

INTERAÇÕES ENTRE POPULAÇÕES

META

Interações consumidor – recurso.

Relação Predador – Presa.

Dinâmica da Predação.

Competição: utilização do mesmo recurso restrito.

OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá:

analisar a teoria da competição e os modelos de interação predador-presa e respostas funcionais.

PRÉ-REQUISITOS

Aulas 3 e 4.

INTERAÇÕES CONSUMIDOR-RECURSO

Uma população muitas vezes afeta o crescimento ou a taxa de mortalidade de outra. Em outras palavras, as populações interagem de varias formas e, por isso, não é possível compreender muitos fenômenos populacionais sem considerar essas interações.

Os membros de uma população podem alimentar-se dos membros de outra, competir por recursos, excretar dejetos nocivos ou então, auxiliar no crescimento, desenvolvimento e ocupação de diferentes locais.

Desta forma, os resultados dessas interações para as populações que estão interagindo podem ser positivos, para os indivíduos da população que são favorecidos pela interação; negativos, para os indivíduos que são prejudicados pela interação; e neutros, quando os indivíduos não são influenciados pela interação.

De acordo com a influência que uma população exerce sobre a outra, pode-se classificar as formas de interação como: Parasitismo (+/-), Predação e Herbivoria (+/-), Alelopatia (+/-), Competição (-/-), Comensalismo (+/0) e Mutualismo (+/+), sendo que os sinais indicam se a população está sendo beneficiada (+), prejudicada (-) ou neutra (0).

As relações parasita-hospedeiro, predador-presa e herbívoro-planta são chamadas de interações consumidor-recurso e podem ser consideradas as mais fundamentais na natureza. Nessas relações, uma população sempre afeta adversamente a outra através de um ataque direto.

A predação sempre envolve um predador, isto é aquele que busca o alimento a partir de uma presa (geralmente um animal ou protozoário), removendo-os da população de presa. Por outro lado, no parasitismo, um organismo utiliza-se de um hospedeiro para sobreviver, consumindo parte de uma presa viva. Embora possa aumentar a probabilidade de morte do hospedeiro, o parasita por si próprio não remove um indivíduo de uma população. Já os herbívoros buscam alimento a partir de um vegetal. Caso comam plantas inteiras, funcionam como predadores, removendo indivíduos de uma população. Mas, caso alimentem-se de partes de uma planta sem matá-la, funcionam como parasitas.

Nas interações consumidor-recurso, é comum que os consumidores se beneficiem, aumentando o tamanho de suas populações. Enquanto isso, as populações de recursos diminuem. Mas, será que as populações de recursos seriam beneficiadas pela ausência de seus consumidores (predadores, parasitas ou herbívoros)? A resposta é negativa.

Vimos anteriormente que uma população, quando atinge alta concentração de indivíduos, ou seja, quando tem uma alta densidade, os fatores dependentes da densidade modificam as respostas nas taxas de natalidade e sobrevivência, levando a população ao declínio. Desta forma, podemos dizer que, em longo prazo, os predadores não seriam os únicos beneficiados nessa interação consumidor-recurso.

Por exemplo, populações de insetos são mantidas a uma densidade baixa por seus predadores e parasitas e com isso, não destroem o seu próprio suprimento de alimento e hábitat. Assim, interações negativas tornam-se menos negativas ao longo do tempo, se o ecossistema for estável e especialmente diverso o suficiente para permitir adaptações recíprocas. Veremos mais adiante como os consumidores podem limitar o crescimento das populações-recurso.

RELAÇÃO PREDADOR-PRESA

Quando pensamos na relação predador-presa, logo imaginamos um grande predador perseguindo uma pequena presa, como um leopardo perseguindo uma lebre, ou uma coruja capturando um rato, ou ainda, baleias azuis se alimentando de diminutos peixes chamados de krills.

Dependendo do tamanho do predador e de sua presa, o comportamento predatório pode abranger uma perseguição ativa a uma única presa (leopardo e lebre) ou ainda o consumo de um grande número de pequenos organismos por filtragem (baleias e krills).

De fato, à medida que o tamanho da presa aumenta em relação ao predador, ela se torna mais difícil de ser capturada e os predadores se tornam mais especializados em perseguir. Assim, a forma de um predador está intimamente relacionada à sua dieta.

Por exemplo, peixes com bocas menores têm maior capacidade de sucção, sendo capazes de apanhar suas presas a maiores distâncias. Todavia, essa forma de captura está ligada a presas que têm menor capacidade de dispersão, visto que ao sentir o fluxo de água provindo da sucção, as presas tendem a fugir. Por outro lado, peixes com bocas maiores tendem a utilizar o bote como arma de captura das presas. Este tipo de estratégia está ligado à captura de presas maiores e móveis.

