Aula 3

CRESCIMENTO E REGULAÇÃO POPULACIONAL

META

O modelo de crescimento populacional o exponencial e/ou geométrico
como construir a estrutura e etária, estagio de crescimento e tabela de vida;
como comporta as populações com recursos limitados próximo da capacidade suporte ou limite;
alguns mecanismos de regulação de populações;
que fatores limitam o crescimento dependente e independente da densidade.

OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá:
Ter contato com os modelos de crescimento que explicam o comportamento das populações com ou sem recurso limitante da densidade.

PRÉ-REQUISITOS

O aluno deverá ter alguma noção de equações diferenciais ou de movimento.

CRESCIMENTO EXPONENCIAL E CRESCIMENTO GEOMÉTRICO

O aumento populacional depende principalmente da reprodução feita pelos indivíduos. Uma população que cresce numa taxa constante ganha indivíduos cada vez mais rápido, conforme o número de indivíduos aumenta. Por exemplo, em uma população de 100 indivíduos, onde a taxa de crescimento é de 10%, adiciona 10 indivíduos em um ano. Mas, a mesma taxa de crescimento adiciona 100 indivíduos numa população de 1.000.

Esse tipo de crescimento é chamado de crescimento exponencial e acontece quando indivíduos jovens são adicionados à população continuamente. Desta forma, o crescimento exponencial pode ser calculado pela equação:

$$N(T) = N(0)ERT$$

Onde N(t) é o número de indivíduos numa população após t unidades de tempo; N(0) é o tamanho inicial da população (t=0); e é a base dos logaritimos naturais (vale aproximadamente 2,72) e r é a taxa de crescimento exponencial.

Evidentemente, o crescimento exponencial não pode ser verdade absoluta, pois teríamos populações enormes depois de certo tempo. Mas, nos estágios de crescimento inicial de uma população, ou seja, quando a população não é muito grande, o crescimento exponencial acontece.

Observe que a função exponencial que precisamos estimar não é apenas uma função exponencial comum (ex em que x seria o tempo). Devemos considerar também o tamanho da população naquele instante. Precisamos, então, de uma equação que descreva um aumento exponencial em função do tamanho da população a cada instante de tempo. Esta equação, portanto, deve conter uma derivada e, uma equação assim se torna uma equação diferencial, em que, como o nome indica, está relacionada ao cálculo diferencial. Você não precisa aprender a resolver equações diferenciais (o que exigiria um curso inteiro de cálculo diferencial e integral), mas precisa guardar a noção do que representa uma equação diferencial.

A constante r é denominada taxa intrínseca de crescimento. Como a palavra diz, depende das características biológicas dos indivíduos da população, no ambiente específico. Multiplicando r pelo tamanho populacional num determinado instante, temos a taxa de crescimento da população neste instante, que é a derivada dN/dt. Então temos:

$$\frac{dN}{dt} = rN$$

Em outras palavras essa equação pode ser lida como:

Taxa de variação no tamanho populacional = Contribuição de cada indivíduo para o crescimento x Número de indivíduos na população

Considerando uma população fechada, isto é, populações em que indivíduos não entram e não saem, a taxa intrínseca de crescimento populacional seria:

$$\mathbf{r = n - m}$$

Onde n é o número de nascimentos e m é o número de mortes.

O crescimento exponencial resulta em uma curva que acelera (ou desacelera) cada vez mais rápido e a inclinação varia diretamente com o tamanho da população (Figura 7). Porém, essa situação não é comum em populações naturais, exceto na população humana, em que os nascidos são acrescentados à população em todas as estações do ano. Em outros organismos é mais comum encontrar a reprodução restrita a um período particular do ano, quando os recursos são mais abundantes. Além disso, as populações costumam declinar entre uma estação de reprodução e a próxima.

Assim, o crescimento de populações que se reproduzem somente em certas épocas ou apenas uma vez na vida seguirá o modelo de crescimento geométrico. Por exemplo, nas populações de uma espécie de codorna que ocorre na Califórnia, Estados Unidos, o número de indivíduos dobra ou triplica a cada verão, época de reprodução desta espécie. Contudo, a população declina com a mesma intensidade durante o outono, o inverno e a primavera (Figura 8).

