

Ecologia de Populações e Comunidades

UNIDADE 1

População: definição e estrutura

1. CONCEITO

Diferentes formas de conceituar o termo população podem ser encontradas nos livros didáticos. Esta variação, em geral, depende da área de formação de cada autor. Assim, podemos conceituar populações como: “aquela em que apresenta indivíduos de uma mesma espécie dentro de uma dada área, ou, aquela que está sob investigação”. As fronteiras de uma população podem ser: naturais, em função dos limites geográficos de um habitat; ou definida arbitrariamente pelo pesquisador.

2. DEFININDO UM INDIVÍDUO: ORGANISMOS UNITÁRIOS E MODULARES

Contar o número de organismos de uma população nem sempre é uma tarefa fácil. Comumente, consideramos um ser vivo como um indivíduo ou espécime. Ambos os termos podem ser empregados. Aqui, faremos uso do termo indivíduo. Os indivíduos de uma população podem ser classificados de duas formas. Os organismos podem ser unitários ou modulares.

Os organismos conhecidos como unitários são caracterizados por um indivíduo bem definido. Mas o que vem a ser de fato um organismo bem definido? O que caracteriza um indivíduo unitário? Um organismo unitário é aquele que é possível de ser contado sem nenhuma dúvida. Em geral, as partes do seu corpo são numericamente definidas, não havendo variação.

Por exemplo, uma floresta pegou fogo na sua região. Você foi designado para investigar o tamanho da população de um mamífero qualquer morto. Ao sair para contar esses animais, você teria condições de definir quantos indivíduos tinham na área apenas pela contagem do número de crânios.

Por outro lado, os organismos conhecidos como modulares são mais difíceis de serem estabelecidos. Vá a essa mesma floresta, e a partir do número de ramos ou troncos de uma dada espécie de planta, defina quantas eram! Isto não é possível, pois um indivíduo de uma planta poderia ter o número variável de troncos e ramos. Várias plantas emitem troncos que saem do solo, que na verdade são ramos. Assim, elas poderão existir como “genets” (indivíduo original) e “módulos” (derivados do original). É o caso da bananeira, por exemplo. Aqui, todos os processos populacionais serão considerados a partir dos organismos unitários.

3. CARACTERÍSTICAS DA POPULAÇÃO

A população está sob a constante influência de vários fatores. Dentre eles, podemos citar os nascimentos e mortes, além dos movimentos realizados pelos organismos. O número de indivíduos de uma população irá variar em função da disponibilidade de alimento, predadores, locais para a reprodução, além de vários fatores ecológicos dentro do habitat.

Os processos ligados ao número de nascimentos, mortes e movimentos dos animais variam em relação às interações dos indivíduos com os seus ambientes. Os processos populacionais têm grande participação em diferentes aspectos da evolução das espécies. Esses processos estão em íntima relação com mecanismos de seleção natural, atuando também na regulação da estrutura das comunidades e no funcionamento dos ecossistemas.

1. Ecologia de Populações e Comunidades

Do ponto de vista das duas principais escalas de estudo na ecologia, espaço e tempo, a população pode ser definida como um contínuo no tempo (p.ex, através da sua descendência) e no espaço (p.ex, ancestrais comuns em diferentes partes da sua distribuição geográfica).

Uma população pode variar em termos de:

- **Gênero (sexo):** o número de indivíduos pertencentes a cada um dos sexos. Lembrando que este aspecto da população dependerá de características da história de vida evolutiva de cada organismo (p. ex, se ele é monóico ou dióico). Aqui, estamos discutindo organismos classicamente dióicos (sexos separados) e com reprodução sexuada (troca de material genético entre os indivíduos de sexos diferentes). O número de indivíduos de um determinado sexo em relação ao do outro sexo define o que chamamos de razão sexual. Mais adiante falaremos da importância da razão sexual para as espécies.
- **Idade:** outro importante atributo de uma população. Em geral, a população poderá ser definida em termos do número de indivíduos presentes em cada uma das suas classes etárias. Assim, ela poderá conter ovos, larvas, jovens, adultos e indivíduos senis.
- **Experiência:** nem todos os indivíduos de uma população possuem a mesma experiência de vida. Este atributo está relacionado aos processos ontogenéticos, ou seja, àqueles que dizem respeito à aprendizagem de cada indivíduo desde o seu nascimento até a sua morte.
- **Posição social:** os indivíduos de uma população podem se distinguir a partir de uma estrutura de dominação hierárquica. Desta forma, podemos encontrar casos em que existem indivíduos dominantes e outros que são subordinados. Existem também aqueles que apresentam funções bem definidas, tais como os soldados e operários de um ninho de formigas.
- **Genótipo:** os indivíduos de uma população não são iguais entre si do ponto de vista genotípico (carga genética). Cada um irá carregar consigo uma configuração genética herdada dos seus ancestrais (p.ex, bisavós, avós, pais), mantendo a tendência de transmitir parte destes caracteres para as gerações futuras. Em função das diferenças observadas em cada um dos indivíduos de uma população, suas aptidões não serão as mesmas.
- **Outros efeitos:** referem-se fatores externos, normalmente imprevisíveis, tais como cicatrizes proporcionadas por lutas físicas, dentre outros.

4. ATRIBUTOS DA POPULAÇÃO: ALGUMAS IMPLICAÇÕES

Quando realizamos estudos envolvendo o levantamento dos atributos de uma população, os dados obtidos poderão ser empregados para entender alguns dos seus aspectos. Para uma população ser viável, não basta que ela seja numerosa. Fatores relacionados ao seu grau de isolamento, razão sexual e estrutura etária são determinantes para sua viabilidade em longo prazo.

Quando observamos a Figura 1, temos três populações atravessando três momentos diferentes. A primeira delas é considerada uma população em expansão, já que apresenta em sua base um grande número de indivíduos jovens. Esse é um indício futuro importante de que a população tende a aumentar de forma considerável. A população será considerada estável se a mesma demonstrar uma pequena variação entre as suas classes etárias. E por último, a população estará em declínio se houver uma grande proporção de indivíduos velhos, com uma pequena proporção de jovens em sua base.

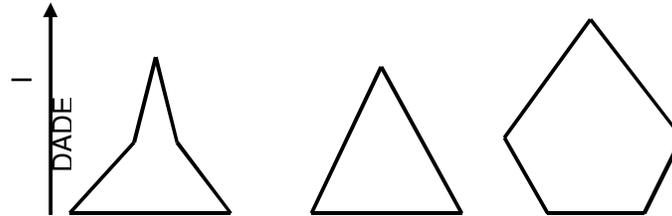
Da mesma forma chamamos a atenção para o número de machos e fêmeas de uma população (Figura 2). Não fará muita diferença que a população seja numerosa se a sua razão sexual não proporcionar condições adequadas para os processos reprodutivos. Quando existe um

desequilíbrio na razão sexual de uma população, ou seja, na proporção de machos em relação às fêmeas, algum comprometimento futuro ocorrerá. No caso do exemplo, a população 2 apresenta um número bem menor de fêmeas do que de machos.

Outro problema encontrado para a viabilidade da população é aquele que se refere ao seu isolamento. Quando o isolamento interfere no movimento dos indivíduos, impedindo migrações, a população poderá desaparecer. Um dos efeitos mais dramáticos da fragmentação dos habitats está relacionado a esse exemplo. Populações isoladas têm maiores chances de redução de sua variabilidade genética. Os cruzamentos consanguíneos aumentam as chances de manifestação de alelos deletérios, reduzindo a capacidade de persistência da população. A população fica mais vulnerável, por exemplo, a doenças.

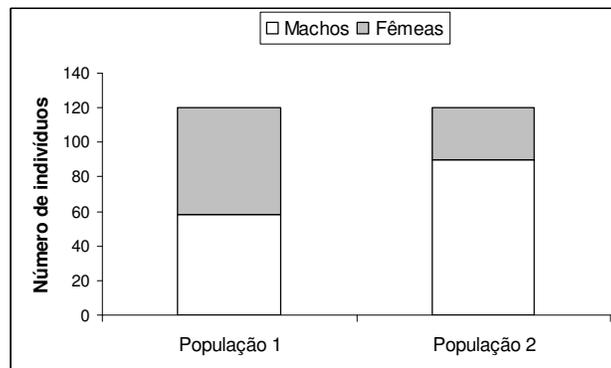
Como vimos, três populações que tenham o mesmo número de indivíduos não necessariamente estarão vivenciando a mesma condição de viabilidade em longo prazo. Em todos os três casos, o destino provável da população que apresenta uma ou mais condições supracitadas associadas é o da extinção.

Figura 1 - Distribuição etária de três populações hipotéticas em diferentes estágios da sua dinâmica. A. População em expansão; B. População estável; C. População em declínio.



Fonte: Redesenhada de Odum e Barret (2007).

Figura 2 - Número de machos e fêmeas de duas populações hipotéticas.



AREGAÇANDO AS MANGAS!!!



Cada um de vocês deverá considerar sua família como uma população. Entende-se por família as pessoas com parentesco consanguíneo ou não, tais como: bisavós, avós, tios, pais, filhos, primos, sobrinhos, netos, bisnetos e cunhados. Divida-os em três classes etárias: pré-reprodutiva, ou seja, aqueles indivíduos que são considerados jovens (até 14 anos), adultos (entre 15 e 60) e idosos (acima de 60 anos). Monte uma pirâmide etária e verifique. Qual é o atual estado de sua família (declínio, expansão ou estável)? Quantos indivíduos do sexo masculino versus do sexo feminino podem ser contados? Discuta a razão sexual com base nos princípios de viabilidade populacional.

5.GLOSSÁRIO

Dióico: possuidor de sexos separados, ou seja, alguns indivíduos contêm o sistema reprodutor masculino, enquanto outros o sistema feminino.

Monóico: quando em um mesmo indivíduo podem ser encontrados os sistemas reprodutor masculino e feminino. Também conhecidos como hermafroditas.

Senis: plural de senil. Refere-se na maioria das vezes a indivíduos que perderam a capacidade de reprodução dada a sua avançada idade biológica. Sinônimo de idoso.

Unidade 2

Medindo a população

1.A POPULAÇÃO EM NÚMEROS: CONTAGENS

Como definimos a densidade populacional de um organismo? Ela é definida pela contagem dos indivíduos de uma população em uma fronteira estabelecida pelo pesquisador. Como vimos anteriormente, muitas vezes, estas fronteiras são arbitrárias.

Quando nos propomos a contar indivíduos de uma população, esta tarefa quase sempre é muito complexa. Dificilmente conseguiríamos contar, por exemplo, o número de besouros de uma floresta, independentemente da espécie de besouro e do tamanho da floresta.

Assim sendo, os ecólogos trabalham com estimativas populacionais. A diferença aqui é que as estimativas não necessariamente são obtidas a partir da contagem de todos os indivíduos de uma população. Para fins de contagem, o nascimento de um indivíduo é muitas vezes empregado como o ponto de partida de um ecólogo populacional.

A população pode ser representada pelo que chamamos de densidade. A densidade populacional é dada pela contagem do número de indivíduos da população por unidade de área. Também podem ser considerados outros aspectos, tais como a sua biomassa por unidade de área. Como exemplo, poderemos ter uma população de 10 milhões de diatomáceas por metro cúbico de água ou 680 kg/árvores por hectare. Porém, inúmeras vezes, estimar a densidade é muito difícil.

Já a abundância relativa é uma das medidas mais práticas e utilizadas pelos ecólogos para estudar a maioria dos grupos de organismos. Existem algumas razões para esse fato. A primeira delas se refere às dificuldades existentes para contar determinados grupos animais. Como no exemplo acima, seria praticamente impossível contar o número de besouros de uma floresta. Assim, a abundância relativa pode ser relacionada ao tempo, sendo útil para medir o momento da população-foco. Além disso, essa medida pode ser obtida por meio de estimativas e não de contagens absolutas.

Como os dados obtidos a partir da contagem dos indivíduos de uma população podem ser usados na prática? As espécies não apresentam o mesmo número de indivíduos em uma comunidade. As diferenças demonstradas em seus números para cada ambiente poderiam ser utilizadas para designar a cada uma delas um índice de sua importância relativa. Assim, saberíamos, por exemplo, qual a contribuição de cada espécie para a manutenção dos processos biológicos de uma comunidade.

Mas qual medida usar: número de indivíduos ou biomassa? A resposta dependerá dos objetivos do seu estudo. Porém, duas considerações devem ser feitas. Primeiro, quando utilizamos os números para medir a importância dos organismos em uma comunidade, organismos mais numerosos, normalmente menores, serão beneficiados. Por outro lado, se empregamos a biomassa, organismos maiores e menos numerosos serão colocados em evidência. Então, devemos ter claro qual é nosso objetivo a fim de evitarmos considerações equivocadas.

Por fim, estas estimativas auxiliam-nos a determinar o grau de conservação das espécies. Sabemos se uma espécie sofre algum risco de extinção a partir de estimativas populacionais de cada uma delas. Esses dados são reunidos por diferentes pesquisadores de várias partes do mundo, gerando listas de espécies ameaçadas. Assim, considerando critérios adotados por esses

1. Ecologia de Populações e Comunidades

comitês, sabemos se uma espécie está extinta, criticamente em perigo, em perigo ou vulnerável. Para cada uma das categorias elencadas, são consideradas estimativas populacionais, bem como dados de sua distribuição geográfica.

2.DISTRIBUIÇÃO DOS ORGANISMOS

Os indivíduos de uma população irão distribuir-se pelo seu habitat típico de diferentes formas. Podem ser citados três tipos básicos de distribuição dos organismos: homogênea, agrupada e aleatória (Figura 3). Estes três tipos básicos de distribuição dos organismos são dependentes do potencial de sua dispersão, assim como das condições e recursos necessários à sobrevivência.

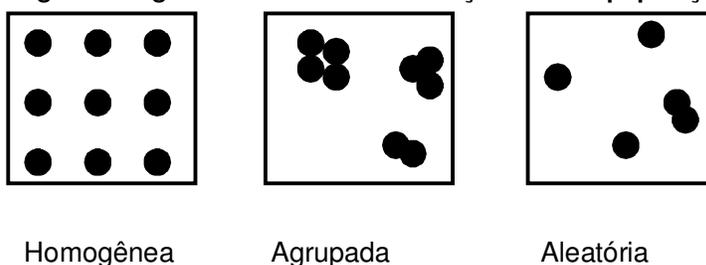
O modelo de distribuição demonstrado por cada organismo tem diversas implicações para o seu estudo, assim como em estratégias de conservação. O método de amostragem tem que levar em consideração o modelo de distribuição de cada um deles. Ignorar esse aspecto significaria uma provável incorreção na obtenção de estimativas populacionais.

O padrão de distribuição homogênea (ou regular) ocorre quando um indivíduo possui uma tendência em evitar o indivíduo mais próximo. Assim, indivíduos que ocorram muito próximos a outros, mais do que se esperaria, normalmente morrem. Daí, o padrão observado é de uma distribuição homogênea, como resultado do espaçamento regular entre eles.