Mas, os organismos, ou melhor, as presas, evitam a predação de várias formas, entre elas:

- Esconder-se
- Escapar
- Defender-se
- Detectar antecipadamente o predador
- Possuir espinhos
- Possuir defesas químicas
- Evitar áreas de alimentação dos predadores

Muitos organismos, geralmente os palatáveis, são capazes de combinar sua cor e padrão com o ambiente circundante, como cascas, galhos ou folhas (e. g. bicho-pau, gafanhotos e determinados tipos de borboletas). Por outro lado, alguns organismos produzem químicos nocivos, e anunciam o fato com um padrão de cor notável. Desta forma, os predadores aprendem rapidamente a evitar tais organismos (e. g. algumas espécies de cobras, e rãs).

As plantas, por exemplo, desenvolveram defesas químicas e estruturais para deter os herbívoros. A maioria dos químicos são compostos nitrogenados (terpenóides ou fenólicos) que influenciam a digestibilidade de suas partes.

Os animais e plantas palatáveis que desenvolvem semelhanças com organismos nocivos estão enquadrados dentro do conceito de mimetismo batesiano, uma homenagem ao descobridor deste fenômeno, Henry Bates, naturalista inglês do século XIX. Da mesma forma, alguns parasitos estão adaptados a determinados tipos de hospedeiros e certas plantas possuem defesas contra herbívoros. Com isso, o equilíbrio entre consumidores e presas depende, em parte, das adaptações desenvolvidas por ambos, ao longo de várias gerações.

A DINÂMICA DA PREDACÃO

Como vimos nos capítulos anteriores, algumas populações naturais exibem oscilações persistentes como resultado de sua densidade populacional. Vimos também que a maioria das espécies são tanto consumidoras quanto recursos para outros consumidores. Desta forma, as populações podem ser limitadas ou pelo que comem ou por quem as comem.

As populações de predadores e presas mostram uma variedade de padrões dinâmicos, em que cada espécie afeta a evolução da outra ao longo do processo evolutivo. Quase todos os livros de ecologia trazem o caso do lince e da lebre do Canadá, um dos exemplos que mais tem intrigado os ecologistas. Foram registrados para o lince e sua presa, a lebre, flutuações regulares de grande magnitude, sendo que o ciclo das duas espécies eram altamente sincronizados. (Figura 20).

Muitas hipóteses surgiram para tentar explicar os ciclos populacionais. Mas, à medida que a ecologia de populações cresceu, tornou-se evidente que o comportamento cíclico de muitas populações poderia ser explicado pela interação predador-presa.

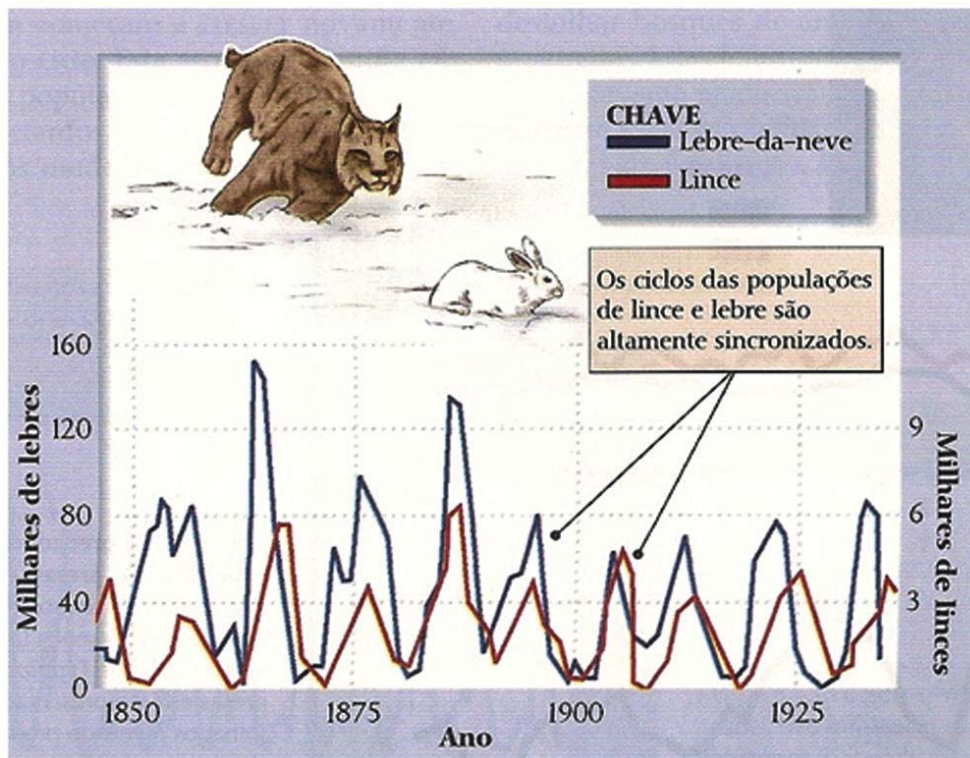


Figura 20. Os ciclos populacionais de alguns predadores e suas presas podem ser altamente sincronizados. (Fonte: Ricklefs, 2002).