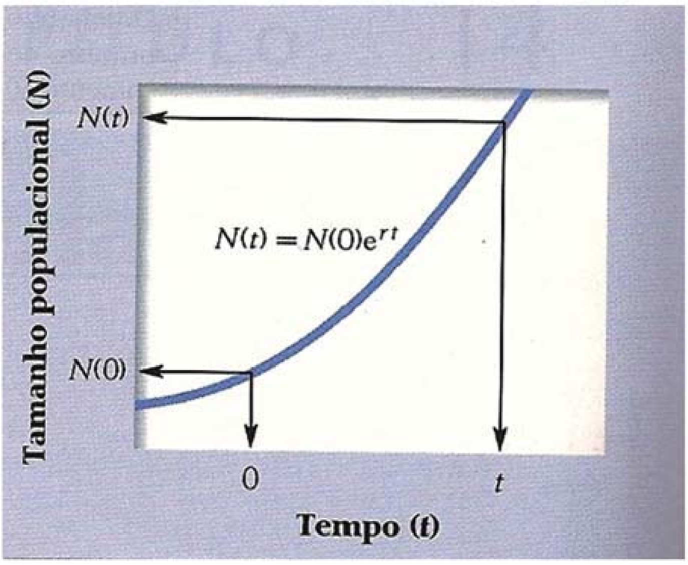


Figura 7. A curva de crescimento exponencial resulta numa curva de crescimento acelerado. Fonte: Ricklefs 2002.

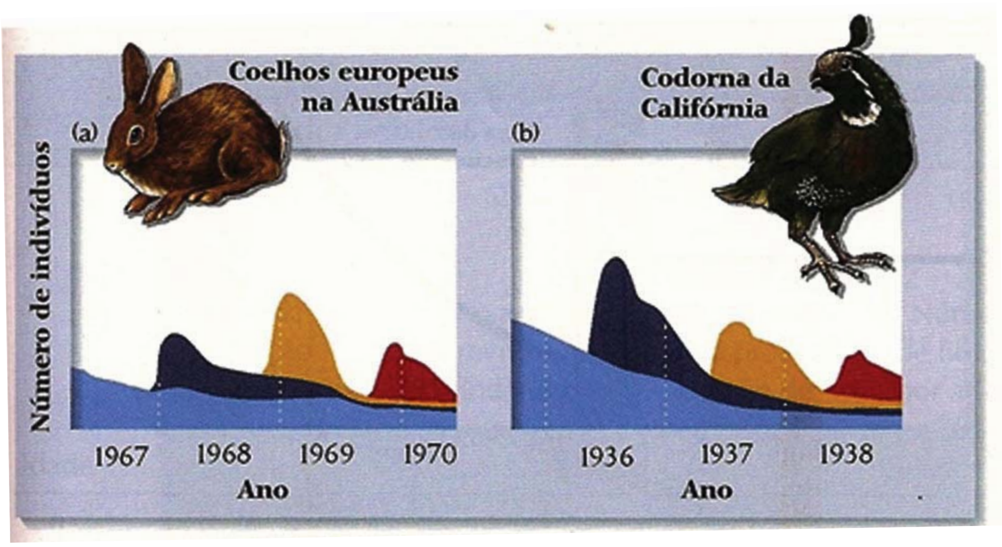


Figura 8. (a) População de coelhos da Austrália. (b) População de codornas da Califórnia. As cores representam indivíduos nascidos em cada ano. Cada população aumenta durante o período reprodutivo e em seguida declina. (Fonte: Ricklefs, 2002).

A cada ano, a taxa de crescimento populacional varia devido às variações sazonais no balanço entre nascimentos e mortes. Para medir a taxa de crescimento, a longo prazo, seria preciso contar os indivíduos no mesmo período a cada ano. Assim, as contagens de indivíduos estariam separadas pelos mesmos processos de nascimentos e mortes. Desta forma, a taxa de crescimento geométrica é mais convenientemente expressada como razão do tamanho populacional de um ano para o outro, ou seja, em intervalos de tempo. A letra grega lambda (λ) atribui essa razão através da fórmula:

$\lambda = N(t+1)/N(t)\ \lambda$

Para que a fórmula projete o tamanho da população em um intervalo de tempo, a equação pode ser rearranjada para:

$N(t+1) = N(t)\ \lambda$

Para calcular o crescimento populacional em muitos intervalos de tempo, multiplica-se o tamanho da população original pela taxa de crescimento geométrico uma vez para cada intervalo de tempo ($N(1) = N(0)\ \lambda$, $N(2) = N(0)\ \lambda 2$, $N(3) = N(0)\ \lambda 3$):

$N(t) = N(0)\ \lambda t$

Por exemplo, para uma população de 100 indivíduos, na qual a taxa de crescimento geométrica é de 50% ao ano ($\lambda = 1{,}50$), cresceria $N(0)\ \lambda 1 = 150$ no fim de um ano, $N(0)\ \lambda 2 = 225$ no fim de dois anos e $N(0)\ \lambda 10 = 5.767$ no fim de dez anos.

Se uma população crescesse através desse modelo matemático, atingiria números absurdos. Portanto, este modelo não reflete o que se observa na real dinâmica de longo prazo das populações. Pode haver fases curtas de crescimento semelhante, mas não todo o tempo.