Os agrupamentos irão se formar na natureza a partir da tendência exibida pelos organismos de se agregarem em função de locais particulares. Nota-se, também, que os indivíduos podem se agrupar influenciados pela presença de um ou mais, propiciando uma atratividade para vários outros. Dessa forma, os indivíduos juntos poderiam aumentar suas chances de sobrevivência. Por exemplo, animais sociais se distribuem em agrupamentos (distribuição agrupada), já que tendências sociais os mantêm assim. Como alguns exemplos, podemos citar formigas, abelhas e cupins.

A distribuição aleatória, também conhecida como ao acaso, ocorre quando os organismos possuem a mesma probabilidade de ocupar qualquer ponto do habitat. Sendo assim, como a sua ocupação está ligada às chances que o mesmo tem de alcançar uma porção vazia, esses ficarão distribuídos ao acaso.

Figura 3: Alguns modelos de distribuição de uma população.



Fonte: Redesenhada de Odum e Barret (2007).

A discriminação do modelo de distribuição será dependente da escala espacial de estudo. Vamos utilizar, como exemplo, os afídeos de um tipo estrito de planta em uma floresta. Se observarmos sua distribuição em uma escala ampla (por exemplo, de biomas), os afídeos ocorrerão em agrupamentos ligados a florestas. Quando adotamos a floresta como escala, a distribuição ainda estará agregada, porém agora em um tipo de específico de planta. Se a escala

for ainda menor (tamanho de uma folha), observaremos que os afídeos se distribuem de forma aleatória pelas folhas da planta.

Porém, na maioria dos casos, os modelos supracitados nem sempre são possíveis de serem visualizados. O que ocorre é um tipo de distribuição dos organismos em mosaico em alguma ordem de escala. A distribuição em mosaico pode ser uma característica do ambiente físico. Ela é dinâmica e ocorre de uma forma contínua.

Outro importante aspecto ligado ao modelo de distribuição exibido por uma espécie se refere a sua conservação. Espécies de florestas tropicais muitas vezes podem necessitar de condições muito específicas de habitat. Assim, várias delas não ocorrem de forma homogênea ao longo de uma floresta. Quando trechos específicos da floresta são destruídos ou alterados, estas espécies correm o risco de desaparecimento. Essa é uma das principais causas de extinção em florestas tropicais, já que além de muitas espécies exibirem tal modelo de distribuição, muitas delas são pouco numerosas na natureza.

3.O PRINCÍPIO DE ALEE

Níveis variados de agregação podem ser observados na população em alguns momentos. Esse agrupamento é um resultado de agregações individuais influenciadas por diferentes fatores. Dentre eles, citamos respostas a diferenças locais de habitat ou paisagem, e alterações diárias e sazonais. Essas respostas surgem em função de processos reprodutivos e também como um resultado das atrações sociais. Alguns efeitos podem ser notados do agrupamento dos indivíduos.

Um dos efeitos perceptíveis é o aumento da competição. Porém, os indivíduos de uma espécie não se juntariam se esse efeito não fosse mais do que compensado. Em geral, o aumento da capacidade de defesa exibida pelo aumento do tamanho do grupo torna-se uma vantagem. O aumento do número de indivíduos promove também um aumento na vigilância, reduzindo as chances de um predador não ser detectado. Além disto, as chances de cada indivíduo ser predado reduzem consideravelmente conforme o grupo aumenta, ocorrendo o que chamamos de efeito de diluição.

O efeito da agregação promove, sobre a população, um desempenho aumentado no que se refere ao crescimento e à sobrevivência. As plantas poderão se agregar como uma resposta ao habitat, clima ou em razão de processos reprodutivos. A agregação em plantas é inversamente correlacionada com a sua capacidade de dispersão.

AREGAÇANDO AS MANGAS!!!



Busque exemplos de animais que se encontram sob o efeito de Alee. Discuta as principais razões desses agrupamentos, indicando vantagens e desvantagens desse comportamento.

4.GLOSSÁRIO

Biomassa: peso do material vivo geralmente expresso como peso seco por unidade de área ou de volume. O termo peso seco, nesse caso, refere-se ao peso após a sua desidratação.

UNIDADE 3

A BIOLOGIA DO ORGANISMO E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A DINÂMICA DA POPULAÇÃO

1. CICLOS DE VIDA E REPRODUÇÃO

Os organismos unitários variam em função de algumas fases do seu desenvolvimento. Essas vão do seu nascimento, seguindo pelos períodos pré-reprodutivo, reprodutivo, pós-reprodutivo e a sua morte. Os ciclos de vida das espécies podem ser curtos ou longos. Nos ciclos de vida curto, as espécies podem ser classificadas como iteróparas, quando germinam e nascem em razão da sazonalidade (comuns em regiões temperadas); ou semélparas, quando apresentam evento reprodutivo repentino (algumas espécies de plantas de deserto).

Já as espécies de ciclo de vida longo são aquelas que normalmente apresentam um ciclo de vida anual voltado à reprodução. Em geral, são espécies de vida longa. Muitas vezes, sua reprodução é regulada pelo fotoperíodo, normalmente ajustado à época em que os recursos são abundantes. Em regiões tropicais, a pluviosidade tem importante papel na determinação do período reprodutivo de várias espécies de organismos.

2. MONITORANDO NATALIDADE E MORTALIDADE: TABELAS DE VIDA

As tabelas de vida são ferramentas úteis para o acompanhamento das populações. Entender como funciona a biologia de uma população é importante para prever aspectos fundamentais do seu ciclo de vida dos organismos. A tabela de vida oferecerá informações relevantes sobre as propriedades dinâmicas da população e as estratégias da história de vida de cada organismo.

Os ecólogos, em geral, estão interessados em uma tabela de vida que registre o número atual de indivíduos que estão dentro de cada estágio do seu ciclo de vida. Existem, porém, tabelas de vida diferentes. Uma delas é a tabela de vida de coorte que objetiva acompanhar todos os indivíduos que nascem em um período até que o último morra.

Porém, nem sempre é possível acompanhar todos os indivíduos até a sua morte. Desta forma, empregamos o uso de tabelas de vida estática. Essas tabelas são conhecidas pelo monitoramento da população a partir de indivíduos de diferentes idades e a contribuição de cada um deles para novos nascimentos nessa população.

A contribuição de cada indivíduo de uma população em relação à fecundidade também varia com a idade. Para tal, torna-se necessário conhecer os padrões de fecundidade específicos por idade.

3. TABELA DE VIDA DE COORTE

Para exemplificar como funciona uma tabela de vida, vamos observar uma tabela de coorte. A sua escolha foi baseada na maior facilidade para entender os cálculos e como funciona uma tabela em si. Ainda, para fins didáticos, construiremos uma tabela de vida baseada em espécies anuais, já que simplifica os procedimentos, considerando a inexistência de sobreposição de gerações. Assim, será possível acompanhar a coorte desde o primeiro nascimento até que o último indivíduo sobrevivente morra.

1. Ecologia de Populações e Comunidades

A tabela de vida construída se refere aos dados biológicos de uma espécie de gafanhoto europeu (*Chorthippus brunneus*). A primeira coluna representa os estágios de vida do gafanhoto, ou seja, idades. A coluna seguinte indica os dados brutos coletados relativos ao número de sobreviventes de cada classe de idade. As demais colunas serão construídas a partir de cálculos próprios.

Por exemplo, supondo que você esteja preocupado em comparar a sobrevivência de duas ou mais populações de organismos sob diferentes condições ambientais (área intacta x área perturbada). Para tal, torna-se necessária uma padronização dos números. A terceira coluna, denominada l_x definirá a proporção da coorte original sobrevivente no início de cada estágio (x) do ciclo de vida do organismo. O momento inicial será l_0 que representará a proporção de sobreviventes quando ocorre o nascimento dos indivíduos. Em qualquer tabela, esse valor será igual a 1,000, ou, 100%.

O número inicial de ovos de gafanhoto será de 44.000. Os valores da coluna l_x para os outros estágios de vida serão obtidos a partir da proporção dos sobreviventes de cada etapa. Ou seja, o segundo ciclo etário teve 3.513 sobreviventes. O valor de l_1 será de $3.513/44.000$, sendo de aproximadamente 0,08. Significa dizer que cerca de 8% da coorte sobreviveu até esta etapa de vida.

Para os outros estágios, o mesmo cálculo poderá ser realizado, conforme observamos a tabela 1. Assim, também poderá ser calculada em uma tabela mais completa a taxa de mortalidade para cada um dos estágios de desenvolvimento, por exemplo. A próxima coluna se refere ao cálculo do número de descendentes produzidos por cada ciclo de vida. Como apenas adultos de gafanhoto são capazes de reproduzir, então somente o estágio adulto apresenta o valor. Como podemos observar, 1300 adultos foram capazes de deixar 22.617 descendentes.

Para discriminar qual foi a contribuição de cada um dos indivíduos em termos de descendentes produzidos, a quinta coluna é utilizada para isto. Basta dividir o número de descendentes deixados (22.617) pelo número de adultos (1.300), e o valor inteiro aproximado será de 17. Ou seja, cada adulto contribuiu com o número médio de 17 ovos, sendo essa coluna representada por m_x . Como o número médio diz respeito ao sexto estágio, então m_5 será igual a 17 ovos.

Na tabela de vida é possível então observar a sobrevivência (l_x) e a capacidade de gerar novos descendentes (m_x). Os dois fatores combinados dão à população o potencial de aumento ou redução do número de indivíduos no tempo. Os 17 ovos, em média, foram obtidos a partir de somente 0,03 da coorte sobrevivente até a idade adulta. Assim, o número médio de ovos produzidos ao final da coorte, por ovos no início da coorte, foi de $0,03 \times 17 = 0,51$ ovos. A esse valor chamamos de R , ou seja, é a taxa reprodutiva líquida da população.

Tabela 1 - Tabela de vida de coorte do gafanhoto *Chorthippus brunneus*. Legenda: a_x . número de sobreviventes no início de cada estágio; l_x . proporção da coorte original sobrevivente ao início de cada estágio; F_x . prole total produzida em cada estágio; m_x . número médio de prole produzida por indivíduo em cada estágio; $l_x m_x$. prole produzida pela coorte sobrevivente para cada estágio.

Estágio (x)	a_x	l_x	F_x	m_x	$l_x m_x$
Ovos (0)	44.000	1,000	-	-	-
1º instar (1)	3.513	0,080	-	-	-
2º instar (2)	2.529	0,058	-	-	-
3º instar (3)	1.922	0,044	-	-	-
4º instar (4)	1.461	0,033	-	-	-
5º instar (5)	1.300	0,030	22.617	17	0,51
$R_0 = \sum l_x m_x = \sum F_x / a_0 = 0,51$					

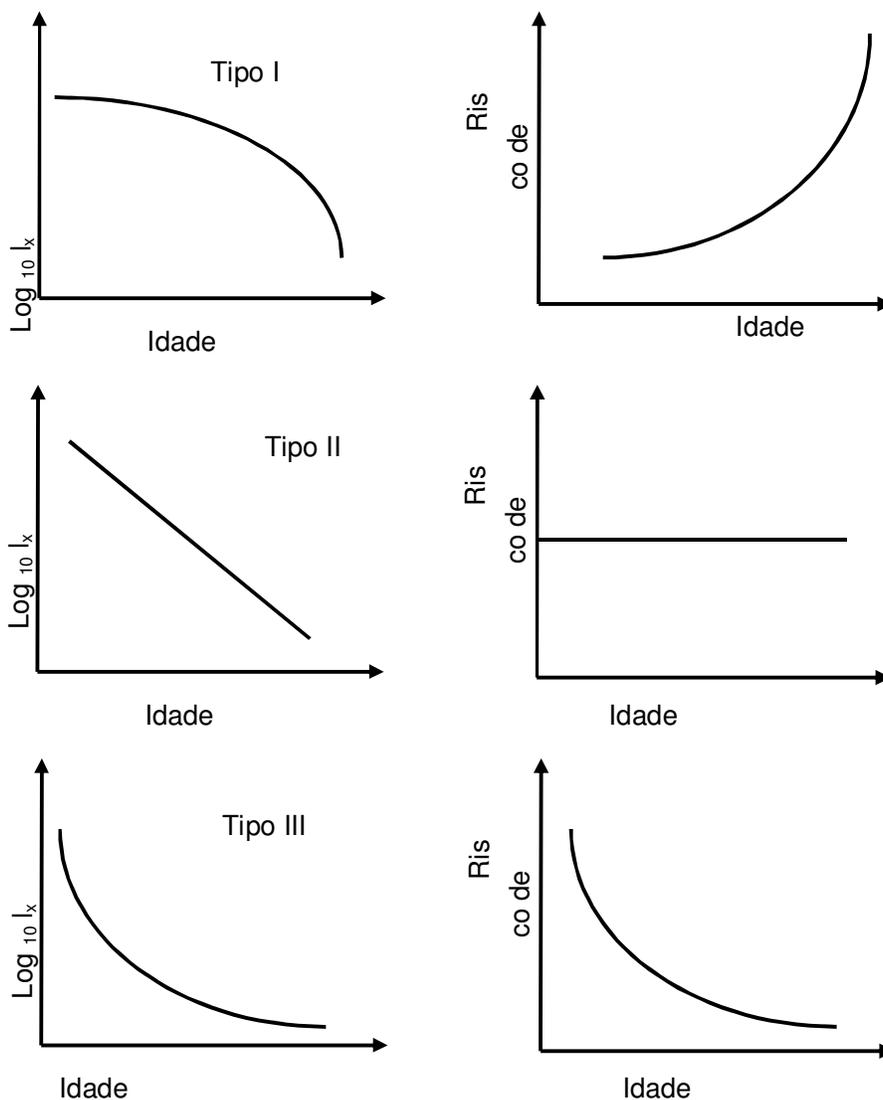
Fonte: Modificada de Townsend et al. (2003).

4.TIPOS DE CURVAS DE SOBREVIVÊNCIA

As curvas de sobrevivência estão divididas em três tipos básicos (Figura 4). Aquela conhecida como Tipo I apresenta a mortalidade concentrada em idades mais avançadas, em geral ligadas ao tempo máximo de vida de um organismo. Essa curva pode ser observada entre seres humanos que vivem em países desenvolvidos, bem como em animais domésticos e com cuidados especiais em zoológicos.

As curvas de sobrevivência do Tipo II são aquelas em que a mortalidade é constante na população, seguindo assim do nascimento até as idades mais avançadas. A sobrevivência de sementes enterradas no solo pode ser um dos exemplos deste tipo.

Figura 4 - Tipos de curvas de sobrevivência em razão da idade, indicando o risco de morte em cada caso.



Fonte: Redenhada de Townsend et al. (2003).

A última, do Tipo III, descreve uma alta mortalidade inicial, porém uma elevada taxa de sobrevivência posterior. Embora, aqui, os tipos de curvas tenham sido divididos de maneira didática, um organismo qualquer poderá apresentar diferentes tipos de curvas. Este fato dependerá de vários aspectos como, por exemplo, as condições da população (baixa, média ou alta densidades). Este é o padrão mais encontrado entre plantas e animais na natureza. Espécies com prole numerosa exibem curva do tipo III.

Contudo, na prática, as variações são mais complexas. Por exemplo, uma mesma espécie de planta pode exibir curvas diferentes quando em baixa densidade (curva do tipo I), em densidades medianas uma curva do tipo II, bem como uma curva do tipo III quando em altas densidades nos estágios iniciais de vida.

