 na pesca comercial, 44-46  
 valor reprodutivo e, 70
- Reposição, amostragem com e sem, 216-217
- Reprodução iterópara, 53-54  
 Reprodução monocárpica, 53-54  
 Reprodução semelpara, 53-54  
 Reprodução, tipos de, *ver* Fecundidade, plano de, 53-54
- Reservatório fonte ( $P$ ), 162-163
- Resposta funcional ( $\alpha V$ ), 131  
 modelo de predação de Lotka-Volterra e (fig.), 140-145
- Resposta funcional tipo I, (fig.), 140-141  
 Resposta funcional tipo II (fig.), 140-141
- Resposta funcional tipo III (fig.), 141-144, 236
- Resposta numérica ( $\beta V$ ), 132-133
- Restrições, 237  
 sobre estratégias de vida, 70-73
- Retardo ( $t$ ), 4-5  
 modelo de crescimento exponencial e, 10  
 modelo de metapopulação e, 89-90  
 modelo logístico e (fig.), 33-36
- Rhizophora mangle*, experimentos de colonização, 176-178
- Riqueza de espécies,  
*Chao1* índice, 224  
 definição, 212  
 X densidade de espécies, 223-224  
 estimadores assintóticos de, 224, 225  
 Pymatuning, pássaros das ilhas do lago, 178-180
- Salada de frutas, analogia, 213-214
- Santa Clara, plantas herbáceas em solos serpentinizados do condado de, 95-98
- Seleção  $K$ , 71-73
- Seleção natural, 12  
 estratégias de vida e, 70
- Seleção  $r$ - $K$ , 71-73
- Semi-Markov, modelo, 205-206
- Senescência, 70
- Shannon-Weiner índice, 225-226
- Simberloff, Daniel, 173-176
- Singleton, 214
- Sistemas de classificação para dados de biodiversidade, 212-213
- Sobre-exploração, 44-46
- Sobrevivência da coorte [ $S(x)$ ], 53-54, 238
- Sobrevivência, plano de [ $l(x)$ ], 53-55  
 cálculos da tabela de vida e, 55-57  
 estratégias de vida e, 70  
 matriz de Leslie e, 62-63  
 tipos de (curvas) (fig.), 55-57
- Sobrevivência, probabilidade de [ $g(x), P_i$ ], 51-52, (59-60)  
 até à idade  $x$  [ $g(x)$ ], 55-55  
 através da classe etária  $i$  ( $P_i$ ), 60-61, 63
- Sobreviventes, número de [ $S(x)$ ], 52, 55
- Solos serpentinizados, 95-98
- Soluções de equilíbrio, 106-107  
 modelo de predação de Lotka-Volterra e, 132-134
- Spermophilus armatus*, análise de tabela de vida (fig.), 74-78