Note que o crescimento exponencial e geométrico estão relacionados:

$\lambda = er$
ou. $loge\ \lambda = r$

Por causa dessa relação, os dois modelos de crescimento descrevem o mesmo dado igualmente bem (Figura 9).

Populações decrescentes têm taxas de crescimento exponencial negativas e de crescimento geométrico menores do que 1 (porém maior do que 0). Populações crescentes têm taxas de crescimento exponencial positiva e taxas de crescimento geométrico maiores do que 1.

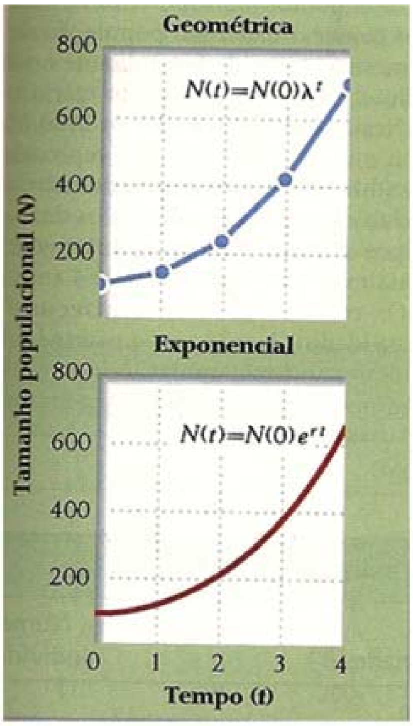


Figura 9. Curvas de crescimento exponencial e geométrico podem ser sobrepostas. Neste diagrama as curvas têm taxas equivalentes (geométrica: $\lambda = 1,6$; exponencial: $r = 0,47$). $N(0) = 100$ indivíduos. Fonte: (Ricklefs, 2002).

ESTRUTURA ETÁRIA E TABELA DE VIDA

Normalmente, as taxas de natalidade e mortalidade em uma população variam conforme a idade dos indivíduos. Desta forma, a velocidade de crescimento das populações depende de sua estrutura etária, ou seja, das proporções de indivíduos em cada classe de idade.

Quando as taxas de natalidade e mortalidade têm os mesmos valores para todos os membros da população, pode-se estimar o tamanho da população futura a partir do tamanho total da população daquele instante (N). Mas, quando essas taxas variam conforme a idade dos indivíduos, a contribuição dos mais jovens e dos mais velhos deve ser calculada separadamente. Por exemplo, uma população composta totalmente por jovens pré-reprodutivos e por velhos pós-reprodutivos não cresce até que os jovens atinjam a idade reprodutiva. Tal exemplo representa um caso extremo, entretanto variações sutis na distribuição etária podem também influenciar profundamente as taxas de crescimento populacional.

As proporções entre os vários grupos etários determinam o estado reprodutivo atual da população e indicam o que poderá ser esperado no futuro. Assim, uma população com grande proporção de indivíduos jovens (Figura 10A) terá um crescimento mais rápido, enquanto uma população com maior proporção de indivíduos velhos (Figura 10B) poderá declinar. Mas, se uma população obtiver uma distribuição uniforme nas classes de idade (Figura 10C), a população poderá permanecer estacionária.

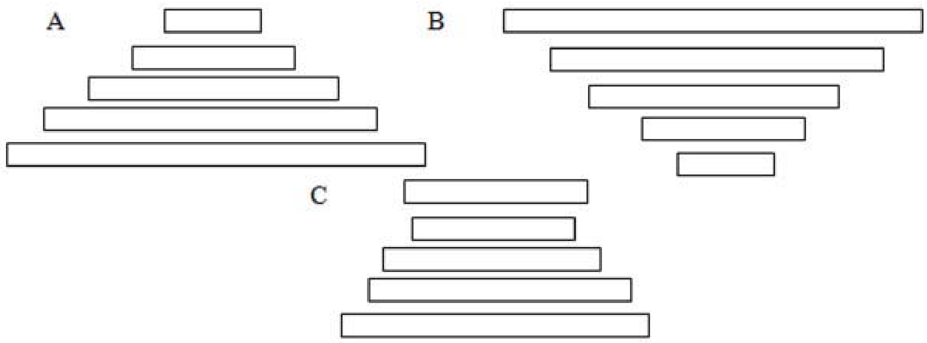


Figura 10. Esquema demonstrando a distribuição de indivíduos em populações A - maior proporção de indivíduos jovens. B - maior proporção de indivíduos velhos. C - distribuição uniforme nas classes de idade.

Então, para auxiliar no cálculo entre as diferentes faixas etárias de uma população, vamos elabora uma tabela, conhecida em ecologia de populações, como

TABELA DE VIDA.