5. DISPERSÃO E MIGRAÇÃO

A dispersão é marcada pelo movimento dos animais. O termo é aplicado para explicar a maneira com a qual os indivíduos afastam-se uns dos outros. Ao contrário da dispersão, outro termo empregado para discriminar o movimento dos animais, a migração é caracterizada como o movimento direcional em massa pelo quais os indivíduos se dirigem de um local para o outro. A migração obedece ao deslocamento dos indivíduos de regiões com baixa quantidade de recursos para aquelas com alta disponibilidade.

A dispersão é um importante fator a ser considerado nas populações, pois a mesma tem grande influência no tamanho da população. Os movimentos de entrada (imigração) e saída (emigração) de uma população são importantes na regulação do tamanho das populações, bem como em outros processos ligados a sua variabilidade genética.

A variação no tamanho da população determina em que nível ocorrerá a competição intraespecífica. A intensidade da competição por recursos interferirá diretamente nas taxas de natalidade, mortalidade e na dispersão dos organismos. Daí, dizemos que estes efeitos são dependentes da densidade. À medida que a densidade populacional aumenta, a competição reduzirá a capacidade de o indivíduo reproduzir, além de aumentar a sua chance de morrer.

AREGAÇANDO AS MANGAS!!!



Monte uma tabela de vida de coorte a partir de dados fictícios. Leve em conta que devemos obter no final da montagem da tabela de vida as seguintes informações: a proporção de sobreviventes a cada fase do ciclo de vida do organismo, o número de descendentes deixados (você determinará esse valor fictício), o cálculo da contribuição de cada indivíduo em relação ao número de descendentes e a taxa reprodutiva líquida da população.

6. GLOSSÁRIO

Coorte: grupo de indivíduos da mesma classe de idade.

Fotoperíodo: período diurno ou sinal pelos quais os organismos regulam suas atividades sazonais.

UNIDADE 4 CRESCIMENTO POPULACIONAL

1. ENTENDENDO O CRESCIMENTO POPULACIONAL: TAXAS DE CRESCIMENTO

Uma taxa pode ser obtida através da divisão da quantidade de alguma coisa que mudou pelo tempo que durou essa mudança. Assim, se queremos determinar a taxa de natalidade de um organismo ao longo de um ano, contamos o número de nascimentos ocorridos e dividimos pelo número de anos (no caso, um ano). Para fins de entendimento das fórmulas aplicadas no estudo da dinâmica de populações, temos:

Δ (delta) = abreviação de mudança
 N = número de organismos
 t = representa o tempo
 ΔN = mudança no número de organismos

Equação:

$\frac{\Delta N}{\Delta t}$ = taxa média de mudança do número de organismos em relação ao tempo (Equação 1.1)

Essa é a taxa de crescimento da população!

Se na equação 1.1 for adicionado no denominador o número de indivíduos (N) multiplicando Δt , então teremos a taxa de crescimento específico, conforme podemos observar abaixo.

$\frac{\Delta N}{N \Delta t}$ = taxa média de mudança do número de organismos em relação ao tempo (Equação 1.2)

Taxa de crescimento específico

Nas curvas de crescimento, a inclinação representa a taxa de crescimento e o ponto de inflexão (Figura 5) o ponto no qual a taxa de crescimento é máxima.

Para o cálculo das taxas instantâneas em intervalos de tempo particulares, temos:

d = derivada

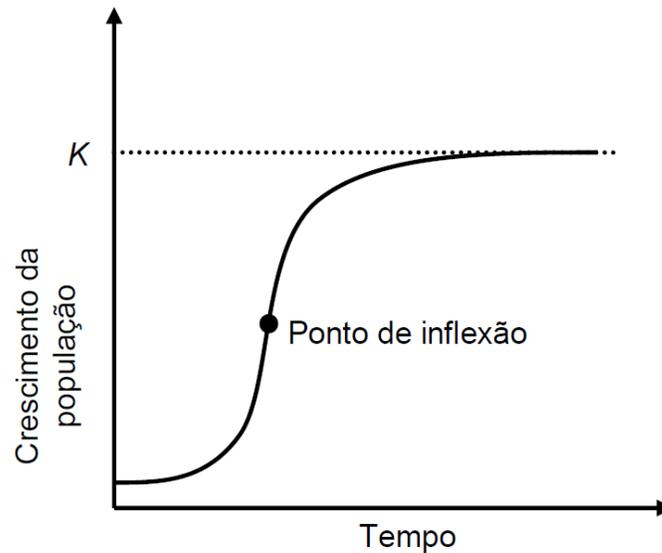
$\frac{dN}{N dt}$ = taxa de mudança no número de organismos por tempo em um instante particular

2. TAXA INTRÍNSECA DE CRESCIMENTO NATURAL

Quando o ambiente constitui-se como ilimitado (espaço, alimento, ou ausência de competição), a taxa específica de crescimento torna-se máxima e constante para as condições microclimáticas existentes. A taxa de crescimento sob estas condições está relacionada a uma estrutura etária populacional particular. O poder inerente de uma população crescer pode ser

representado pelo símbolo r . O valor de r , muitas vezes, é denominado como potencial biótico ou potencial reprodutivo.

Figura 5 - Curva de crescimento populacional indicando a taxa máxima de crescimento da população (ponto de inflexão) e o K (capacidade suporte do ambiente).

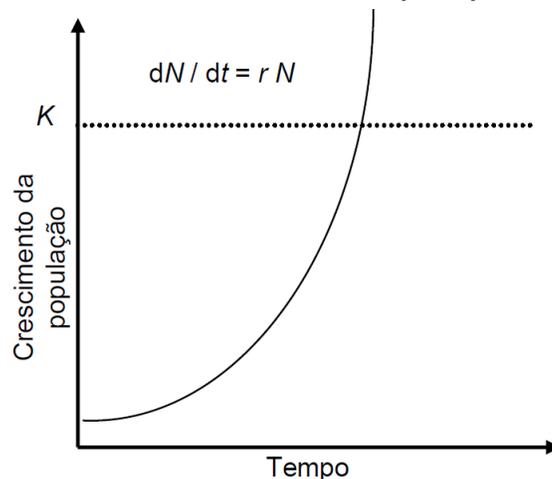


Fonte: Redesenhada de Odum e Barret (2007).

3.TIPOS DE CRESCIMENTO POPULACIONAL

Existem dois padrões básicos de crescimento populacional: exponencial (ou em J) e logístico (ou em S). O crescimento exponencial retrata o rápido aumento na densidade de um organismo, onde a curva comporta-se de forma exponencial (Figura 6). Este crescimento é interrompido de maneira abrupta quando a resistência ambiental ou outro fator limitante se torna efetivo de forma repentina. Algas e alguns insetos podem ser usados como exemplos que exibem crescimento exponencial.

Figura 6 - Curva de crescimento populacional do tipo exponencial ou curva em J. Legenda: d , derivada; N , número de indivíduos; t , tempo; r , potencial biótico.

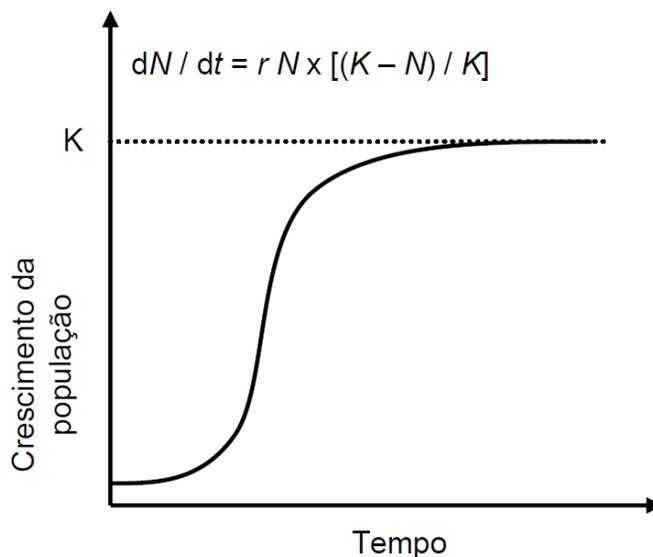


Fonte: Redesenhada de Odum e Barret (2007).

1. Ecologia de Populações e Comunidades

Já no crescimento logístico (Figura 7), a população aumenta devagar no início (fase de aceleração positiva), depois com rapidez (aproximando-se de uma fase logarítmica). Após esta fase, ocorre uma desaceleração no exato momento em que a resistência ambiental começa a atuar. Em seguida, ocorre a estabilização da curva. O instante máximo atingido por estas curvas está relacionado ao K , ou seja, a capacidade suporte do ambiente. K constitui-se, no caso do crescimento logístico, a assíntota superior da curva sigmoidal (em forma de S).

Figura 7 - Curva de crescimento logístico (sigmoidal) ou curva em S.



Fonte: Redesenhada de Odum e Barret (2007).

Em populações de plantas e animais modernos que têm histórias de vida complicadas e longos períodos de desenvolvimento individual, é possível que haja atrasos no aumento da densidade e do impacto dos fatores limitantes. Em muitas situações, as populações podem ultrapassar a assíntota superior, efetuando oscilações antes de se estabelecerem.

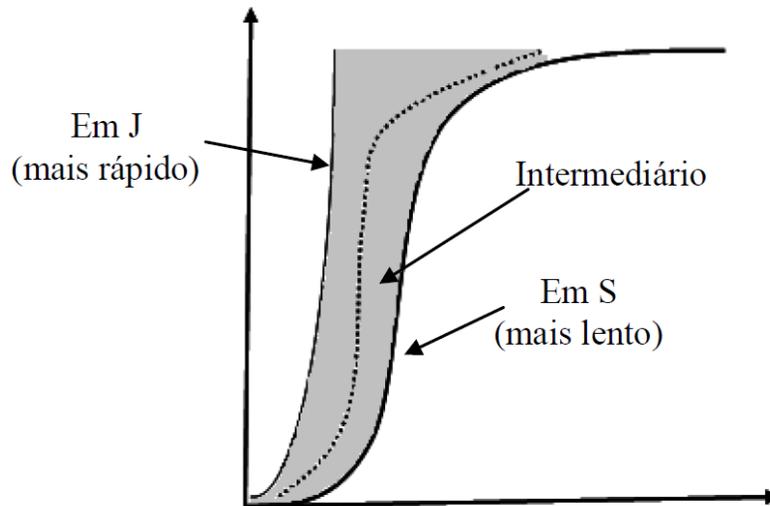
4. CRESCIMENTOS EXPONENCIAL E LOGÍSTICO: DIFERENÇAS

Conforme observado, os dois tipos de crescimento são bem distintos entre si. O crescimento exponencial é marcado pelo livre acesso a recursos, onde o potencial biótico da espécie é utilizado ao máximo. Contudo, quando observamos o crescimento logístico, há uma limitação do crescimento populacional. Mas o que de fato marca a diferença dos dois modelos?

Ao observarmos a equação do crescimento logístico, existe a expressão $[(K - N)/K]$. Esta expressão é a principal responsável pela limitação do crescimento populacional no modelo logístico. Essa expressão é chamada de resistência ambiental. A resistência ambiental é um tipo de limitação criada pela própria população em crescimento. Uma redução na taxa reprodutiva potencial pode ser acionada conforme a população se aproxima da capacidade suporte do ambiente.

Na prática, o que podemos observar, é a exibição de um padrão de crescimento intermediário para muitos organismos. Esse crescimento está situado entre o crescimento exponencial e o logístico (Figura 8).

Figura 8 - Curvas de crescimento exponencial e logístico teóricas, e crescimento intermediário. Em cinza, a área demarcada por diferentes tipos de crescimentos intermediários dos organismos.



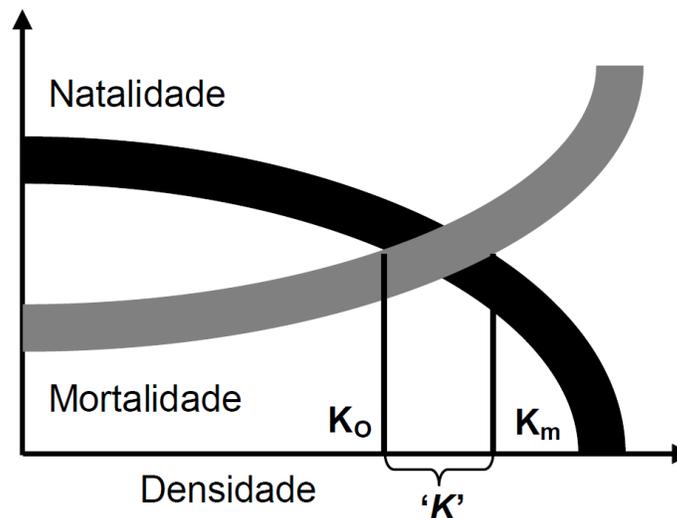
Fonte: Redesenhada de Odum e Barret (2007).

5. CAPACIDADE SUPORTE

As variações existentes a partir das taxas de natalidade e mortalidade podem ser definidas para o que chamamos de capacidade suporte do ambiente. A capacidade suporte (K) de um ambiente é estabelecida no ponto em que a natalidade e a mortalidade se igualam. Neste momento, a população apresentará uma tendência de permanecer constante ao longo do tempo.

Conforme observamos na Figura 9, quando a densidade da população se encontra abaixo de K , a taxa de natalidade apresenta uma tendência de superar a taxa de mortalidade. Assim, a população aumenta de tamanho. Na densidade acima de K , a mortalidade excede os nascimentos. Desta forma, a população diminui.

Figura 9 - Capacidade suporte do ambiente (' K ') representada a partir das curvas de natalidade e mortalidade. ' K ' é a capacidade suporte, delimitada por (K_o , capacidade suporte ótima do ambiente; K_m a capacidade suporte máxima do ambiente).



Fonte: Redesenhado de Townsend et al. (2003).

6. PADRÕES NA HISTÓRIA DE VIDA DOS ORGANISMOS

Crescer e reproduzir é uma tarefa que quase todos os organismos têm que cumprir. Para cada uma delas existe uma necessidade energética e, neste caso, dizemos que ocorre uma alocação energética. Assim, os organismos possuem um compromisso na alocação energética necessária para atividades como o crescimento e a reprodução. Ambos possuem custos associados, sendo necessárias estratégias eficazes para maximizar a aptidão dos organismos. Existem dois tipos principais de organismos em função das suas estratégias: os organismos *r* e *k*-estrategistas.

As espécies *r*-estrategistas são aquelas que têm a capacidade de se multiplicar de forma rápida no tempo, produzindo um alto número de descendentes. Esta produção está ligada às fases iniciais do seu ciclo de vida, sendo eficazes em ambientes efêmeros. Como exemplo, podemos citar organismos que vivem em corpos de água temporários ou aqueles colonizadores de áreas perturbadas.

Assim, uma espécie *r*-estrategista tem caráter muitas vezes oportunista, aumentando em número após algum tipo de distúrbio. Grande parte da sua vida é voltada para um crescimento exponencial populacional. Os habitats típicos de ocorrência destas espécies são conhecidos também como habitats *r*-seletivos.