Sabemos que os ciclos populacionais variam de uma espécie para outra e às vezes até mesmo entre populações da mesma espécie. Alguns organismos têm ciclos de vida curto enquanto outros possuem ciclos de vida longos. Predadores que se alimentam de herbívoros cujo ciclo de vida é curto, têm eles próprios ciclos populacionais curtos. Já os predadores dos grandes herbívoros cujo ciclo de vida é longo, também possuem ciclos mais longos.

Na década de 1920, Alfred J. Lotka e Vito Volterra desenvolveram, independentemente, as primeiras descrições matemáticas relativo à interação predador-presa. O par de equações diferenciais, não lineares e de primeira ordem, conhecidas como modelo Lotka-Volterra, é utilizada para prever oscilações nas populações de predadores e presas.

Para a população de presas, ou recurso temos:

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

Onde:

dN/dt é a taxa de variação na população de presas;

rR é a taxa de crescimento da população de presas na ausência de predadores;

cRP é a remoção de presas por predadores.

Para a população de predadores (P) temos:

$$\frac{dP}{dt} = c(ANP) - dP$$

Onde:

dP/dt é a variação na populações de predadores no tempo;

$c(aRP)$ é o resposta numérica do predador consumindo a presa;

dP é a taxa de mortalidade do predador.

De acordo com esse modelo, quando as populações desviam do seu ponto de equilíbrio, elas tendem a oscilar em torno dele, num ciclo contínuo. Com isso, a mudança conjunta das populações de predador e presa segue um ciclo fechado que combina as mudanças individuais das populações de predador e presa. Este ciclo, que tem o sentido anti-horário, é conhecido como trajetória populacional sendo que a população de presa aumenta e diminui exatamente à frente da população do predador (Figura 21).

A relação de consumo do predador em relação à densidade da presa é chamada de resposta funcional. Os ecólogos de populações reconhecem três tipos (Figura 22). A resposta funcional do tipo I significa que as presas estão sendo consumidas na proporção direta de sua abundância. Logo, o número de predadores aumenta, já que sua fecundidade aumenta conforme a disponibilidade de alimento. Assim, em uma situação de muita presa, o número de predadores passa a aumentar através da taxa de natalidade, controlando a quantidade de presas. Tal circunstância causa o equilíbrio neutro que é a característica do modelo Lotka-Volterra.

A resposta funcional do tipo II é vista como uma modificação da resposta funcional do tipo I. Conforme aumenta o número de presas, também aumenta o número de presas consumidas por predador, inicialmente, mas depois nivela quando aumenta a densidade de presas.

Uma resposta funcional do tipo III se assemelha no tipo II no fato de ter um limite superior para o consumo de presas. Entretanto, no tipo III, a resposta dos predadores às presas diminui conforme diminui a população de presas. Nesse tipo de resposta funcional, os predadores podem substituir suas presas, quando essas se tornam escassas, por uma presa alternativa mais abundante.