- Substituição, taxa de ( $T$ ), 166
- Sucessão, 184-185
  - modelo de facilitação, 184-187, 195-201)
  - modelo de inibição, 186-187, 197-201
  - modelo de tolerância, 187-188
  - modelos de autômato celular, 199-201
  - modelos de indivíduos, 201-202
  - modelos matriciais (Markov) de, 187-192, 205-206
  - primária vs. secundária, 184-185
- Sucessão primária, definição, 184-185
- Sucessão secundária, 184-185
- Sucessão, trajetórias de (fig.), 192-195
  - em comunidades de recife de coral (fig.), 206
- Surrey (Inglaterra), estudo de imigração/extinção, 177-180
- Swietenia mahogani*, retardos em, 33-36
- Tabela de vida estática, 66-67
- Tabela de vida horizontal, 66-67
- Tabela de vida vertical, 66-67
- Tabelas de vida, *ver* Estrutura etária, modelo de crescimento com, 50, 52-53
- Tamanho do corpo
  - predação e, 117-118
  - taxa intrínseca de crescimento e, 8-9
- Tamanho populacional ( $N$ ), 2
  - Ciclos
    - tempo de duplicação, 6-10
    - oscilações, 33-36
    - projeção, 6-8
    - equilíbrio estável ( $N=K$ ), 29
- Taxa de alimentação, 140-142
- Taxa de crescimento ( $dN/dt$ )
  - isoclina, 107
  - modelo exponencial, 5-8, 29-32
  - modelo logístico, 26-33
  - per capita  $[(1/N)(dN/dt)]$ , 30-33
- Taxa de crescimento instantânea ( $r$ ), 237, 238, 250-251
  - em populações de presa, 130-131
  - estrutura etária e, 50, 52, 58-61)
  - gerações discretas e, 11-15
  - matriz de Leslie e, 64-66, (74)
  - matriz de transição e, 74
  - modelo de competição de Lotka-Volterra e, 103-104
  - modelo de crescimento exponencial e, 5-10
  - modelo logístico e, 34-36
  - retardos e ( $r\tau$ ), 33-36
  - tamanho do corpo e, 8-9
- Taxa de encontro ( $\alpha$ )
  - aleatório, 137-138
  - ciclos populacionais e, 137-138
  - no modelo predador-presa, 131
  - resposta funcional e, 148-153
- Taxa de extinção. *ver* Extinção, taxa de, 163-169
- Taxa de incremento finita ( $l$ ), 11-15
  - comparada com taxa líquida de reprodução, 57-58
  - matriz de Leslie e, 62, 74-75
  - matriz de transição e, 74
- Taxa de mortalidade instantânea ( $d$ ), 4-5
- Taxa de natalidade instantânea ( $b$ ), 4-5
- Taxa de reprodução *ver* Taxa líquida de reprodução
- Taxa intrínseca de crescimento *ver* Taxa de crescimento instantânea
- Taxa líquida de reprodução ( $R_0$ ), 55-58
- Tempo de duplicação, 6-10
- Tempo de geração ( $G$ ), 57-58
- Tempo de manuseio ( $h$ ), 140-141
- Tempo de procura, 140-141
- Teoria de amostragem estatística, curva de rarefação e cálculo, 222
- Territorialidade, flutuações populacionais e, 40-44
- Tico-ticos, flutuações populacionais (fig.), 40-44
- Tragédia dos comuns, 46
- Transição, matriz de, *ver* Leslie, matriz de; Markov, modelo de, 72-75, 79
- equilíbrio (fig.), 191-192
- estudo do cardo (fig.), 77-80
- trajetórias de sucessão e (fig.), 192-195
- Tribolium castaneum*, tempo de duplicação, 8-9
- Tribolium*, predação intraguilda, 117-118
- Trichostrongylus tenuis*, ciclos populacionais, 153-157
- Tunicados, flutuações populacionais em, 41-45
- Uinta, Análise de tabela de vida do Esquilo-do-chão de (fig.), 74-78
- Ursos arctos horribilis*, flutuações populacionais (fig.), 7
- Ursos pardos, flutuações populacionais (fig.), 7
- Ursos, flutuações populacionais, 7 (20-23)
- Vacas, tempo de duplicação da população, 8-9



- Valor reprodutivo [ $v(x)$ ], 67-71  
matriz de transição e, 74
- Variacão aleatória, na capacidade de suporte (fig.), 38-40
- Variacão periódica da capacidade de suporte (fig.), 38-41
- Variância ( $\sigma$ ), 263  
da capacidade de suporte (fig.), 38-41  
da taxa instantânea de crescimento, 241  
do tamanho populacional, 15-16  
estocasticidade e, 14-17
- Verhulst, Pierre F., 28
- Vermes  
estudos de competição (fig.), 118-123  
nematódeos, 153-157
- Vermes intertidais, estudos de competição (fig.), 118-123
- Vermes marinhos, estudos de competição (fig.), 118-123
- Vetor da população, 62-63
- Vetor de abundâncias, 59-60
- Vetor de estados (s), 187-189  
comunidades de recife de coral (fig.), 203-206  
trajetórias de sucessão (fig.), 192-195  
vegetação do deserto (fig.), 201-204
- Vírus, tempo de duplicação, 8-9
- Vítima, população de ( $V$ )  
capacidade de suporte (fig.), 138-140  
ciclos da (fig.), 135-138  
crescimento, 130-133, 136-138  
efeito de refúgio, 145-148  
equilíbrio, 132-134
- Volterra, Vito, 103-104, 130-131
- Wilson, Edward O., 162-163
- Yellowstone, População de ursos pardos do Parque Nacional de, 7



editora  
PLANTA

[www.editoraplanta.com.br](http://www.editoraplanta.com.br)



Created in Master PDF Editor