Por outro lado, as espécies *k*-estrategistas se caracterizam como organismos ligados a estágios sucessionais (sucessão ecológica) avançados de uma comunidade, sobrevivendo em ambientes cuja competição é elevada. Este tipo de organismo aloca mais energia no crescimento, produzindo proles menos numerosas e em estágios mais avançados do seu ciclo de vida. Os indivíduos que nascem têm tamanho corporal maior quando comparados aos *r*-estrategistas.

AREGAÇANDO AS MANGAS!!!



Busque dois exemplos de organismos *r* e *k*-estrategistas. Discuta, com base em informações de sua biologia, porque você os elegeu em cada uma das categorias de história de vida.

7. GLOSSÁRIO

Sucessão ecológica: processo de mudança e desenvolvimento no qual estágios serais prévios são substituídos por estágios serais subsequentes, até que se estabeleça uma comunidade madura (clímax).

UNIDADE 5

DINÂMICA POPULACIONAL

1. DINÂMICA DE POPULAÇÕES

A área responsável pelo estudo das mudanças que ocorrem no tamanho relativo das populações, bem como dos fatores que explicam essas mudanças, é conhecida como dinâmica de populações. Descobrir os princípios que regem a abundância das espécies e sua distribuição, é uma questão-chave em ecologia. Vários fatores associados, tais como a competição, predação, parasitismo, mutualismo e o movimento dos animais operam de maneira simultânea. Assim, a dinâmica de populações está sob a influência de todos eles, embora a importância de cada um possa variar.

2. FATORES MÚLTIPLOS E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A DINÂMICA DE POPULAÇÕES

A busca de algumas respostas na ecologia de populações tem instigado os biólogos, tais como aquelas relativas aos fatores que determinam a abundância de uma espécie ou mesmo as responsáveis pela flutuação de seus números.

Quando amostramos alguns ambientes, percebemos que algumas espécies são raras e outras abundantes. Ou mesmo, constatamos que uma espécie é abundante em uma localidade e, em outra, não. Será que as respostas a esses desígnios são comuns para os diferentes organismos? Veremos, a seguir, que alguns mecanismos relacionados à dinâmica de populações são variáveis.

Produzir respostas robustas que visem esclarecer algumas dessas perguntas, dependerão da essência do conhecimento de aspectos da biologia do organismo, de informações do seu ambiente e sua relação com outras espécies. Para entender como a população se comporta ao longo do tempo, torna-se fundamental uma radiografia da população. Alguns aspectos deverão ser obtidos com o intuito de esclarecer questões, tais como aquelas que envolvem a viabilidade da população. Portanto, os estudos deverão buscar informações sobre o sexo, idade e tamanho de cada indivíduo.

A teoria geral de regulação da população está relacionada ao potencial biótico do organismo, às formas de crescimento e à variação existente da capacidade suporte. Existem dois tipos de mecanismos reguladores da densidade de uma população. O primeiro deles é conhecido como fator independente da densidade. Seu efeito independe do tamanho da população. Já o segundo mecanismo, chamado dependente da densidade, está ligado à densidade populacional. Espera-se uma influência notória deste fator a partir do aumento da densidade de uma população.

3. FATORES INDEPENDENTES DA DENSIDADE

Os fatores independentes da densidade são aqueles que não sofrem a influência do número de indivíduos de uma população. Variáveis climáticas são um bom exemplo deste tipo de fator. Estes fatores tendem a causar variações, às vezes, drásticas na densidade da população. A capacidade suporte de um ambiente pode ser influenciada por estes fatores. Os fatores independentes da densidade têm maior importância nos ecossistemas fisicamente estressados.

1. Ecologia de Populações e Comunidades

Outros exemplos desses fatores são temperatura, pH do solo, água, salinidade, ventos, ondas, poluição e o aquecimento global.

Andrewartha e Birch (1954) propuseram que as populações poderiam estar sujeitas a expansões e retrações dos seus contingentes, e que seriam as condições do ambiente as maiores responsáveis por este processo. Estes autores também rejeitaram a possibilidade de subdivisão do ambiente em fatores dependentes e independentes da densidade. A abordagem adotada por eles foi aquela que considerava a população no interior de uma complexa rede ecológica responsável pela produção dos fatores e processos da população.

4.FATORES DEPENDENTES DA DENSIDADE

Muitos fatores bióticos podem ser utilizados como bons exemplos de fatores dependentes da densidade. A competição, o parasitismo e os patógenos agem de maneira dependente da densidade. Neste caso, enquanto a densidade permanece baixa, a taxa de mortalidade permanece constante. Assim, os fatores dependentes da densidade interferem diretamente sobre as taxas de natalidade, mortalidade e sobrevivência da população. A forma de crescimento em S (ou logística) é considerada típica de mecanismos dependentes da densidade.

Na essência, o efeito dependente da densidade se expressa em razão do aumento da densidade populacional. À medida que ocorre o acréscimo do número de indivíduos de uma população, a competição reduz a capacidade individual de natalidade e aumenta a possibilidade de morte.

No caso da competição intraespecífica, por exemplo, a busca por recursos é um fator que está ligado de forma estreita à densidade dos organismos. Assim, quanto maior for a população, menor será a quantidade de recursos para cada indivíduo. Os efeitos da competição intraespecífica serão maiores à medida que os recursos tornam-se escassos.

De acordo com o ecólogo animal A. J. Nicholson, os efeitos dependentes da densidade gerados pelas interações bióticas entre os organismos têm fundamental importância sobre o estabelecimento do tamanho da população. Nicholson coloca que a população sofrerá de tempo em tempo um afrouxamento e, logo em seguida, uma retomada nos mecanismos reguladores da população. Assim, a densidade populacional é ajustada a partir dos fatores ambientais combinados. Esse autor ainda considera importantes os fatores independentes da densidade e sua influência sobre a regulação populacional.

5.ABUNDÂNCIA DAS ESPÉCIES: FUNDAMENTOS TEÓRICOS

As flutuações populacionais variam consideravelmente dentro e entre os organismos. Algumas populações exibem pouca variação, enquanto outras flutuam muito. Mas afinal, as populações são mais estáveis ou flutuantes?

Muitos estudiosos têm enfatizado o caráter da constância das populações. Sua ênfase está concentrada em um olhar sobre as forças internas responsáveis pelo controle da população. Por exemplo, qual seria o mecanismo responsável pela manutenção de um crescimento restrito ou que impediria um declínio até a extinção? A resposta para essa pergunta pode estar ligada aos fatores dependentes da densidade.

Variações nas taxas de natalidade, mortalidade e os movimentos dos indivíduos são forças determinantes. A competição intraespecífica seria um dos fatores prováveis que promoveriam este controle. Os organismos também teriam padrões modificados de fecundidade à medida que a população se aproxima da capacidade suporte do ambiente.

Outra abordagem explicativa da dinâmica de populações enfatiza as flutuações. No que se refere à condição flutuante das populações, forças externas são utilizadas para explicar as mudanças sofridas. Entre essas forças, destacamos condições do tempo (furacões, tempestades, enchentes), eventos geológicos (terremotos, atividade vulcânica, maremotos) ou mudanças climáticas.

Uma diferenciação deverá, contudo, estar clara para aqueles que desejam dedicar-se ao estudo da dinâmica de populações. A regulação da população ocorre em duas situações. Quando ela está abaixo ou acima de certo nível (esse último, acima da capacidade suporte), a população sofrerá a tendência de crescer ou decrescer, respectivamente. Assim sendo, a regulação da população ocorrerá como uma consequência dos efeitos dependentes da densidade, interferindo diretamente sobre uma ou mais características da população, tais como natalidade, mortalidade e movimentos.

Por sua vez, a determinação da abundância exata da população será estabelecida pelos efeitos conjuntos de todos os fatores e processos que interferem na população, incluindo os efeitos independentes da densidade.

Contudo, as duas correntes não se excluem. A primeira delas está mais enfocada sobre o que regula o tamanho da população, enquanto a segunda sobre o que determina o seu tamanho. A impressão criada de que o fator que regula é o que determina, pode ter sido a causa de algumas divergências.

6.FATOR-CHAVE

A análise do fator-chave é importante para determinar alguns aspectos da abundância dos organismos. Sua principal contribuição é buscar o entendimento da relação existente entre os fatores de regulação e determinação da abundância das espécies. Esta estimativa é obtida a partir do valor k para cada fase do ciclo de vida do organismo. O estudo de alguns invertebrados (p. ex, insetos) e plantas pode ser utilizado, como exemplo.

O foco da análise do fator-chave está em cada uma das fases de desenvolvimento de um organismo. Daí, o nome a ser utilizado poderia muito bem ser fases-chave.

A tabela de vida, neste caso, será importante para o reconhecimento da contribuição de cada fase de desenvolvimento biológico de uma espécie. Os valores obtidos de k neste estará ligado à mortalidade exibida em cada fase do ciclo do organismo. Do ponto de vista prático, quanto maior for o valor de k , maior será a sua taxa de mortalidade. K denota o poder “de matar”.

Tabela 2: Resumo da tabela de vida de populações canadenses do besouro-da-batata-do-colorado.

Fator de mortalidade	$k_{\text{especifico}}$	Média	Coeficiente de regressão sobre k_{total}
Ovos não-depositados	k_{1a}	0,095	-0,020
Ovos inférteis	k_{1b}	0,026	-0,005
Chuva sobre ovos	k_{1c}	0,006	0,000
Canibalismo de ovos	k_{1d}	0,090	-0,002
Predação de ovos	k_{1c}	0,036	-0,011
Larvas 1 (chuva)	k_2	0,091	0,010

1. Ecologia de Populações e Comunidades

Larvas 2 (fome)	k_3	0,185	0,136
Pupas (parasitismo)	k_4	0,033	-0,029
Razão sexual desigual	k_5	-0,012	0,004
Emigração	k_6	1,543	0,906
Geada	k_7	0,170	0,010
	k_{total}	2,263	

Fonte: Modificado de Townsend et al. (2003).

A tabela acima pode ser utilizada para observarmos a fase-chave do organismo (Tabela 2). Como pode ser observado, diríamos que a fase-chave que determina a mortalidade da espécie de besouro é a de adultos de verão, representado pela emigração. O valor do coeficiente de regressão será o maior dentre todos os apresentados na tabela. Essa fase pode ser considerada chave para a determinação da mortalidade na população de besouros-de-batata.

GLOSSÁRIO

Canibalismo: predação intraespecífica.

Emigração: movimento unidirecional de indivíduos para fora de uma população.

Fecundidade: número de propágulos (ovos ou sementes) produzidos por um organismo.

Infértil: refere-se à incapacidade de gerar um novo organismo.

UNIDADE 6 METAPOPULAÇÕES

1. INTRODUÇÃO

Nos estudos de abundância das espécies, os eventos principais são decorrentes de fatores locais. Os movimentos dos animais, nesse caso, são ignorados. Porém, como pode ser observado, o movimento pode ser um fator importante de regulação da abundância de um organismo. No caso do besouro, a emigração foi determinante para a perda de adultos de verão.

Os processos determinantes das populações em manchas, podem estar ligados aos conceitos de local habitável (manchas) e distância de dispersão. A partir desse pensamento, algumas construções são válidas para avaliarmos o tamanho de uma população.

Uma população pode ser pequena porque: (i) existem poucas manchas com condições e recursos apropriados; (ii) a mancha tem capacidade reduzida de sustentar uma população maior; (iii) os locais são habitáveis por pouco tempo; (iv) a distância entre os locais habitáveis é grande, impedindo o movimento dos indivíduos de populações diferentes. Do ponto de vista prático, locais habitáveis podem estar desocupados simplesmente em função da impossibilidade de algum indivíduo alcançá-lo. Ou seja, a distância de dispersão é alta. Daí, local habitável ser de difícil identificação em campo.

Um conceito que reúne fatores como a fragmentação do habitat, dispersão e dinâmica dentro de uma mancha, foi idealizado por Levins, em 1969, ou seja, o conceito de metapopulação. Uma metapopulação é formada por um conjunto de subpopulações que ocupam “ilhas” de habitat apropriado separadas por habitat inapropriado. O termo ilhas pode ser entendido também como manchas. Estas subpopulações deverão estar ligadas por corredores de dispersão.

Existe, nesse caso, uma clara mudança de foco. Deixamos de focar as taxas de natalidade, mortalidade e movimento dos animais dentro de uma população, para avaliar esses mesmos processos dentro da metapopulação. Além disto, o movimento dos indivíduos entre subpopulações também tem o enfoque aumentado.

Porém, metapopulação não significa apenas um modelo de populações em manchas. Uma metapopulação somente poderá ser assim considerada se ela puder abranger uma coleção de subpopulações onde cada uma das quais tem uma chance real de ser extinta. A metapopulação tem que ser capaz de manter-se estável como o resultado do balanço entre extinções e recolonizações, mesmo que nenhuma das populações locais seja estável por si só. Portanto, a sobrevivência das espécies pode depender mais da dispersão do que de nascimentos e mortes dentro da mancha.

Uma atenção tem que ser dada para a questão dos movimentos dos organismos e sua influência sobre o conceito de metapopulação. O movimento dos indivíduos entre as manchas de habitat não deve ser frequente, pois isto caracterizaria uma população e não uma metapopulação. Considera-se que, se a taxa de movimento for maior que 50% em relação aos indivíduos residentes em cada uma das manchas habitadas, o conceito de metapopulação não seria aplicável.

2. O MODELO CRIADO POR LEVINS (1969)

Levins (1969) criou o primeiro modelo de metapopulações com o intuito de lidar com a variação no tempo do número de populações em uma metapopulação, a saber:

1. Ecologia de Populações e Comunidades

$$\frac{dp}{dt} = mp \times (1 - p) - ep$$

Onde:

p = proporção de manchas ocupadas pela espécie.

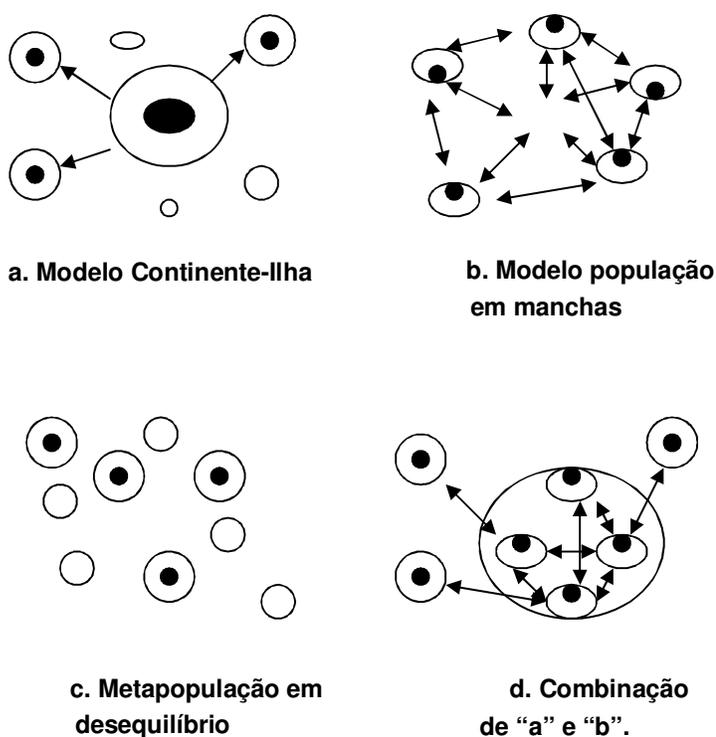
t = tempo necessário para a ocupação da mancha pela espécie.

e = taxa de extinção local.

m = taxa de colonização de manchas vazias.