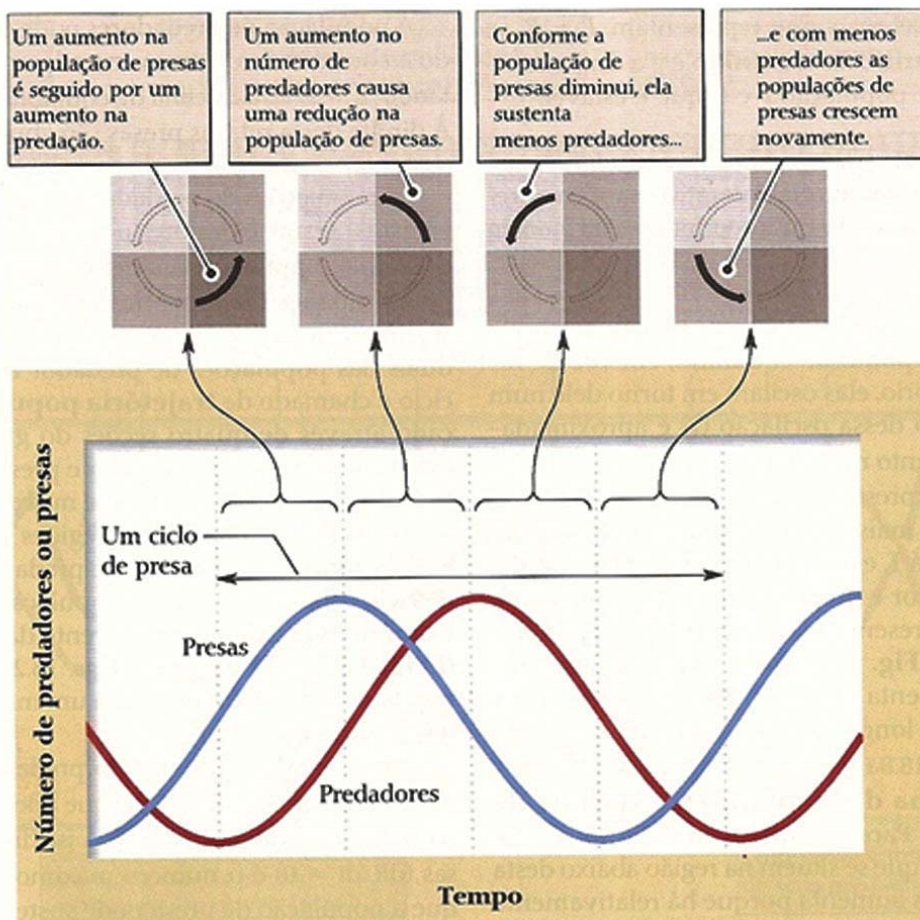


Figura 21. O modelo Lotka-Volterra define um ciclo regular de populações de predadores e presas. (Fonte: Ricklefs, 2002).

Além da resposta funcional há também um outro tipo de resposta na relação predador-presa, chamada de resposta numérica. A resposta numérica representa a taxa de variação populacional do predador em função das densidades de presa e predador. Isto é, o crescimento da população de predador em relação a densidade de presas se deve a um aumento no número de predadores ou por imigração ou por nascimentos, que juntos constituem a resposta numérica.

Assim, se a resposta funcional é responsável por padrões que emergem da dinâmica de consumo das presas, a resposta numérica regula a produção de prole em função do consumo de presas. Portanto tanto a resposta funcional como a numérica são fatores reguladores essenciais a serem considerados na descrição da dinâmica populacional em sistemas predador-presa.

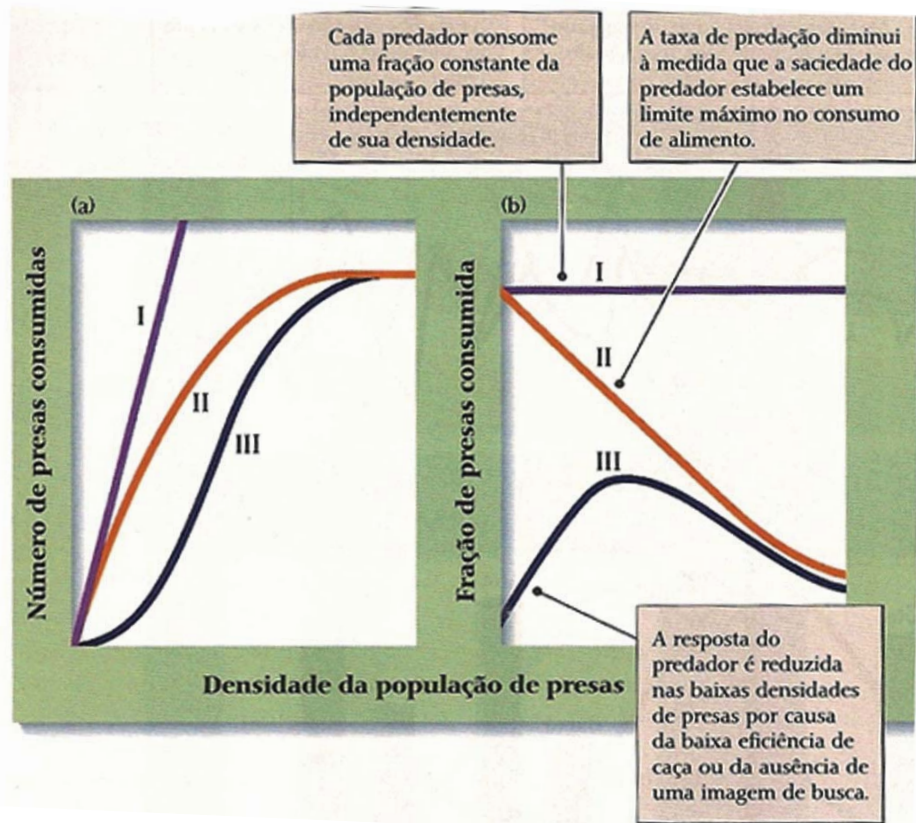


Figura 22. Os predadores apresentam três tipos de respostas funcionais em relação ao aumento da densidade de presas. (Fonte: Ricklefs, 2002).