Na ausência de imigração e emigração, as tabelas de vida podem ser usadas para modelar, ao longo do tempo, a adição e remoção dos indivíduos por nascimentos e mortes. Em uma tabela de vida, somente a idade é considerada como um fator que determina a mortalidade e a reprodução.

Vejamos um exemplo hipotético. Na figura 11 temos a idade dos indivíduos; a sobrevivência e a taxa de fecundidade em cada idade; e o número de indivíduos, que totaliza 100. Note que os recém nascidos não se reproduzem e que a idade desta população hipotética não passa de 3 anos.

Idade (x)	Sobrevivência (s_x)	Fecundidade (b_x)	Número de indivíduos (n_x)
0	0,5	0	20
1	0,8	1	10
2	0,5	3	40
3	0,0	2	30

Figura 11. Tabela de vida para uma população hipotética de 100 indivíduos. Fonte: Ricklefs, 2002.

O primeiro passo é calcular o número de indivíduos sobreviventes de um ano para o outro em cada idade. Veja na figura 12 que os indivíduos recém-nascidos têm uma taxa de sobrevivência de 0,50 (ou 50%). Então, de 20 indivíduos recém-nascidos somente 10 chegam ao primeiro ano de idade. Já indivíduos com 1 ano de idade têm uma taxa de sobrevivência de 0,80 (ou 80%). Assim, dos 10 indivíduos de 1 ano de idade, 8 conseguem chegar aos 2 anos de idade. Dos 40 indivíduos de 2 anos de idade, somente 20 conseguem chegar aos 3 anos, pois a taxa de sobrevivência é 0,50. E assim por diante. Sabendo o número de sobreviventes para se acasalarem no ano seguinte, podemos calcular o número de filhotes produzidos em cada classe etária.

No ano 1 (t=1), o número total de indivíduos é igual a 10. Sabemos que a fecundidade nessa idade é igual a 1, então, 10 x 1 = 10. O número total de indivíduos com 2 anos é igual a 8. A fecundidade nessa idade é igual a 3, então, 8 x 3 = 24. O número total de indivíduos com 3 anos é igual a 20. A fecundidade nessa idade é igual a 2, então, 20 x 2 = 40. A soma do número de adultos reprodutores em cada classe de idade vezes sua fecundidade nos dá o número de recém-nascidos (74) para essa população que se iniciou com 100 indivíduos. O mesmo exercício pode ser repetido para cada ano em direção ao futuro como mostra a Figura 13.

	Intervalo de tempo									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	Percentual
n_0	20	74	69	132	175	274	399	599	889	63,4
n_1	10	10	37	34	61	87	137	199	299	21,3
n_2	40	8	8	30	28	53	70	110	160	11,4
n_3	30	20	4	4	15	14	26	35	55	3,9
N	100	112	118	200	279	428	632	943	1.403	100
λ		1,12	1,05	1,69	1,40	1,53	1,48	1,49	1,49	

Nota: A população foi projetada pela multiplicação do número de indivíduos em cada classe etária pela sobrevivência para obter o número na próxima classe etária posterior no próximo período de tempo: $n_x(t) = n_{x-1}(t-1)s_x$. Então, o número de indivíduos em cada classe etária foi multiplicado por sua fecundidade para obter o número de recém-nascidos: $n_0(t) = \Sigma n_x(t)b_x$.

Figura 12. Passos para a projeção de uma população através do tempo de sobrevivência e reprodução. Fonte: Ricklefs, 2002.

	Intervalo de tempo									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	Percentual
n_0	20	74	69	132	175	274	399	599	889	63,4
n_1	10	10	37	34	61	87	137	199	299	21,5
n_2	40	8	8	30	28	53	70	110	160	11,4
n_3	30	20	4	4	15	14	26	35	55	3,9
N	100	112	118	200	279	428	632	943	1.403	100
λ		1,12	1,05	1,69	1,40	1,53	1,48	1,49	1,49	

Nota: A população foi projetada pela multiplicação do número de indivíduos em cada classe etária pela sobrevivência para obter o número na próxima classe etária posterior no próximo período de tempo: $n_x(t) = n_{x-1}(t-1)\, s_x$. Então, o número de indivíduos em cada classe etária foi multiplicado por sua fecundidade para obter o número de recém-nascidos: $n_0(t) = \Sigma n_x(t) b_x$.

Figura 13. Projeção da distribuição etária e do tamanho total através do tempo. Fonte: Ricklefs, 2002.

A taxa geométrica de crescimento populacional é a razão entre o tamanho da população após um ano e o tamanho no início do ano (λ = N(t+1)/N(t) λ). Como você pode observar, após um tempo, λ se fixa no valor de 1,49 (Figura 13). Isso pode ocorrer em uma população caso a taxa de sobrevivência e de nascimento idade-específica permaneçam invariáveis, levando a população a uma distribuição etária estável.