Assim, uma metapopulação é uma população de populações, onde m é um análogo da natalidade e/ou imigração e, e é um análogo da mortalidade e/ou imigração.

Figura 10 – Esquema representando quatro modelos teóricos de metapopulações.



Fonte: Redesenhada de Hanski e Gilpin (1997).

O tamanho de uma metapopulação, de acordo com o modelo de Levins, será dependente da proporção de manchas ocupadas. A metapopulação será menor se o número de manchas ocupadas for pequeno. Os aspectos que definem se uma mancha será ou não ocupada são dependentes de dois fatores. O primeiro deles, está ligado à restrição do ambiente, ou seja, a mancha somente será ocupada se tiver condições e recursos adequados para a sobrevivência da espécie. O segundo fator diz respeito à biologia do organismo, já que a essa poderia impor restrições ao tamanho da metapopulação.

Em uma perspectiva prática, identificar metapopulações em campo é difícil. Adotemos o seguinte raciocínio. Vamos considerar uma paisagem fragmentada, com duas situações possíveis. Se os indivíduos podem se deslocar entre manchas com a mesma facilidade do que dentro de cada uma delas, então teremos apenas uma população. Em um caso extremo, os indivíduos não

têm condições de se deslocar entre as manchas. Assim, indivíduos nessa condição poderão ser perdidos somente via extinção; então, teremos populações residuais e não uma metapopulação.

Assim, surgiu a proposição de quatro modelos básicos, que teoricamente muitas populações se enquadrariam na natureza (Figura 10). O primeiro modelo é identificado como continente-ilha (a). Nesse modelo, existe uma população-fonte ou nuclear, considerada maior e com reduzidas chances de extinção. Essa população-fonte fornecerá colonizadores para as populações periféricas ou satélites, localizadas em manchas ao seu redor. Nas populações periféricas, existe uma chance aumentada de extinção, com frequentes reposições de indivíduos oriundos da população-fonte.

A outra possibilidade de modelo de uma metapopulação é conhecida como população em manchas (Figura 10b). Esse modelo leva em conta um conjunto de populações que apresenta contínuo fluxo de indivíduos. Esses movimentos entre as manchas possibilitam chances reduzidas de ocorrência de extinção em cada uma das manchas. Embora seja conceituada uma metapopulação, a sua classificação se aproxima de uma “população em contínuo” citada anteriormente.

O terceiro modelo proposto é o de metapopulação em desequilíbrio (c). Nesta abordagem, considera-se que algumas manchas se manterão isoladas, onde as populações serão perdidas pouco a pouco. Também considerando uma citação anterior, esse modelo estaria mais voltado para uma população residual do que de uma metapopulação propriamente dita.

O último modelo combina aspectos dos dois primeiros casos (d). Haveria um núcleo que teria semelhanças com o modelo continente-ilha, responsável por ceder colonizadores. Neste núcleo, seria reduzida qualquer possibilidade de extinção. Ao seu redor estariam manchas com populações periféricas, que conectadas entre si, teriam sempre estoque de reposição de indivíduos advindos das populações nucleares.

3.APLICAÇÕES DO CONCEITO DE METAPOPULAÇÕES

O conceito de metapopulações se tornou ainda mais importante nos dias atuais. Com o processo de perda dos habitats, percebemos como os ambientes vêm sofrendo cada vez mais com o seu isolamento. No Brasil, alguns biomas podem ser observados nesta condição dramática. A floresta Atlântica é um bom exemplo de um bioma altamente fragmentado, onde restam apenas 7,5% da sua área total. A Caatinga também vem exibindo tal padrão. Nessa última, existe um alto grau de ocupação humana nas regiões baixas (baixios), mantendo isolados os locais mais altos (lajedos).

No caso das florestas tropicais, verdadeiras gigantes de biodiversidade, várias de suas características as tornam mais vulneráveis. Dentre essas, citamos o alto número de espécies endêmicas e especializadas, a raridade específica de muitas delas, além da intrincada rede de interações biológicas. Esses fatores associados provocam sérias consequências para a manutenção da biodiversidade desses ambientes. A sensibilidade de muitas espécies passa pela consideração de tais fatores.

O resultado deste isolamento é a separação de muitas populações de diferentes espécies por meio de locais não-habitáveis. Esse isolamento gera uma série de comprometimentos, culminando no aumento das chances de extinção das espécies. Portanto, do ponto de vista da conservação, a abordagem de metapopulações é muito útil.

Embora a fragmentação dos habitats observada nos dias atuais favoreça a formação de metapopulações, algumas dessas poderão existir em ambientes ainda não fragmentados. Esse fato seria possível a partir de características particulares da distribuição espacial dos organismos.

A ocorrência ou não de uma metapopulação dependerá do nível de agregação e da capacidade de dispersão de cada um dentro desse ambiente.

4. POPULAÇÕES FRAGMENTADAS: EXTINÇÃO DE ESPÉCIES

Os mecanismos responsáveis pela extinção das espécies receberam maior atenção somente a partir dos anos 80. Podemos dizer que existem quatro mecanismos, também conhecidos como vórtices, de extinção das espécies. O primeiro deles está relacionado com a aleatoriedade demográfica. Conforme estudamos anteriormente, manchas que apresentam população de organismos com problemas na sua razão etária ou sexual, bem como nas taxas de sobrevivência, estão mais sujeitas ao desaparecimento.

Assim, populações que têm reduzido seu número de indivíduos a valores extremamente baixos (p. ex, seis indivíduos em uma mancha), têm uma chance aumentada que todos sejam do mesmo sexo. Portanto, essa população estará fadada ao desaparecimento.

Outro vórtice de extinção importante é o da aleatoriedade ambiental. Variações ao acaso das condições ambientais podem provocar sérios danos, levando à extinção inúmeras populações biológicas. Cada espécie apresenta requerimentos ecológicos estritos para o sucesso do seu ciclo de vida. A ocorrência de variações de temperatura, pH ou precipitação poderiam comprometer sua sobrevivência. Além disso, eventos cataclísmicos como enchentes e furacões poderiam provocar extinções em larga escala.

O terceiro mecanismo responsável pelas extinções é conhecido como aleatoriedade genética. A aleatoriedade genética se refere à erosão da variabilidade genética. Populações isoladas aumentam o cruzamento entre indivíduos, que na essência, são mais aparentados entre si. Esse processo proporciona o aumento da homozigose, propiciando também a manifestação de alelos deletérios. A isso, denominamos de depressão de endocruzamento. Devemos ainda lembrar que os cruzamentos dentro da população raramente são ao acaso, como muitos pensam.

Os indivíduos selecionam seus parceiros e, portanto, a população real (tamanho efetivo da população) que troca genes entre si é bem diferente do número de indivíduos existente em uma população (tamanho total da população). Assim, as chances de expressão de alelos deletérios em uma população seriam acentuadas, mesmo em populações mais numerosas. Dessa forma, torna-se importante o fluxo de indivíduos entre as populações.

O último mecanismo de extinção seria aquele que trata da perda de flexibilidade para respostas evolutivas das espécies. Embora tenha também implicações genéticas, esse efeito é diferente do terceiro. Suas implicações são à longo prazo, já que o mecanismo causal é diferente. A perda da variabilidade genética reduziria as chances de resposta da espécie a mudanças futura do ambiente. Assim, a espécie daria menos opções para a seleção natural, limitando a sua persistência.

Todos os quatro vórtices de extinção são danosos. Quanto mais isoladas e menores forem as populações, mais sujeitas à ocorrência de um ou mais vórtices conjugados elas estarão. Se nós conhecemos como cada uma delas se encontra, será mais fácil determinar o risco de extinção de cada uma delas. Portanto, uma análise a partir da perspectiva de metapopulação poderia auxiliar na determinação do risco de extinção.

AREGAÇANDO AS MANGAS!!!



Você já deve ter ouvido falar de muitos animais que se encontram sob algum grau de ameaça de extinção. Você deverá buscar uma espécie animal que esteja ameaçada de extinção e buscar quais são os principais fatores que colocam esse animal em risco. Outros fatores que poderão auxiliar em suas conclusões: posição do animal na teia trófica, tamanho de sua área de vida, tipo de mecanismo reprodutivo (ciclo de vida curto ou longo), dentre outros. Faça uma ampla investigação do animal em questão e conclua sobre a sua inclusão na lista de espécies ameaçadas de extinção.

5.GLOSSÁRIO

Fragmentação do habitat: análise que determina como uma paisagem foi alterada pelo homem, afetando tamanho, forma e frequência dos elementos da paisagem (manchas, corredores ecológicos e matrizes ambientais).

Matriz ambiental: paisagem circundante do fragmento de floresta.

UNIDADE 7

COMUNIDADES: ASPECTOS BÁSICOS

1.DEFINIÇÕES CONCEITUAIS

As atividades no contexto das populações influenciam análises no nível acima, conhecido como comunidades. O termo comunidade pode ser definido como uma reunião de populações de espécies que ocorrem juntas no espaço e no tempo. A ecologia de comunidades procura entender a maneira como agrupamentos de espécies estão distribuídos na natureza e como o ambiente abiótico interfere nesses agrupamentos. Ainda, a interação entre as populações das diferentes espécies forma aspectos únicos observados somente neste nível de análise.

Nós poderemos encontrar na literatura outros termos que também se referem ao conjunto de diferentes espécies, porém que apresentam um sentido mais estrito. O termo guilda representa um conjunto de espécies que podem ou não serem relacionadas filogeneticamente. Esse grupo de espécies possui um papel semelhante na comunidade, tais como aquelas espécies reunidas por características tróficas ou de uso de habitat. Como exemplo, podemos citar as guildas de frugívoros, ou seja, os organismos que comem frutos. Algumas aves e morcegos podem fazer parte da mesma guilda.

Assembleia é também outro termo frequente na literatura ecológica. Diferente do termo comunidade, o termo assembleia é mais bem aplicado quando o grupo de espécies estudado se relaciona de forma mais estrita do ponto de vista filogenético. Muitas pessoas costumam usar os termos comunidade e assembleia como sinônimos, o que representa um equívoco. O termo comunidade se refere ao conjunto de espécies que ocorre em um dado local e tempo específico. Uma abordagem um nível taxonômico de ordem ou família (subconjunto de um táxon) poderia ter o uso do termo assembleia.

Em geral, as espécies que se reúnem para formar uma comunidade são determinadas por restrições ambientais, de dispersão e dinâmicas internas. Em uma comunidade podem ser identificadas algumas propriedades coletivas. Essas propriedades se originam das propriedades dos organismos residentes, associadas às suas interações. A diversidade de espécies e a biomassa presente em uma comunidade são exemplos de propriedades coletivas das comunidades. As comunidades exibem propriedades emergentes a partir da mistura de complexas interações entre as espécies.

2.PADRÕES EM COMUNIDADES

Os organismos não se distribuem de maneira uniforme pelo planeta, nem tão pouco podem ser observados ocorrendo da mesma maneira ao longo do tempo. Desde o surgimento da Terra, muitas modificações já aconteceram. Espécies que viviam antes aqui se extinguíram, novas espécies surgiram e seus ambientes se modificaram ao longo do tempo. Mas este assunto está mais relacionado com a paleontologia. Aqui, trataremos de questões como: por que as espécies não estão distribuídas uniformemente pelo planeta? Quais são os fatores responsáveis por esta distribuição desigual? Qual é a influência do tempo sobre estas espécies?

Para que uma espécie exista em algum lugar, alguns aspectos devem ser considerados. Primeiro, a sua ocorrência se dará somente onde ela for capaz de chegar. Depois, ela necessitará de condições e recursos apropriados para a sua sobrevivência. Por último, a ocorrência desta

espécie não poderá ser impedida por um competidor, predador ou parasito. Se estas três premissas estiverem presentes no processo de colonização, a espécie terá chances reais de se estabelecer em uma dada área.

Uma forma de descrever uma comunidade é contar o seu número de espécies. A riqueza de espécies, ou seja, o número de espécies presente em uma determinada área ou habitat é um dos indicadores de uma comunidade. Este número varia de acordo com as condições e os recursos disponíveis, bem como o grau de conservação dos ambientes.

A abundância destas espécies também será diferente dentro das comunidades. Existem algumas espécies que são muito numerosas, constituindo-se como espécies comuns, ao contrário de outras que são pouco numerosas, ou seja, raras. Portanto, em uma comunidade, a representatividade das espécies também não é a mesma. Estes dois aspectos, riqueza e representatividade, serão discutidos mais adiante quando falarmos dos índices de diversidade biológica.

O termo biodiversidade ou diversidade biológica é um termo muito popular. Porém, nem sempre as pessoas entendem o sentido estrito do termo. Biodiversidade pode ser retratada como a soma de toda a variação biótica existente que ocorre desde o nível de genes até o de ecossistemas. Portanto, quando falamos de biodiversidade, não estamos falando apenas de tipos diferentes de organismos. Mas temos que nos atentar para a diversidade genética, representada pelas diferentes populações de uma espécie (diversidade populacional), a diversidade de espécies ou mesmo de ambientes.

Mais adiante, trataremos do termo e suas aplicações de forma mais aprofundada.

3.CONDIÇÕES E RECURSOS: INFLUÊNCIA SOBRE A DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES

A fonte primária de energia do planeta é o sol. A incidência da luz do sol não é homogênea ao longo da superfície da Terra. A região tropical, delimitada pelos trópicos de Câncer (hemisfério norte) e Capricórnio (hemisfério sul), é a aquela que recebe a maior incidência de luz. À medida que nos afastamos da linha do Equador (latitude 0°), existe uma redução da incidência da luz solar. Ambientes com maior disponibilidade de luz tem maiores condições de abrigar mais espécies, já que a luz abundante é essencial para a vida. Estes ambientes são considerados mais produtivos.

Porém, a luz do sol não é o único fator responsável pela manutenção da atividade biológica. Torna-se necessária a presença de água e nutrientes para que as comunidades sejam repletas de espécies. A produtividade dos sistemas tropicais é maior porque os produtores primários (principalmente as plantas) têm mais luz, água e nutrientes. Com melhores condições e mais recursos, estas comunidades biológicas são mais ricas em espécies. Em geral, do ponto de vista espacial, a riqueza de espécies das comunidades biológicas varia no espaço em função da radiação solar, água e nutrientes.

4.DESCREVENDO UMA COMUNIDADE EM NÚMEROS

Diferentes abordagens podem ser utilizadas para a descrição de uma comunidade biológica em números. Etapas que antecedem este processo são fundamentais para a obtenção de medidas numéricas confiáveis. Em ecologia, torna-se importante um desenho experimental eficaz o suficiente a fim de evitar o que chamamos de dados falseados. Nesta etapa, deve-se conhecer bem o seu objeto de estudo, através do entendimento da sua biologia e ecologia. Assim,

1. Ecologia de Populações e Comunidades

é recomendável o uso de métodos de amostragem adequados, já que muitas vezes torna-se impossível realizar censos.