Sob certas circunstâncias, pode ocorrer uma estabilidade na interação predador-presa. Tal estabilidade ocorre por fatores relacionados à dependência da densidade do predador ou da presa, refúgios ou esconderijos dos quais as presas utilizam para escapar da predação, por uma baixa eficiência do predador e também pela disponibilidade de presas alternativas. Essa situação de estabilidade é denominada de estados estáveis múltiplos. Os ciclos populacionais estáveis na natureza representam um equilíbrio entre esses fatores estabilizadores e a influência desestabilizadora dos atrasos de tempo nas respostas populacionais.

COMPETIÇÃO: UTILIZAÇÃO DO MESMO RECURSO RESTRITO

O botânico Tansley foi o primeiro ecólogo a demonstrar experimentalmente a competição entre espécies. Ele verificou que espécies vegetais aparentadas vivendo na mesma região, freqüentemente cresciam em habitats diferentes. Em 1917 essa observação não era novidade, entretanto ninguém havia investigado tal observação de maneira experimental.

Então Tansley selecionou duas espécies de *Galium* (*G. saxatile* e *G. sylvestre*), pequenas plantas herbáceas perenes. Enquanto *Galium saxatile*

tinha o hábito de viver em solos ácidos e turfosos, *Galium sylvestre* habitava montes de calcário e pastos. Ele plantou ambas as espécies, tanto sozinhas quanto juntas, em solos calcários e ácidos.

Como resultado Tansley encontrou que as plantas, quando plantadas separadas, as espécies cresciam e conseguiam se manter em ambos os tipos de solos, embora o crescimento fosse mais pronunciado nos solos no qual as espécies normalmente cresciam na natureza. Quando estavam plantadas juntas em solo calcário, *G. sylvestre* predominava. Quando cultivadas juntas em solo ácido, *G. saxatile* predominava.

Assim, Tansley concluiu que a presença ou ausência de uma espécie pode ser determinada pela competição com outra espécie e que as condições ambientais afetam o resultado da competição. Além disso, a presença da segregação ecológica pode ser resultado de competição no passado.

Portanto, competição pode ser definida como qualquer uso ou defesa de um recurso por um indivíduo, que reduz a disponibilidade daquele recurso para outros indivíduos. Em outras palavras, competição compreende a interação ecológica em que indivíduos da mesma espécie, ou de espécies diferentes, disputam alguma recurso. Esse tipo de interação favorece no processo seletivo, com a preservação das formas de vida mais bem adaptadas ao meio, e a eliminação de indivíduos com baixo poder adaptativo.

Mas o que é recurso? David Tilman definiu recurso como “qualquer substância ou fator que é consumido por um organismo e que sustenta taxas positivas de crescimento populacional à medida que sua disponibilidade no ambiente aumenta”.

Ou seja, o consumidor utiliza o recurso para própria manutenção e crescimento. Quando a disponibilidade de recursos é reduzida há redução no crescimento populacional. Assim, o potencial de um recurso limitar o crescimento populacional depende de sua disponibilidade em relação à demanda.

Mas quais fatores podem ser considerados recursos? Tudo aquilo o que os organismos consomem e modificam no ambiente. Por exemplo, alimento, espaço, esconderijos. Ricklefs (2002) não considera a temperatura como recurso, pois os indivíduos não a consomem. Um indivíduo não muda a temperatura do ambiente em detrimento do outro.

Os recursos podem ser classificados de acordo com a maneira pela qual os consumidores os afetam:

Recursos não-renováveis – aqueles que não são regenerados. Exemplo: espaço – uma vez ocupado ele se torna indisponível aos demais organismos. Ele só pode ser preenchido novamente quando o consumidor o abandona.

Recursos renováveis – são constantemente renovados ou regenerados. Itens alimentares, luz do sol, oxigênio, água e outros.

Agora que sabemos o que é recurso, vamos analisar os tipos de competição. Existem dois tipos: a interespecífica, ou seja, competição entre espécies diferentes e a intra-específica, competição entre a mesma espécie. Essa última constitui um fator regulador da densidade populacional, con-

tribuindo para evitar a superpopulação das espécies. Quanto mais densa for uma população, maior será a competição entre os indivíduos, e isso faz com que os recursos diminuam, afetando a reprodução e natalidade dos indivíduos.

Sob algumas condições, quando a competição interespecífica é intensa, ela pode levar a eliminação de uma espécie pela outra. Isso ocorre porque duas espécies não podem coexistir indefinidamente sobre um mesmo recurso limitante. Esse fato é conhecido como princípio da exclusão competitiva (Gause, 1932).

Mas quando é possível a coexistência de espécies potencialmente competidoras? Ora, se duas espécies coexistem em um ambiente estável, elas o fazem como resultado de diferenciação de nichos. Então, segundo o princípio da exclusão competitiva, para as espécies coexistirem utilizando recursos limitantes, é necessária diferenciação de nichos.