Em uma população com distribuição etária estável a taxa exponencial de crescimento é chamada de taxa intrínseca de crescimento. Na prática, as populações raramente atingem distribuições etárias estáveis e, portanto, raramente aumentam com suas taxas intrínsecas de crescimento. Assim, o desempenho de crescimento real de uma população depende muito das condições passadas, que determinam sua estrutura etária atual. Portanto, a taxa intrínseca de crescimento mostra como uma população cresceria se as condições ambientais permanecessem constantes.

CAPACIDADE SUPORTE

Populações experimentais de laboratório geralmente são mantidas sob condições controladas e com alimento abundante. Tal circunstância leva a população ao crescimento exponencial contínuo. Se uma espécie, mesmo a mais lentamente reprodutora, tivesse esse tipo de crescimento, cobriria a Terra num curto período de tempo caso seu crescimento não fosse contido. No entanto, o que observamos na natureza são populações que aumentam de modo exponencial no inicio, e em seguida se estabilizam, permanecendo em níveis relativamente estáveis.

Mas por que isso ocorre? Como pode a rápida taxa de crescimento inicial ser reconciliada com a estabilização da população? A taxa de natalidade diminui ou a taxa de mortalidade aumenta?

Quando há mais indivíduos em uma população, há menos alimentos para cada um. Uma quantidade menor de recursos implica em uma prole menos nutrida. Conseqüentemente, menos descendentes sobreviverão. Além disso, populações comprimidas agravam a vida social, promovem a eclosão de doenças e atraem a atenção de predadores. Esses fatores podem acontecer juntos, ou não, e desaceleram o crescimento da população, levando esta a um equilíbrio dinâmico.

O termo equilíbrio dinâmico significa que as populações não permanecem constantes ao longo do tempo, mas sempre acompanham as variações do próprio ambiente. O ambiente suporta uma certa quantidade de indivíduos. E o número máximo de indivíduos de uma espécie que o habitat suporta é chamado de capacidade suporte (K).

A capacidade suporte é determinado por vários fatores, como quantidade de alimentos disponível, espaço, luz, grau de competição, doenças, predação e outros. Tais fatores inibem o crescimento de uma população além de um determinado ponto dentro do habitat, e ao chegar àquele ponto ela se estabiliza, flutuando dentro de números limitados.

A equação que descreve o crescimento populacional limitado pela capacidade suporte, ou seja,pelo crescimento restrito échamada de equação logística:

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

Ou seja, a taxa de crescimento populacional (dN/dt) é igual a taxa de crescimento intrínseco em N próximo de 0 (r0) multiplicado pelo tamanho da população (N) e pela redução na taxa de crescimento devido ao adensamento (1 – N/K).

Equanto o tamanho da população (N) não excede a capacidade suporte (K), a população continua a crescer (N/K < 1). Quando N excede K, a população diminui (N/K > 1) e o termo entre parênteses (1 – N/K) fica negativo.

MECANISMOS DE REGULAÇÃO DE POPULAÇÕES

No início do século XX o químico Alfred Lotka disse que "a aplicação cega de equações de crescimento pode ser insignificante se não forem compreendidos os processos biológicos responsáveis pelo comportamento das populações". O pleno desenvolvimento de uma população no ecossistema depende principalmente das características do ambiente e como os organismos respondem a essas características. Desta forma, na natureza sempre haverá limites para o crescimento das populações.

À medida que a população cresce, os fatores limitantes do crescimento exercem mais efeitos na natalidade e na mortalidade. Os fatores dependentes de densidade, cujos efeitos aumentam com a acumulação de indivíduos, podem manter a população sob controle. Há também os fatores independentes de densidade, que podem alterar a taxa de crescimento da população, mas não controlam seu tamanho.

Os chamados fatores dependentes da densidade são aqueles que impedem o crescimento populacional excessivo, devido ao grande número de indivíduos existentes em uma população. As disputas por espaço, alimento, parceiro sexual, acabam levando à diminuição da taxa reprodutiva e ao aumento da taxa de mortalidade.

Processos como predação e parasitismo aumentam na medida em que, os predadores e parasitas encontram mais facilidade de se espalhar entre os indivíduos de uma população numerosa. Adicionalmente, fatores como suprimentos e lugares para viver são relativamente fixos em quantidade e em números e, portanto, são sentidos em populações densas.

Na década de 1920, experimentos com Drosophila mostraram que quanto mais pares de adultos eram colocados em uma garrafa menos larvas sobreviviam, uma menor quantidade de ovos eram produzidos e os adultos sobreviviam por menos tempo. Outros experimentos, como no caso dos besouros Rhizopherta, as larvas que se desenvolviam dentro de um único grão de trigo, atacavam larvas invasoras com suas mandíbulas competindo até a morte pela semente.