Mas por que amostrar e não apenas censar todos os indivíduos de uma comunidade? Qual a diferença entre censar e amostrar? Vamos para o seguinte exemplo. Censar todos os besouros de uma floresta, independente do tamanho desse ambiente, é uma tarefa praticamente impossível. O termo censar diz respeito à contagem de todos os indivíduos. Imagine-se procurando todos os besouros existentes em uma floresta! Mesmo que fosse possível encontrar todos eles, antes que os encontrasse, já teriam muitas outras novas gerações e você teria que começar tudo de novo!

Quando não é possível censar, lançamos mão de estimativas que são obtidas a partir de amostragens. Amostrar faz parte de uma contagem parcial. Nós teremos que contar os organismos da mesma maneira, porém não todos os indivíduos da espécie. Apenas algumas amostras serão empregadas para este fim.

Um trabalho realizado a partir de técnicas de amostragem eficazes poderia nos dar uma boa noção do número real de besouros em uma floresta. Assim, os valores que seriam obtidos não são provenientes de censos, mas se aproximam da realidade vigente na floresta. Desta forma, temos que levar em conta o emprego de bons equipamentos, pessoas treinadas e esforço de amostragem adequado.

5.O NICHOS DAS ESPÉCIES

O nicho de uma espécie pode ser caracterizado como o espaço multidimensional utilizado por ela, espaço esse que reflete as condições e os recursos necessários a sua sobrevivência. Não devemos confundir nicho com o habitat de um organismo. O habitat diz respeito apenas ao local onde o animal vive, enquanto o nicho é um conceito bem mais amplo. O nicho não é um local, mas, sim, uma ideia. Para maiores dúvidas do conceito, consulte o seu material de ecologia básica.

6.RIQUEZA DE ESPÉCIES: PREMISSAS ATRAVÉS DO USO DE MODELOS SIMPLES

Estabelecer os fatores que regem a riqueza de espécies de uma comunidade não é simples. Para facilitar a compreensão das premissas responsáveis pela influência do número de espécies em uma comunidade, adotaremos aqui um modelo simples de recursos. Os recursos disponíveis descritos para as espécies serão representados pela letra R , de forma contínua e unidimensional (Figura 11). Cada espécie vai explorar uma parte deste recurso e essa parcela utilizada representará a largura média (\bar{N}) do seu nicho. A sobreposição das espécies será representada pela variável (\bar{o}).

Quatro situações poderão contribuir com a determinação do número de espécies em uma comunidade. A primeira delas é aquela que considera a heterogeneidade dos recursos (a). Quanto maior for esta heterogeneidade, mais espécies poderão ser beneficiadas. Portanto, ambientes que apresentam maior riqueza de recursos serão mais ricos em espécies. As florestas tropicais e os recifes de coral são dois bons exemplos, embora algumas generalizações sejam perigosas.

Outro tipo de variação existente é aquela que se refere ao grau de especialização das espécies (b). Novamente, podemos encontrar uma grande quantidade de espécies com elevado nível de especialização nas florestas tropicais. Dispersores de sementes e frutos, polinizadores,

predadores e parasitos altamente especializados são alguns dos exemplos que emergem dos mais diferentes níveis de especialização.

O terceiro tipo considera o grau de sobreposição das espécies (c). Quanto maior for o número de espécies sobrepostas capazes de coexistir em um sistema natural, mais espécies poderão ser suportadas por uma mesma quantidade de recursos. Como exemplo, podemos citar aquelas espécies que utilizam o mesmo recurso, porém em horários diferentes, tais como aves e morcegos frugívoros.

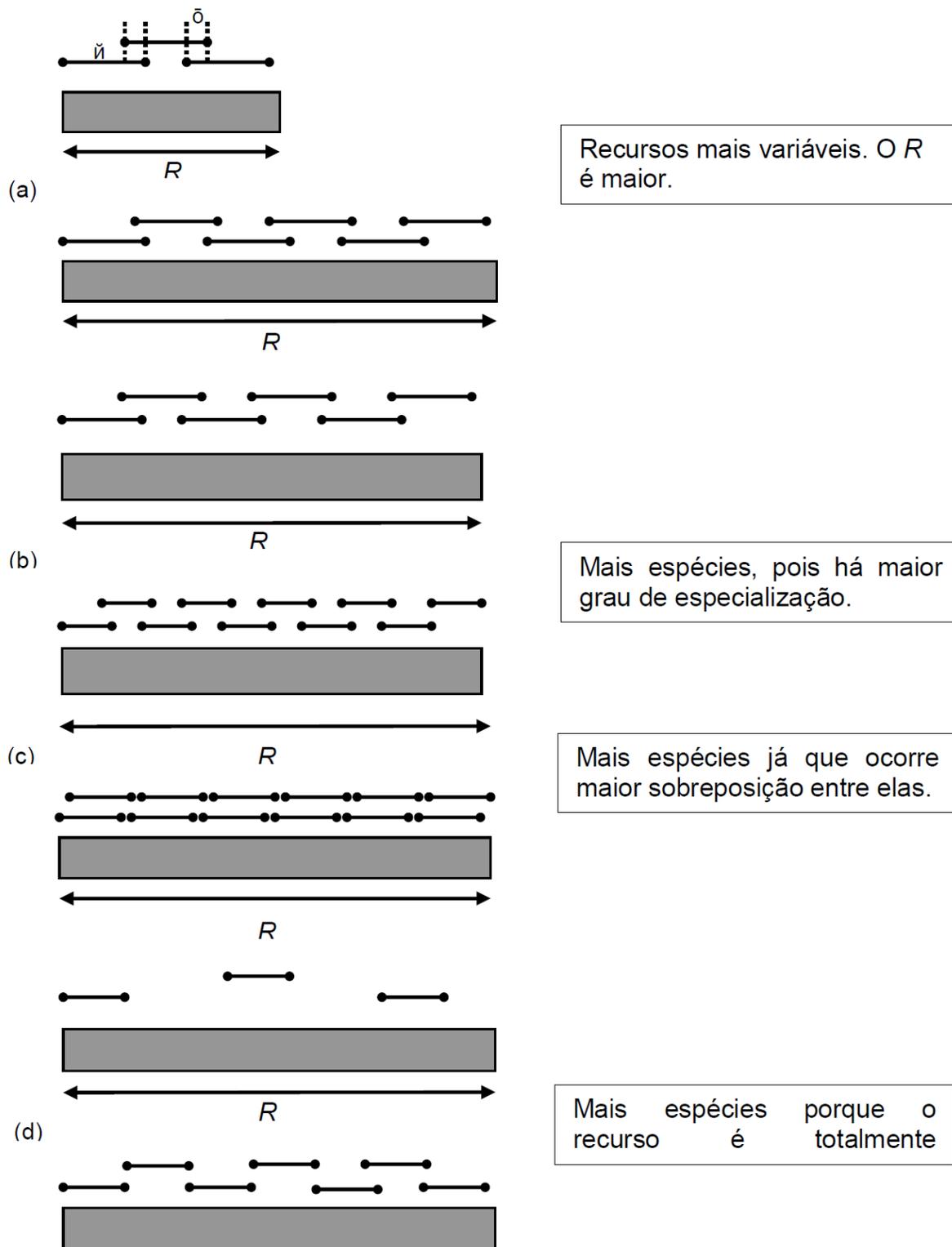
Por fim, quanto maior for o número de espécies de uma comunidade, maior será a sua saturação (d). Comunidades menos ricas poderão apresentar recursos inexplorados.

Além das quatro situações supracitadas, outros fatores podem ser observados. Um deles é o papel que a predação tem sobre a regulação do número de espécies da comunidade. Os predadores podem ser capazes de eliminar algumas espécies. Assim, com esta exclusão, a comunidade pode não atingir o grau de saturação acima mencionado, onde a predação teria o papel de reduzir a riqueza de espécies. A predação também poderá manter as espécies abaixo da sua capacidade suporte, permitindo maior sobreposição e o incremento da riqueza.

A partir de investigações realizadas em diferentes tipos de comunidades, já foi verificado que em localidades onde a predação é moderada, frequentemente o predador reduz a densidade de uma espécie dominante. Assim, espécies com menor habilidade competitiva poderão ter maior possibilidade no uso dos recursos. Porém, quando a predação e o pastejo atuam com força sobre uma comunidade, os dois processos funcionarão como uma força de estresse.

Predadores de primeira e segunda ordem, quando presentes, podem contribuir com o incremento do número de espécies de uma comunidade. Os predadores, nesse caso, irão atuar na manutenção de populações de presas, principalmente aquelas com elevado potencial competitivo. Dessa forma, várias dessas serão menos capazes de excluir por competição espécies de organismos que compartilham dos seus recursos.

Figura 11: Modelo de riqueza de espécies, construído a partir do nicho das espécies.



Fonte: Redesenhada de Townsend et al. (2003).

7.ÍNDICES DE DIVERSIDADE BIOLÓGICA

O termo diversidade biológica foi cunhado há algum tempo. Por volta dos anos 50 já existiam estudos que faziam alguma menção ao termo, embora ele não tenha sido retratado de maneira específica. A palavra biodiversidade, sinônima de diversidade biológica, não obstante, tem sua origem mais recente (anos 80).

Os índices de diversidade são ferramentas criadas com o objetivo de descrever as comunidades biológicas em termos de riqueza e uniformidade (representatividade de cada espécie). Sua aplicação surge da necessidade de que as comunidades biológicas não podem ser descritas em essência se dois fatores não forem considerados. Existem vários tipos de índices de diversidade biológica e faremos aqui apenas um breve apanhado entre alguns deles.

Os estimadores de diversidade biológica são variáveis. O uso de cada um dependerá de muitos aspectos, dentre os quais o tipo de organismo estudado e também de características das comunidades. O estudo da biodiversidade, em essência, é uma ciência comparativa. O pesquisador deseja quase sempre saber como é uma comunidade biológica (mais ou menos diversa), as diferenças na sua estrutura (espécies dominantes versus raras), assim como os seus processos (sucessão ecológica).

As comunidades biológicas não são representadas pelo mesmo número de indivíduos de todas as espécies. Existem diferenças no que chamamos de dominância. Uma espécie pode ser considerada dominante quando o número de indivíduos existentes supera o número de indivíduos de outras espécies. Já, por sua vez, as espécies raras são aquelas que apresentam um baixo número de indivíduos na comunidade. Nas amostras obtidas a partir de levantamentos de espécies, é comum termos várias espécies com apenas um indivíduo registrado.

Conforme já discutido, a produção de estimativas do número de espécies em uma comunidade depende diretamente dos métodos de amostragem. É importante ressaltar que nenhum método está livre de vícios de amostragem, bem como é raro existir um método 100% eficiente para a amostragem de todo um grupo taxonômico.

A medição da biodiversidade passa por três premissas: 1) todas as espécies são iguais (do ponto de vista da conservação); 2) todos os indivíduos são iguais; 3) a medidas de biodiversidade assumem que as abundâncias das espécies são registradas a partir de unidades comparáveis e apropriadas.

Porém, alguns critérios definidos pelo pesquisador podem alterar os pressupostos supracitados. Por exemplo, o ecólogo pode decidir dar ênfase à distinção taxonômica, comparando somente a riqueza de espécies endêmicas.

Alguns índices de riqueza de espécies podem ser citados. Dois índices relativamente simples são os índices de Margalef (D_{mg}) e Menhinick (D_{mn}). Importante lembrar que estes dois índices se referem apenas à riqueza de espécies.

$$D_{mg} = (S-1)/\ln N \text{ (Índice de Margalef)}$$

$$D_{mn} = S/\sqrt{N} \text{ (Índice de Menhinick)}$$

Onde:

S = número de espécies registradas.

N = número de indivíduos na amostra.

1. Ecologia de Populações e Comunidades

Duas medidas populares de diversidade na ecologia são os índices de Shannon e de Simpson. O índice de Shannon é uma das medidas mais empregadas na área. Esse índice assume que todos os indivíduos de uma comunidade são amostrados aleatoriamente, sendo essa comunidade muito grande. Ainda, ele considera que todas as espécies estão representadas nas amostras.

$$H' = - \sum P_i \ln P_i \text{ (Índice de Shannon)}$$

$$D = 1 / \sum S P_i^2 \text{ (Índice de Simpson)}$$

P_i = proporção de indivíduos ou biomassa em relação ao total da amostra.

S = riqueza total de espécies.

O índice de Simpson é uma das medidas de diversidade mais simples de caracterização da comunidade. O valor de D aumenta à medida que aumenta a uniformidade, e para um dado valor de riqueza da comunidade, D também cresce.

Porém, esses são apenas dois dos diversos índices de diversidade existentes. O uso de cada um deverá ser considerado, conforme dito anteriormente, aspectos da biologia de cada um dos grupos de organismos estudados.

Em geral, a riqueza e a uniformidade das comunidades biológicas são duas medidas úteis que auxiliam em processos de tomada de decisão à cerca de investimentos na área ambiental, tais como a criação de áreas de preservação. Além disto, podem auxiliar na detecção de padrões das comunidades biológicas, principalmente no que se refere ao seu estado de conservação. Daí, os índices de diversidade serem importantes ferramentas de decisão.

8.FRONTEIRAS NA ECOLOGIA DE COMUNIDADES: QUAIS SÃO OS LIMITES?

O limite entre as comunidades biológicas na natureza pode ser visto como de difícil definição. Alguém poderia pensar que os ambientes aquático e terrestre seriam dois bons limites para separar comunidades biológicas, certo? Porém, nem tal diferença determina de fato duas comunidades bem separadas.

As rãs e vários insetos que possuem parte do seu ciclo na água transitam entre os dois ambientes. Entre as plantas, alguma separação poderia ser observada na vegetação existente em solo ácido em relação a solo básico. Mesmo assim, o trânsito de nutrientes entre os dois tipos de solos poderia tornar essa separação mais sutil. Dessa forma, as comunidades biológicas não possuem fronteiras bem demarcadas entre elas, embora sua delimitação seja variável.

No início do século XX, houve a colocação de diferentes ideias sobre a natureza das comunidades. A visão de Clements (1916) era a de caracterização de uma comunidade como um superorganismo. De acordo com esse ponto de vista, Clements postulava que todas as espécies eram muito unidas, tanto no presente, quanto na sua história de vida evolutiva. Assim, populações e comunidades seriam vistas como se fossem células, tecidos e órgãos, compartilhando muitos aspectos entre si.

O contraponto dessa visão de superorganismo vem do entendimento dado por Gleason (1926). Para Gleason, as relações criadas entre as espécies existentes são meros produtos das similaridades e tolerâncias de cada espécie. Assim, essa visão é definida como individualista. Definir, nesse caso, a fronteira de uma comunidade, não seria necessário, considerando a característica individualística da comunidade.

Na atualidade, prevalece a visão individualista. Grupos de espécies encontrados sob determinadas condições são relativamente similares. Contudo, quando outras condições são observadas, algumas dessas espécies também têm sua ocorrência registrada nessas localidades. Embora seja importante a definição da fronteira de uma comunidade, essa não é essencial para o seu estudo.

AREGAÇANDO AS MANGAS!!!



Considerando o conhecimento construído nessa unidade de ensino, construa com um ou mais colegas argumentos que justifiquem comparar dois modelos diferentes de ambientes: caatinga versus pastagem. Indique as principais diferenças que podem ser observadas entre os dois ambientes. Discuta sobre os efeitos da retirada de vegetação original sobre a diversidade biológica regional. Como provavelmente se comportarão a riqueza e a representatividade de muitas espécies de organismos?