Interpretação gráfica da competição (Tilman),.

Se duas populações ocorrem no mesmo lugar, mesmo tempo e competem pelo mesmo recurso então o crescimento é modificado.

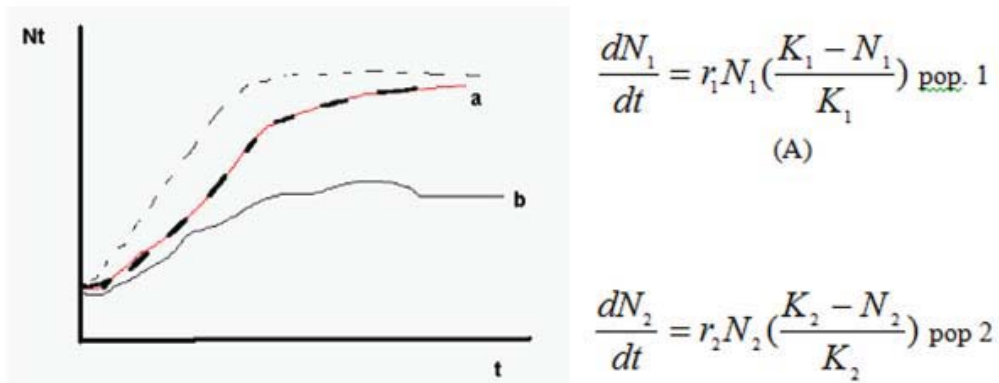


Figura 23. Fraca competição entre duas populações que crescem com coexistência sustentada. A linha descontinua mostra que o crescimento de cada população tem o mesmo r e K . Nas linhas sólidas (a) e (b) há competição entre as duas populações.

Equação de (Gause, Gause – Volterra ou Lotka – Volterra (1926).

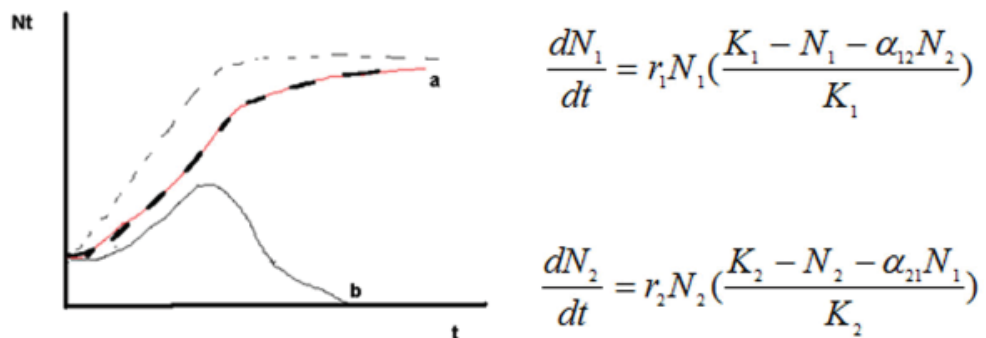


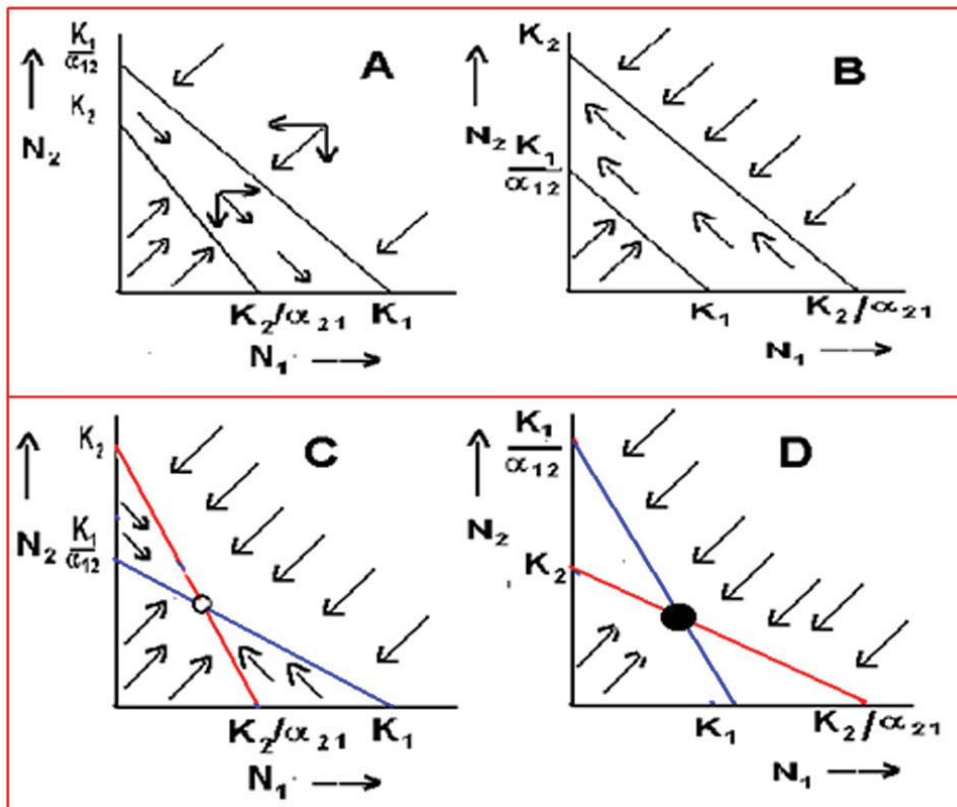
Fig 24. A competição é forte e afeta o crescimento das duas populações. A população (a) é o competidor mais forte do que (b), com competição exclusiva. Linha pontilhada sem competição onde r e k são os mesmos.