Entretanto, nos anos de 1950 cientistas descobriram que para insetos os fatores independentes da densidade podiam ser mais importantes. Nesse caso, condições ambientais favoráveis seria o grande "regulador" da população.

Os fatores independentes da densidade são caracterizados pela temperatura, umidade, precipitação e eventos catastróficos.

Darwin já dizia: "O clima tem papel importante em controlar o crescimento das populações e, de tempos em tempos, estações de extremo frio ou seca, são os melhores elementos de controle. Apesar de ser um efeito independente da "luta pela sobrevivência" os efeitos do clima no ambiente (por exemplo, estoques de alimentos) podem levar as mais ferozes lutas entre indivíduos, sejam eles da mesma espécie ou não. Até mesmo quando o efeito do clima é direto, como em um inverno extremo, são os indivíduos mais fracos que terão menos acesso a comida e que sofrerão mais que os outros".

FATORES LIMITANTES

Quando um fator ambiental qualquer apresenta condições desfavoráveis a uma população, pode interferir na sua abundância e distribuição. Quando a condição deste fator ambiental atinge ou excede os limites de tolerância da espécie, torna-se um fator limitante. Neste caso a espécie tem duas opções, ou se adapta ou desaparece daquele ambiente.

Um bom exemplo de fator limitante é a disponibilidade de oxigênio dissolvido nos ecossistemas aquáticos. Muitas regiões são muito bem oxigenadas, enquanto outras são pobres neste recurso. A água de alguns lagos e represas, rica em matéria orgânica (por exemplo, originada dos despejos de esgotos), tem pouco oxigênio dissolvido, o qual é absorvido pelas bactérias na decomposição dos resíduos orgânicos. Neste caso o oxigênio torna-se um fator limitante para os animais aquáticos como peixes e moluscos, os quais não conseguem sobreviver em condições de hipoxia (pouco oxigênio).

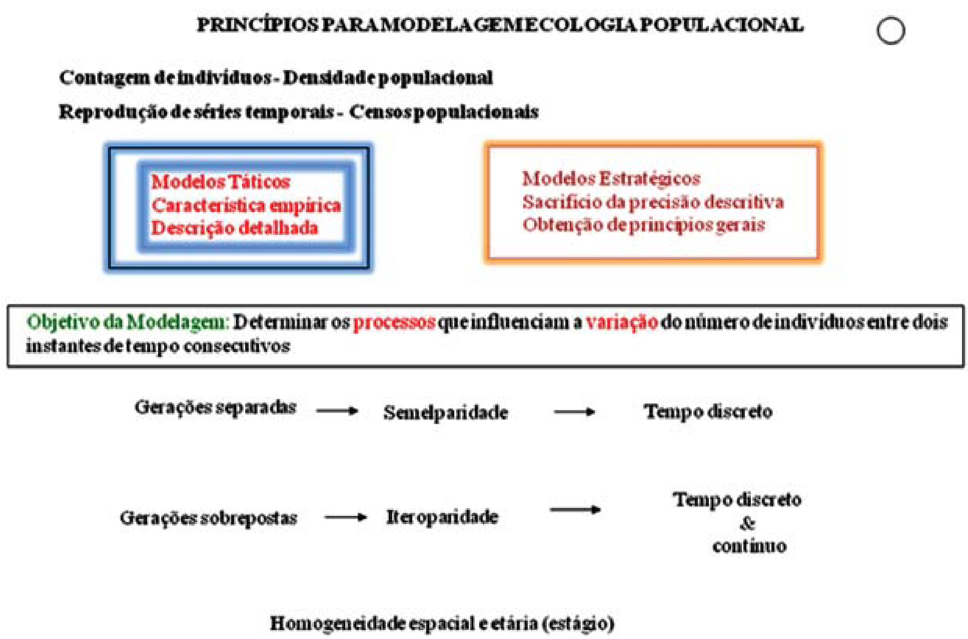
Os sedimentos lodosos, como os presentes nos manguezais, também são pobres em oxigênio, ou mesmo anóxicos, com ausência total deste gás. Esta condição limita ou mesmo impede a ocorrência de espécies não adaptadas no ambiente.

Nos ecossistemas terrestres, por outro lado, o oxigênio não é um fator limitante, uma vez que é um gás abundante na atmosfera. Por outro lado, a quantidade de luz pode ser insuficiente em determinados locais, bem como a disponibilidade de nutrientes. Tais fatores podem limitar a ocorrência de uma determinada espécie.

Os exemplos de fatores limitantes mais comuns nos ecossistemas são quantidade de oxigênio; incidência de luz solar; disponibilidade de alimento e água; disponibilidade de refúgios; temperatura; umidade do ar; profundidade entre outros.