9.GLOSSÁRIO

Endêmica: refere-se às espécies restritas a um habitat especial e não encontradas em outros locais.

UNIDADE 8

FATORES ESPACIAIS: INFLUÊNCIA NA RIQUEZA DE ESPÉCIES

1.A RIQUEZA DE ESPÉCIES EM ESCALAS LOCAL E REGIONAL: RELAÇÕES

A riqueza de espécies pode ser investigada em dois níveis distintos de escala espacial. As espécies ditas presentes em escala local são aquelas possíveis de ser encontradas em uma determinada localidade. Esse é o menor nível de análise em uma escala espacial. Geralmente, levantamentos do número de espécies em alguns poucos fragmentos florestais imersos em um mesmo contexto ambiental pode ser entendido como escala local.

Por outro lado, a escala regional é bem mais ampla. Quando temos uma região geográfica em condições relativamente similares, cuja influência é a mesma sobre as várias comunidades biológicas, dizemos que estamos sob um mesmo contexto regional.

Assim, uma análise em escala regional retrataria o grupo de espécies com possível ocorrência para a região. Como a própria definição diz, essa escala define as espécies com possível ocorrência, porém nem sempre ocorrerão em toda a região. Condições locais e outros contextos da paisagem determinarão sua ocorrência em uma escala local.

A partir dos diferentes níveis de escala espacial, tipos diferentes de riqueza podem ser obtidos. A riqueza em espécies local pode ser referida como riqueza α (alfa) (ou diversidade α). Essa riqueza representa a diversidade dentro do habitat ou comunidade local. Outro nível de diversidade é a β (beta), utilizada para caracterizar a diversidade entre habitats. E por último, existe a diversidade γ (gama) empregada em um nível de análise regional ou em escala de paisagem.

Os distintos tipos de riqueza ou diversidade obtidos de diferentes escalas podem ser usados para verificar se uma comunidade, do ponto de vista teórico, atingiu a sua saturação, ou mesmo, se existe potencial para o acréscimo de novas espécies. Em geral, utiliza-se como parâmetro a diversidade γ , ou seja, esse é o nível mais elevado de diversidade. Dessa forma, grande parte das espécies conhecidas no nível de paisagem são candidatas potenciais de ocorrência em escalas espaciais menores.

2.A VARIAÇÃO NO NÚMERO DE ESPÉCIES NA SUPERFÍCIE DO PLANETA

Diferenças em relação ao número de espécies de organismos nas diferentes regiões do planeta sempre foram questões instigantes. Por exemplo, por que os trópicos são tão diversificados em relação a várias espécies de organismos, quando de maneira comparada observamos as áreas temperadas do planeta? Esses padrões heterogêneos de distribuição das espécies de organismos do planeta seguem determinados aspectos do funcionamento dos seus mais distintos ambientes. Passemos adiante para entender melhor cada um deles.

Quando tratamos de entender a natureza das diferenças em relação à riqueza de espécies no planeta, estamos avaliando a biodiversidade global. Conforme discutido, essa biodiversidade é representada pela variação que ocorre em diferentes níveis.

Mas quais são os principais fatores que podem determinar a riqueza de espécies em uma comunidade? Dois deles são a produtividade e a quantidade de recursos. Para os vegetais, por exemplo, a disponibilidade de nutrientes e as condições interferem em seu crescimento. Assim como para as plantas, a produtividade para os animais interfere de maneira equivalente. Se uma

produtividade mais elevada estivesse correlacionada com maior variabilidade de recursos, é provável que este fator acarretasse um aumento da riqueza de espécies. Porém, não é assim que a natureza funciona.

Um ambiente com maior produtividade poderia ser relacionado com um espectro maior de recursos disponíveis, mas isto não significaria que estivéssemos falando de maior variedade desses recursos. Esse fator poderia causar o incremento do número de indivíduos de cada espécie, mas não o acréscimo de espécies.

Em geral, a riqueza de espécies pode aumentar com a produtividade. Por exemplo, dados de evapotranspiração de comunidades de árvores da América do Norte indicam uma correlação positiva com a riqueza dessas plantas. Ou seja, conforme aumento a evapotranspiração (um indicativo da produtividade de uma comunidade), maior é o número de espécies de plantas encontradas. Essa relação se dá como um reflexo da quantidade de água e energia disponíveis.

Outros fatores importantes podem ser empregados para explicar os gradientes de riqueza de espécies existentes. Muitos destes gradientes estão diretamente relacionados com fatores tais como tamanho da área e isolamento, além de latitude, profundidade, altitude, pressão de predação, heterogeneidade espacial, adversidades ambientais e estágio de sucessão ecológica. Vamos à explicação de alguns deles.

3.ISOLAMENTO E TAMANHO DA ÁREA: A TEORIA DE BIOGEOGRAFIA DE ILHAS

Em 1967, MacArthur e Wilson propuseram algumas explicações para o padrão observado de riqueza de espécies em ilhas. Um dos fatores marcantes desta ilha foi a elaboração da relação das curvas espécie-área. De acordo com este processo, o número de espécies de uma comunidade será maior tanto quanto maior for o tamanho da área.

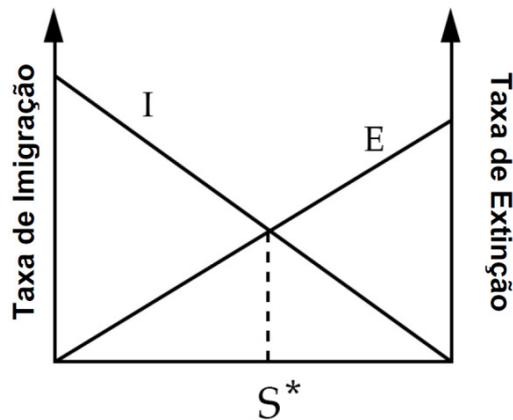
A abordagem realizada por estes autores foi realizada no contexto de ilhas, que na prática não necessariamente segue o conceito clássico de ilhas circundadas por água. Tal abordagem serviria para entender o número de espécies que ocorrem em um fragmento de floresta, por exemplo.

Mas o que exatamente a teoria de ilhas trouxe de inovador? Não seria óbvio o suficiente que uma área de tamanho maior tivesse mais espécies do que uma equivalente menor? É provável que a explicação mais plausível para o acréscimo do número de espécies estivesse relacionada ao aumento de tipos diferentes de habitats. A maior heterogeneidade ambiental seria um fator importante para o incremento do número de espécies. Contudo, a teoria oferece outras importantes conclusões, principalmente aquelas ligadas ao balanço entre a extinção e a imigração.

O grau de isolamento das ilhas traz uma visão muito interessante do funcionamento das comunidades biológicas. Os dados reforçam a ideia de que o número de espécies mantido em uma ilha seria um produto do balanço entre a extinção e a recolonização (Figura 12). Assim, a distância da ilha de uma área fornecedora de espécies, conhecida como área-fonte, seria fundamental.

Quanto maior for o seu grau de isolamento, menores serão as chances de chegada de novas espécies. Associado a isto, as espécies recém-chegadas deveriam ser aptas o suficiente para fugir da extinção. O isolamento, então, passa pela limitação da capacidade de dispersão das espécies.

Figura 12: Balanço entre a imigração e a extinção definindo o número de espécies (S) em uma comunidade biológica.



Fonte: Redesenhada de Odum e Barret (2007).

Desta forma, algumas previsões podem ser construídas a partir da teoria de ilhas, tais como: (i) o número de espécies em uma ilha deveria se tornar mais ou menos constante com o tempo; (ii) essa constância está relacionada com a substituição de espécies, já que algumas se extinguem enquanto outras imigram; (iii) ilhas maiores suportam mais espécies do que ilhas menores; (iv) por fim, o número de espécies reduz com o grau de isolamento da ilha. Se ela for mais distante da área-fonte, menores serão as chances de chegada de novas espécies.

4. GRADIENTES LATITUDINAIS

O aumento do número de espécies dos pólos em direção ao equador pode ser observado para inúmeros grupos de organismos. Invertebrados marinhos, borboletas, lagartos, aves e plantas são alguns organismos que respondem a esse padrão. Habitats aquático e terrestre demonstram esta mesma tendência. Existem algumas diferentes explicações para este fim, porém sem um consenso final.

A predação pode ter um papel importante neste processo. Ambientes tropicais possuem muitos tipos de predadores especializados e uma elevada intensidade de predação. A predação mais intensa nestas regiões diminuiria o papel da competição, aumentando o número de nichos sobrepostos, permitindo assim uma coexistência maior entre as espécies. Embora pareça plausível esta explicação, o papel principal da predação neste processo passaria pela premissa do também aumento do número de espécies de predadores, fato este que não pode ser observado na prática.

Outro fator que poderia estar associado ao aumento da riqueza em latitudes menores seria a produtividade vegetal. Embora os solos de regiões tropicais sejam mais pobres do que os de áreas temperadas, algumas condições associadas como luz, calor e precipitação podem auxiliar essa produtividade. Porém, a associação entre riqueza e produtividade não é algo direto de ser estabelecido. Por exemplo, a sazonalidade menos marcada poderia favorecer esta riqueza elevada, já que forçaria ao aumento da especialização dos organismos, permitindo a coexistência facilitada entre eles.

Por último, as latitudes menores seriam mais ricas em espécies em função do seu tempo evolutivo. Latitudes menores foram menos impactadas por períodos glaciais do passado, onde várias manchas de floresta (=refúgios) se mantiveram em algumas regiões. A simples persistência dessas florestas por um maior período seria o suficiente para permitir o aumento dos níveis de

especiação. O isolamento e a conexão sucessiva entre os refúgios formados nesse período poderiam ter propiciado condições para este fenômeno, embora, na prática, seja de difícil comprovação.

Assim, o gradiente latitudinal ainda não tem uma explicação convincente à cerca do padrão observado em relação à riqueza de organismos. Alguns teóricos defendem a associação de diferentes fatores para explicar os gradientes de riqueza encontrados nas distintas latitudes, porém muitos deles são contrastantes, não sendo possíveis de coexistir.

5. ALTITUDE E PROFUNDIDADE: INFLUÊNCIA SOBRE A RIQUEZA

Em escala regional ou mesmo local, ocorrem diferenças do número de espécies dependendo da altitude (ambientes terrestres) ou mesmo da profundidade (ambientes aquáticos). Esta variação será tão observável quanto aquela em diferentes latitudes. Alguns dos fatores que foram utilizados para explicar o gradiente latitudinal podem ser empregados para explicar as diferenças de riqueza do gradiente altitudinal.

Primeiro, com o aumento da elevação, existe uma tendência da diminuição da quantidade de plantas, situação esta influenciada por fatores climáticos e edáficos. Áreas mais altas normalmente são mais frias e possuem solo menos propício ao estabelecimento de plantas de grande porte. Assim, ocorre nesses locais o predomínio de gramíneas e outros tipos de plantas capazes de estabelecer sob estas condições. Em geral, como a produtividade vegetal nessas localidades será menor, todos os outros níveis da comunidade serão simplificados, causando a redução da riqueza de espécies.

Quando consideramos a profundidade, o gradiente de riqueza de espécies encontrado está intimamente relacionado com fatores como a luz, oxigênio, disponibilidade de nutrientes e temperatura. Zonas mais iluminadas, com menor déficit de oxigênio, temperatura ótima e níveis suficientes de nutrientes são caracterizadas por uma produtividade ótima. O estabelecimento dessas condições promoverá o incremento da riqueza de espécies, já que o sistema apresentará maior variabilidade dos seus recursos.

6. OUTROS FATORES: PRESSÃO DE PREDACÃO, HETEROGENEIDADE ESPACIAL E ADVERSIDADES AMBIENTAIS

A predação pode facilitar a coexistência das espécies, já que reduz a competição interespecífica. Esse fato é conhecido como coexistência mediada pelo predador. Contudo, os níveis de predação não podem ser altos, já que esse fator provocaria a redução da riqueza, levando muitas espécies à extinção.

O aumento da heterogeneidade dos ambientes pode gerar um efeito positivo no número de espécies de uma comunidade. Áreas com maior heterogeneidade ambiental têm maior potencial para abrigar espécies, já que oferecem uma gama maior de condições e recursos para as mesmas. Muitos estudos têm focado a influência da riqueza das plantas sobre os animais. Os padrões observados apontam para o aumento da diversidade animal em áreas mais ricas em plantas.

Outro contexto que influencia a riqueza de espécies está ligado ao das adversidades ambientais. Zonas que sofrem variações ou estão sob condições extremas podem influenciar fortemente o número de espécies de uma comunidade. Por exemplo, áreas muito frias ou muito quentes levariam a uma diminuição do número de organismos, já que muitas espécies não seriam capazes de sobreviver em tais condições. As espécies que se encontram nesses ambientes

1. Ecologia de Populações e Comunidades

possuem morfologia e/ou fisiologia muito particulares, tornando-as altamente especializadas em relação às outras espécies correlatas.

AREGAÇANDO AS MANGAS!!!



Considerando o conhecimento construído nessa unidade de ensino, construa com um ou mais colegas argumentos que justifiquem comparar dois modelos diferentes de ambientes: caatinga versus pastagem. Indique as principais diferenças que podem ser observadas entre os dois ambientes. Discuta sobre os efeitos da retirada de vegetação original sobre a diversidade biológica regional. Como provavelmente se comportarão a riqueza e a representatividade de muitas espécies de organismos?

7.GLOSSÁRIO

Evapotranspiração: total de perda de água de um ecossistema por evaporação, inclusive perda de água da superfície das plantas, principalmente através do estômato.

Imigração: movimento de novos indivíduos para dentro de uma população ou habitat.

UNIDADE 9

FATORES TEMPORAIS: INFLUÊNCIA NA RIQUEZA DE ESPÉCIES

1. MUDANÇAS NO TEMPO

Mudanças temporais nas comunidades podem ocorrer em escalas de tempo variáveis. Se o efeito sobre estas comunidades é drástico, alterações na sua riqueza serão observadas em um curto intervalo de tempo. Porém, muitas vezes, parte dessas transformações transcende o tempo de vida de uma pessoa, podendo chegar a alguns milhares de anos.

Nos dias atuais, temos observado inúmeras discussões sobre as mudanças do clima no planeta. De acordo com alguns estudiosos, algumas regiões têm experimentado efeitos adversos atribuíveis a esse fenômeno. Quando consideramos os efeitos da variação climática, sua ação dependerá do grau de previsibilidade gerado por estas modificações. Em ambientes previsíveis, os organismos realizam o ajustamento ecológico-evolutivo dos seus ciclos de vida às variações climáticas. Esse é o caso da floração de muitas espécies de plantas ou mesmo do ciclo de vida dos insetos.

No entanto, variações climáticas imprevisíveis podem trazer vários efeitos adversos para a riqueza de espécies. Um efeito drástico que poderia comprometer a sobrevivência do organismo seria a sua incapacidade de responder rapidamente a essas mudanças. Essa situação já ocorreu em outros períodos do planeta, como é o caso das extinções em massa do passado, muitas delas atribuíveis à mudança do clima.