Coefficiente de competição α_{ij} é o efeito da população A \rightarrow B ou vice versa B \rightarrow A

Obs. A ecologia evolutiva mede esse coeficiente que na pratica é difícil. Sugere que a quantidade x qualidade o alimento, estratégias no tempo gasto para capturar o alimento, economia de energia (eMergia). Assim, o α é uma habilidade desenvolvida pela espécie A suplantando a espécie B.

INTERPRETAÇÃO

O resultado da competição gerada pelas equações de competição de Lotka – Volterra para 4 possíveis arranjos das isoclinas zero de N1 e N2. Os vetores, geralmente, referem-se para juntar populações e são derivadas como indica os gráficos (a - d), abaixo onde os círculos sólidos mostram o ponto de equilíbrio estável enquanto os círculos abertos em (c) é um ponto de equilíbrio instável.



Se $\alpha_{12} > K_1/K_2$ e $\alpha_{21} < K_2/K_1$ então a espécie 1 seria eliminada e espécie 2 persistiria.

Se $\alpha_{12} < K_1/K_2$ e $\alpha_{21} > K_2/K_1$ então a espécie 2 seria eliminada.

Se $\alpha_{12} < K_1/K_2$ então as espécies 1 e 2 alcançaria o equilíbrio (fig 1)

Se $\alpha_{12} > K_1/K_2$ e $\alpha_{21} > K_2/K_1$, então uma das duas espécies seria eliminadas e uma persistiria.

CONCLUSÃO

Neste capítulo inicialmente, tratamos das definições dos principais tipos de relações positivas e antagônicas entre as espécies. A seguir, é definida a coevolução e o seu papel no entendimento das complexas adaptações recíprocas na relação planta-herbívoros. O foco central desse capítulo, no entanto, são as relações de competição e predação entre as espécies, onde são apresentados os principais modelos teóricos existentes sobre o assunto tais como o modelo de competição interespecífica de Lotka-Volterra e o modelo de predação de MacArthur-Rosenweig.

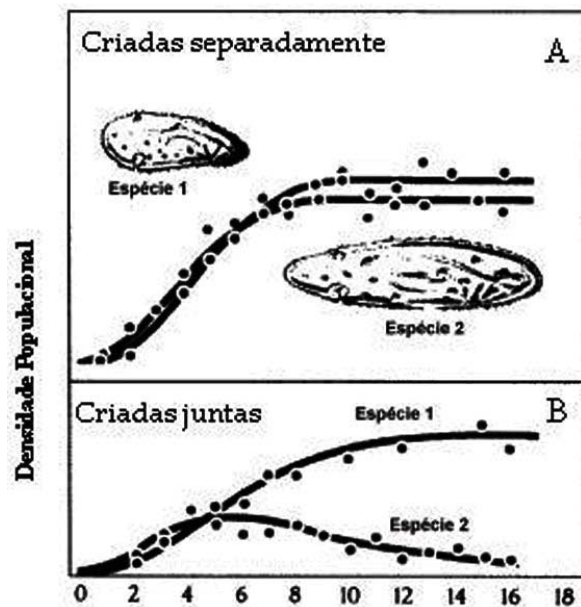


RESUMO

As interações intraespecíficas e interespecífica é um dos focos da ecologia. Classificou-se as diferentes formas de interação como: parasitismo, predação e herbivoria, alelopatia, competição, comensalismo e mutualismo, sendo que os sinais indicam se a população está sendo beneficiada, prejudicada ou neutra. A relação predador-presa



ATIVIDADES

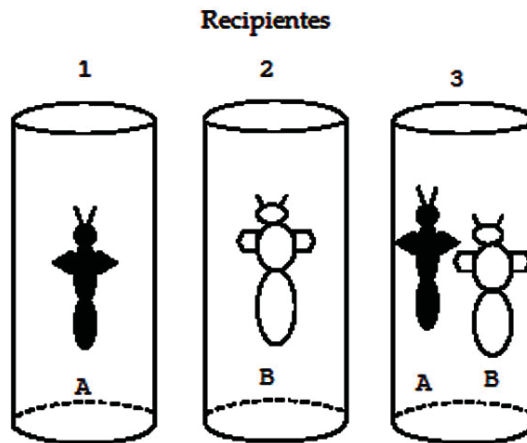


1. Na figura acima demonstra um curva de Gause clássica de competição. Analise os gráficos (A e B) mostram os resultados do experimento, realizado por um cientista, sobre o crescimento de duas espécies de protozoários, em meio de cultura.