Os fatores limitantes são a base do conceito criado pelo ecólogo Justus Liebig (1840), denominado Lei de Liebig, ou Lei do Mínimo. Essa lei postula que existe um mínimo em relação a qualquer fator ambiental, o qual controla a distribuição e área de abrangência de uma população. Por outro lado, o excesso de algum fator ambiental, igualmente torna-o um limitante, como por exemplo, excesso de água, luz ou calor. Portanto, as espécies apresentam limites de tolerância aos diversos fatores ambientais aos quais estão sujeitas. A amplitude destes limites depende da espécie e do parâmetro ambiental considerado.

PASSOS PARA CONSTRUIR UM MODELO DE CRESCIMENTO RESUMIDO



(Fonte: http://www.lncc.br/pdf_consultar.php%3Fidt_a).

CONCLUSÃO

O ponto central do capítulo é a apresentação dos dois principais modelos de crescimento populacional, o modelo exponencial (densidade independente) e o modelo logístico (densidade independente). Em ambos os casos, é apresentada a formulação matemática e gráfica de ambos os modelos com uma descrição bem detalhada dos principais parâmetros. Basicamente nos dois modelos de crescimento, toda população tende a duplicar em função do tempo na fase inicial quando os recursos e as condições ambientais não funcionam como limitantes do crescimento e em ambas as estratégias de vida, pois populações cujo crescimento independe da densidade os fatores reguladores extrínsecos são aleatórios e estocásticos, enquanto nas populações dependente da densidade os fatores reguladores intrínsecos que afetam diretamente o valor reprodutivo, taxas da natalidade que outras palavras refletem no comportamento animal. Em plantas e insetos predomina o crescimento exponencial pois são estrategistas (r), enquanto em mamíferos tendem a crescimento logístico ou estrategista (K)

RESUMO

O modelo de crescimento populacional o exponencial e/ou geométrico descreve uma população sem restrição ou limite de recursos, uma situação irreal pois a taxa intrínsica de crescimento "r" não é constante. Outras taxas que a influencia tais como as taxas instantânea de natalidade "b" e de mortalidade "b". Conhecer bem estas duas taxas é prioridade num estudo de ecologia de população. Construir uma tabela de vida precisa inicialmente conhecer sua forma de crescimento e ciclo de vida. Muitos organismos determinar a idade é difícil então trabalhamos com estágio ou fases do crescimento. Assim podemos ter três tipos de tabela de vida estática e dinâmica, estruturada em idade, coortes ou estágios. As populações com recursos ilimitadas e sem nenhum controle de sua natalidade a regulação dar-se-á pelas condições e recursos disponíveis, são chamadas populações com crescimento independente da densidade. As populações com recursos limitados crescem até próximo da capacidade suporte ou limite e nestes casos investem no cuidado parental e no controle da natalidade. É bom lembrar que as taxas mortalidade são baixas mesmo em períodos de restrição. O comportamento das populações com crescimento logístico em os fatores limitantes é a própria densidade dizemos que estas populações têm crescimento dependente da densidade.

ATIVIDADES

1. Quais são os dois tipos de tabela de vida que você conhece?
2. Quais são os principais parâmetros existentes em toda tabela de vida?
3. Como podemos calcular a taxa de crescimento de uma população a partir de uma tabela de vida?
4. Descreva e diferencie as pirâmides de idades para uma população em crescimento e outra em senescência?
5. Quais são os tipos de curvas de sobrevivência que você conhece?
6. Quais são os principais fatores endógenos atuantes no controle das populações?
7. Para que servem as tabelas de vida?
8. Como se pode estimar a produtividade de uma população a partir das informações contidas em uma tabela de vida?
9. Você conhece outras técnicas demográficas que podem ser utilizadas no estudo das populações?
10. Como o estudo de uma população pode auxiliar a conservação do ecossistema onde esta população ocorre?

ATIVIDADE PRÁTICA

1. Neste exercício vamos analisar duas tabelas hipotéticas para treinar sobre como calculara os parâmetros da tabela de vida. Uma população com estrutura distribuída em , idade com intervalo de 1 ano, onde:

x intervalo de idade ou coorte

l*x* sobrevivência de indivíduos recém-nascidos até a idade *x* :

$$l_x = 2L_x - l_x+1 \quad \text{ou} \quad l_x +1 = l_x - d_x$$

L*x* nº médio de indivíduos na coorte *x*

$$L_x = (l_x + l_x+1) / 2$$

b*x* fecundidade é número de indivíduos produzidos na idade *x* e contribuem na coorte

$$x0$$

d*x* nº de indivíduos na idade *x* morreram na idade *x + 1* ou

$$d_x = l_x - l_x+1$$

q*x* Probabilidade de morrer no intervalo *x e x + 1*

$$q_x = d_x/l_x$$

s*x* proporção de indivíduos x sobrevivendo até a idade *x + 1*

$$s_x = 1 - q_x$$

T*x* = Expectativa de vida especifica em unidade de tempo (dias, meses, anos) (ex. pop.humana)

$$Tx = \sum_{i=x}^{ultimo} Lx \quad \text{ou} \quad T_x = L_x + T_{x+1}$$

e*x* Expectativa adicional de vida de indivíduos na idade *x*

e*x* = T*x* / l*x*

Ex1. Variáveis da tabela de vida (hipotética) crescimento discreto.

Idade x	l_x	b_x	L_x	d_x	s_x	e_x
0	254	0				
1	120	100				
2	65	240				
3	14	156				
4	3	12				
5	0	5				

Cada estagio x tem 2 meses

Ex2. Populações contínuas: Iniciou-se 1000 ind. Fêmeas. Após um intervalo x +1 = 10 anos contou-se a mesma população.

Idade x	l_x	b_x	L_x	d_x	s_x	e_x
0 – 10	1000	0		120		
10 – 20	850	45		10		
20 – 30	720	87		15		
30 – 40	650	51		45		
40-50	150	13		120		
50 -60	10	0		3		

Calcule as variáveis solicitadas.

2. O tamanho de uma população animal numa ilha foi estimado em 1,2 mil indivíduos. Cinco anos depois, um novo censo revelou que a mesma população continha 1.530 indivíduos. Nesse caso, qual teria sido a taxa de crescimento (R) médio anual per capita? Lembre-se que N(t) = N(o) x R(t)
3. Suponha que um biólogo estudou uma população de pombos de uma determinada área durante 10 anos. Verificou que a taxa média de natalidade foi de 40 indivíduo.Individuo.ano, a de mortalidade de 30 individuo.individuo. ano, a de imigração 3 por ano, a de emigração 8 por ano. (3 pontos)
a) Qual é a taxa instantânea de migração média anual da população? (1,0)
Resposta:
b) Se a população inicial fosse de x = 20 pombos, qual seria a população estimada no fim de t = 10 anos? Nt = NoRt
4. Um biólogo foi chamado para avaliar uma planta ciclo-anual associado a um inseto que está tornando-se uma praga, ambas vem aumentando consideravelmente o tamanho de suas populações. No primeiro ano a taxa reprodutiva liquida Ro da inseto foi 21,200 indiv.indiv.ano no ano seguinte essa população 19.500 enquanto taxa reprodutiva básica do inseto Ro no primeiro anos foi 3500 indv.indiv.ano e no ano seguinte encontrou 7.000 indv.indiv.ano
a) Explique as diferenças entre as taxas reprodutiva liquida Ro e taxa liquida de crescimento λ
b) Que fatores podem estar afetando a o crescimento populacional das plantas
,c) Proponha uma tabela de vida para esta população do inseto.

AUTOAVALIAÇÃO

1. Defina e diferencie taxa intrinsica do crescimento (r) de taxa reprodutiva líquida (Ro) e taxa liquida de crescimento (λ) ?
2. Como se estima o tempo de duplicação de uma população crescendo segundo o modelo exponencial?
3. Porque, na natureza, as populações raramente se enquadram no crescimento exponencial?
4. O que é a capacidade de suporte do meio?
5. Porque as populações que são limitadas pela densidade raramente se estabilizam em torno da capacidade de suporte do meio?
6. Quais são os requisitos para que uma população obedeça ao modelo logístico de crescimento?
7. Discuta o significado dos termos taxa instantânea de crescimento (r) e taxa natural de crescimento (R). Quais são seus significados e aplicações em Ecologia de populações e demografia de modo geral?
8. Apesar dos modelos de crescimento populacional apresentarem limitações teóricas e práticas, eles são extremamente importantes para se entender a dinâmica das populações naturais. Discutir essa afirmação.
9. Em que grupos de organismos você esperaria encontrar populações que possam ser enquadradas em cada um dos modelos de crescimento populacional? Busquem, na literatura, novos exemplos e traga-os para discussão em sala.

REFERÊNCIAS

ODUM, E. P. & BARRET, G. W. **Fundamentos de Ecologia.** Ed. Thomson Learning 612p. 2007.
PINTO-COELHO, R. MOTTA. **Fundamentos de Ecologia.** Artmed 2ª Ed. Porto Alegre, 2000
RICKLEFS, R.E. 2003. **A Economia da Natureza**. 5ª ed. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2003.
TOWSEND, C. R., BEGON, M. & HARPER, J. L. **Fundamentos em Ecologia.** Porto Alegre, Artmed, Cap.1., 2006.