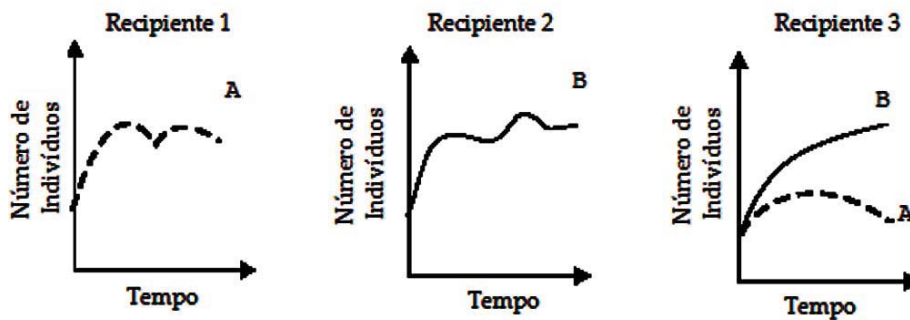
Baseando-se nos gráficos, responda:

- I. A que conclusão o cientista chegou com esse experimento?
- II. Qual a relação ecológica que esses resultados expressam?

2. Em um experimento, populações de tamanho conhecido de duas espécies de insetos (A e B) foram colocadas cada uma em um recipiente diferente (recipientes 1 e 2). Em um terceiro recipiente (recipiente 3), ambas as espécies foram colocadas juntas.



Durante certo tempo, foram feitas contagens do número de indivíduos em cada recipiente e os resultados representados nos gráficos.



A partir desses resultados, pode-se concluir:

3. O que é modelo “estocástico” e modelo “determinístico”? Porque é importante usar modelos matemáticos em Ecologia, mesmo considerando que todos eles apresentam limitações quanto a sua aplicação?
4. Discuta: a predação pode ser uma relação benéfica para a população de presas. Que tipo de benefício ela pode trazer?
5. Examinamos várias linhas de evidência de predação, competição e herbívora na natureza. Essas evidências incluíram: 1) adaptações defensivas, 2) modelos matemáticos, 3) experimentos de laboratório, 4) observações da

dinâmica populacional no campo, 5) efeitos de predadores introduzidos, e 6) experimentos de campo com populações naturais. Coloque as forças e fraquezas mais importantes de cada. Exemplo: A vantagem de uma transmissão manual de um carro poupa combustível, mas tem a desvantagem que é difícil operar quando comem ou responde o telefone celular

6. A maioria dos textos de ecologia afirma que os predadores e presas existem num equilíbrio. Essa hipótese de “balanço “equilíbrio” da natureza” tem muitos críticos porque sugere uma relação entre predadores e presas como sendo boa e necessária. Os críticos dessa hipótese propõe a pergunta seguinte: Qual é a relação entre o número de presas consumidas por predador e a densidade da presa se somente existe um tipo de presa disponível (ou quando o predador come somente um tipo de presa)?

7. As saúvas *Atta sexdens* e *Atta laevigata* habitam numa área de reflorestamento. Os parâmetros para *A. sexdens* são $\{k = 600 \text{ colônias}, r_1 = 0,10, \alpha_{12} = 1,50\}$ e para *A. laevigata* $\{K = 600 \text{ colônias}, r_2 = 0,10, \text{ e } \alpha_{21} = 0,90\}$. Existe a competição entre essas duas espécies? Por quê?



AUTOAVALIAÇÃO

1. Diferencie protocooperação de mutualismo.
2. Quais são as relações antagônicas entre duas espécies?
3. O que é coevolução? Dê alguns exemplos bem documentados dessa relação.
4. Quais são os critérios de Wiens para se determinar se duas espécies estão em competição?
5. Diferencie os termos competição "por recursos" de competição "por interferência".
6. Quais são os resultados previstos para uma interação competitiva pelo modelo de Lotka-Volterra?
7. O que são isóclinas de crescimento nulo?
8. Quais são os principais tipos de predadores existentes em Ecologia?
9. De um exemplo de população que apresenta gerações discretas e outro para populações com gerações contínuas.
10. Em que medida a eficiência de um predador pode gerar instabilidade na relação dele com a sua presa?

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.