Com a aparente previsibilidade do clima, muitas espécies poderiam coexistir, gerando inclusive um aumento do grau de especialização de cada uma delas. Esse processo, contudo, poderia levar muitas espécies aos abismos de especialização. Mudanças nas condições e/ou nos recursos conduziriam muitas espécies à extinção, dado o seu grau de especialização. Ambientes mais estáveis também são conhecidos como detentores de comunidades mais saturadas, culminando em uma crescente sobreposição do nicho das espécies.

2. SUCESSÃO ECOLÓGICA: GRADIENTES DE RIQUEZA DE ESPÉCIES

Uma sequência temporal no aparecimento e desaparecimento de espécies necessita que condições, recursos e/ou a influência de inimigos variem com o tempo. Os organismos com ciclos de vida curtos, por exemplo, variam a sua importância na comunidade, já que mudam a sua ocorrência com a época do ano (sazonalidade). A sucessão ecológica envolve mudanças na repartição da energia do ecossistema, na composição específica e nos processos das comunidades.

A sucessão ecológica que ocorre em um ambiente sem que haja algum tipo de interferência pode ocorrer de forma direcional e previsível. A sequência completa das comunidades que ocorrem ao longo da sucessão, substituindo-se mutuamente, é conhecida como sere. Os estágios transitórios observados ao longo da sucessão chamam-se estágios serais, também chamados de estágios de desenvolvimento. O início do processo sucessional marca o que conhecemos como estágio pioneiro, e o final como clímax.

Espécies de plantas que ocorrem no início do desenvolvimento são conhecidas como pioneiras. Estas espécies possuem taxas elevadas de crescimento, tamanho pequeno, tempo de vida curto e produção de um alto número de sementes. A sucessão primária é conhecida como

1. Ecologia de Populações e Comunidades

um processo que ocorrerá em um local anteriormente desocupado. É o caso do surgimento de plantas sobre massas de terra oriundas de lavas vulcânicas, por exemplo.

Já a sucessão secundária ocorrerá em locais previamente ocupados por outra comunidade. A regeneração em uma área de campo após uma aragem ou a regeneração de uma floresta após um incêndio são dois exemplos de sucessão secundária.

Assim, a composição da comunidade ao longo do tempo pode ser diferente em função de uma mudança física externa ou simplesmente como um reflexo de mudanças em recursos-chave. Aqui, o enfoque dado nos padrões de alteração das comunidades será aquele após uma perturbação. Perturbação será caracterizada como o evento discreto que remove os organismos ou interfere na comunidade por meio da influência na disponibilidade de espaço ou recursos alimentares, ou por mudanças no ambiente físico.

Todo o tipo de comunidade está sujeita a uma perturbação. Nas florestas, por exemplo, rajadas de ventos ou raios podem provocar a queda de uma ou mais árvores, causando uma perturbação. Um rio pode sofrer a influência de secas ou cheias, provocando uma perturbação. Assim, as comunidades irão responder de duas diferentes formas às perturbações. A partir dos mecanismos competitivos existentes em uma comunidade, as respostas poderão ser por efeito da fundação ou por efeito da dominância.

As comunidades controladas por fundação serão aquelas que apresentam espécies com capacidades equivalentes em suas habilidades de colonização. Será bem sucedida a espécie que conseguir chegar até o local da perturbação, ajustar-se bem às condições locais, permanecendo lá até a sua morte. Este é o caso de muitas espécies de plantas de uma floresta. Com a criação de clareiras, algumas terão que ser competentes o suficiente para alcançar e se instalar na área atingida.

Outro efeito existente é o da dominância. Neste tipo de comunidade, algumas espécies (espécies tardias) serão competitivamente superiores às outras. Durante a sucessão de espécies, uma espécie pioneira não poderá se manter no local de forma indefinida.

Por outro lado, espécies tardias ocorrerão em estágios avançados de sucessão ecológica, sendo tolerantes a baixos níveis de recursos. Em geral, as espécies tardias poderão conviver com as espécies pioneiras até atingir a sua maturidade, excluindo essas últimas, no futuro, através da competição. Esse processo é conhecido como sucessão ecológica.

Em uma comunidade controlada pela dominância, ocorrerá a tendência no aumento inicial da riqueza de espécies ao longo da sucessão ecológica. Contudo, à medida que os estágios serais vão se aproximando de um clímax, haverá um efeito contrário. A redução do número de espécies em estágios serais avançados provavelmente ocorrerá como um efeito da competição.

Se a frequência de uma perturbação for sobreposta, é provável que estágios sucessionais intermediários sejam mais ricos em espécies do que aqueles avançados. Essa condição sugere a ocorrência da hipótese do distúrbio intermediário. Em outras palavras, são esperadas comunidades mais ricas em espécies nas áreas em que a perturbação não é muito intensa, nem tão pouco é rara.

As diferenças existentes no grupo de plantas que atuam em cada um dos dois mecanismos competitivos das espécies estão ligadas a aspectos da sua história de vida. Plantas pioneiras possuem uma série de características, tais como a elevada taxa de fecundidade, boa capacidade de dispersão e crescimento rápido quando os recursos são abundantes. Porém, o crescimento se torna lento e a sobrevivência diminui quando os recursos ficam escassos.

As plantas consideradas tardias apresentam características opostas. Seu crescimento é lento e elas têm uma baixa fecundidade. Suas habilidades competitivas são elevadas,

principalmente quando os recursos são escassos. Na ausência de perturbação, espécies tardias reduzem os níveis de recursos para aquém do nível desejável de sobrevivência das espécies iniciais, excluindo-as por meio da competição.

Mas então, por que as espécies pioneiras não deixam de existir? A resposta a essa questão é simples. Primeiro, porque as suas capacidades de dispersão e fecundidade elevadas permitem a colonização e o estabelecimento em locais recentemente perturbados. Isso é feito a partir da antecipação da sua chegada nestas áreas em relação às espécies tardias. Segundo, o crescimento rápido em condições com alta disponibilidade de recursos possibilita, mesmo que de forma temporária, o seu estabelecimento em relação às espécies tardias.

O balanço entre a colonização e a competição é marcado por um importante aspecto fisiológico das espécies. As espécies de plantas pioneiras produzem um grande número de sementes, porém com reduzida reserva energética. Comparativamente às espécies tardias, o inverso é observado. As plantas tardias produzem um número menor de sementes, porém com tecidos de reserva mais desenvolvidos. Esse aspecto fornecerá às espécies tardias maiores chances de persistência no solo por meio de suas sementes, tornando-as mais competitivas.

Embora competidoras, existe um papel importante de cooperação entre estes dois agrupamentos de plantas. O processo de facilitação pode ocorrer a partir das plantas de estágio inicial de sucessão em relação às tardias. Esse fato pode ser notado quando as espécies de plantas pioneiras são capazes de alterar o meio abiótico de tal maneira que auxiliam no processo de estabelecimento das espécies tardias. O aumento da concentração de nitrogênio é um exemplo deste processo.

No sentido inverso, ocorre a interação destas espécies como inimigos naturais. Predadores de sementes podem influenciar a sucessão ecológica em uma comunidade. Animais podem interferir através da predação de sementes, diminuindo o potencial de dispersão e colonização das espécies vegetais. Assim, para entendermos a sucessão ecológica, temos que observar os mecanismos competitivos e de colonização das espécies, das especificidades locais para o estabelecimento das plantas, da facilitação e a interação com inimigos.

3.0 CONCEITO DE CLÍMAX

Será que a sucessão ecológica chega a um fim? O ecólogo Frederic E. Clements, em 1916, defendeu a hipótese de um clímax único dominando uma dada região climática, sendo este o estágio final de toda a sucessão. De acordo com Clements, não importa a origem do processo, ou seja, se ele foi a partir de uma duna, um campo abandonado ou um lago aterrado com o tempo, que por sua vez, atingiu um clímax terrestre. Essa visão é também conhecida como monoclímax.

A abordagem de monoclímax foi questionada por muitos ecólogos, incluindo Sir. Arthur G. Tansley (década de 30). Sua concepção era da escola policlímax. Este pensamento reconhecia que o clímax local poderia ser determinado por um fator ou uma combinação de fatores, tais como clima, condições de solo, topografia, fogo, dentre outros. Assim, uma área climática poderia abrigar vários tipos distintos de clímax.

Em 1953, Robert Whittaker propôs sua hipótese de padrões de clímax. Sua proposição consiste na afirmação de que existe uma continuidade de tipos de clímax. Sua variação seria gradual através de gradientes ambientais e não seriam separáveis em unidades discretas de climaxes. Na prática, na natureza, torna-se dificultada a identificação de uma comunidade em estágio clímax. Assim, podemos atribuir no máximo a alguns ambientes que a taxa de mudança na sucessão diminui tanto ao ponto de qualquer mudança ser imperceptível.

4.GLOSSÁRIO

Abiótico: componentes não-vivos de um ecossistema.

Clímaces: plural de clímax.

Coexistência: duas ou mais espécies vivendo juntas no mesmo habitat.

UNIDADE 10

O FUNCIONAMENTO DAS COMUNIDADES BIOLÓGICAS

1. EXCLUSÃO COMPETITIVA OU COEXISTÊNCIA?

Quais são as condições gerais que permitem a coexistência entre as espécies e, quais são aquelas que levam à exclusão competitiva? O modelo de Lotka-Volterra originou dois conjuntos diferentes de proposições. Um conjunto é representado pelas interações entre o predador e a presa. O outro conjunto se refere às situações não-predatórias, tais como a competição por alimento ou espaço.

As equações do modelo que se referem à competição entre os organismos por alimento ou espaço estão baseadas na curva logística. Com relação ao uso do recurso, uma espécie não terá necessariamente a mesma necessidade do recurso em termos de quantidade.

Quais aspectos permitem a coexistência das espécies?

2. PRINCÍPIO DA EXCLUSÃO COMPETITIVA

Ocorre quando um competidor interespecífico forte elimina um competidor interespecífico fraco. Neste caso, torna-se importante a noção conceitual de nicho fundamental e nicho realizado. O nicho fundamental de uma espécie é aquele que ocorre na ausência de competição e outras interações bióticas. O nicho efetivo, por sua vez, ocorre na presença de competidores, cuja natureza exata é determinada pelo tipo de espécies competidoras presentes nele.

Essa distinção destaca o fato de que a competição impõe sobre uma espécie a redução da sua fecundidade e sobrevivência. Assim, é possível existirem porções do seu nicho fundamental que ela não consegue mais usar, considerando a existência da competição interespecífica. Se duas espécies competidoras coexistem em um ambiente estável, elas assim o fazem como um resultado da diferenciação dos nichos efetivos. Esta última expressão se refere ao princípio da exclusão competitiva.

3. COMPETIÇÃO EM POPULAÇÕES NATURAIS

O conceito de nicho está intimamente envolvido com o princípio da exclusão competitiva. A ideia de nicho fundamental tem algumas dificuldades práticas. Primeiro, existe um número infinito de dimensões de nicho. Segundo, podemos assumir que todas as variáveis ambientais podem ser linearmente ordenadas e medidas, uma premissa difícil para dimensões bióticas do nicho. O modelo se refere a um instante no tempo e a competição é um processo dinâmico.

O uso do nicho por uma espécie enquanto não existe competição pode ser diferente quando na sua presença ou outras interações bióticas. As espécies nem sempre ocupam a melhor parte do seu nicho fundamental, mas podem estar restritas a uma área periférica do seu nicho por meio da competição ou predação.

A exclusão competitiva pode ocorrer em populações naturais? Em três situações, não esperamos a sua ocorrência na natureza. Primeiro, ela não ocorrerá em ambientes instáveis que nunca alcançam o equilíbrio e são ocupados por espécies colonizadoras. Também não haverá sua ocorrência em ambientes nas quais as espécies não competem por recursos. E por fim, ambientes flutuantes revertem a direção da competição antes que a extinção aconteça.

1. Ecologia de Populações e Comunidades

Alguns dilemas são apresentados aos ecólogos em relação à exclusão competitiva. Por exemplo, como conciliar a exclusão competitiva de espécies equivalentes em modelos experimentais de laboratório com a coexistência aparente de um grande número de espécies na natureza? Existem duas explicações possíveis para esta pergunta.

Primeiro, a competição seria rara na natureza, já que as espécies que competem entre si não o fazem por recursos limitados. Assim, não existiria uma evidente expectativa de exclusão competitiva em comunidades naturais. A outra visão segue o contexto da história de vida das comunidades. Como a competição foi muito comum ao longo da existência das comunidades, provavelmente esta resultou em adaptações que auxiliam na minimização dos efeitos competitivos.

Os ecólogos que trabalham com animais atribuem a coexistência de várias espécies em função da especialização alcançada em relação a sua dieta. Porém, fica a dúvida em relação às plantas. Não existem tantos tipos de recursos que as plantas podem utilizar. Então, como poderia ser explicada a coexistência das diferentes espécies de plantas? Uma possível explicação para este fato é que as comunidades de plantas nunca estão em equilíbrio e, deste modo, a competição não seria capaz de chegar a um ponto final na exclusão competitiva.

A teoria clássica da evolução do nicho versa sobre o grau de sobreposição de nicho de cada uma das espécies. A quantificação do grau de sobreposição máximo poderá medir se duas espécies são ou não capazes de coexistirem. Por exemplo, plantas e animais carnívoros possuem menor tendência de competir fortemente por recursos quando comparados aos herbívoros. Variações na coexistência das espécies, tais como microhabitat (plantas), e período de atividade e especialização da dieta e/ou do comportamento (carnívoros) minimizam a competição.

Para a competição ser considerada, é necessário verificar a existência de sobreposição do nicho quanto ao uso de recursos, ocasionando efeitos negativos para uma ou ambas as espécies. Assim, é provável que muitos animais tenham desenvolvido mecanismos para evitar a competição, tais como a segregação ecológica no espaço e no tempo.

A história de vida de cada organismo também é importante para discriminar a sua capacidade competitiva. Organismos r-estrategistas são competidores mais fracos, porém apresentam prole abundante, elevada capacidade de colonização, vivendo parte considerável do tempo com densidade assintótica alta. Por outro lado, k-estrategistas são competidores superiores, ocorrendo próximos à capacidade suporte do ambiente. Também, podem ser encontrados sob fortes pressões competitivas intra e interespecíficas. Sob efeito de recursos limitantes, os k-estrategistas mostram-se eficazes.

4. TEIAS ALIMENTARES

Quando observamos a natureza, temos o ímpeto de separá-la em unidades discretas. Esse tipo de comportamento é útil para entendermos problemas em escala simplificada. Contudo, análises em um nível mais alto de complexidade são necessárias. Esse é o caso dos mecanismos reguladores das teias alimentares. A teia alimentar se caracteriza como uma intrincada rede de organismos. Predadores e presas, parasitos e hospedeiros, pastejadores e plantas, embora mais comumente associados entre si, também estão ligados nas teias alimentares.

Sendo assim, as teias alimentares são um dos níveis mais complexos da ecologia de comunidades. Em última instância, são desafiadoras para os ecólogos, sendo um dos últimos níveis de entendimento das comunidades biológicas. Contudo, um aspecto deve ser notado. O termo teia difere de cadeia alimentar. A cadeia alimentar é um tipo específico de relação entre os

consumidores, sem as interseções existentes da natureza. Já as teias têm natureza muito mais complexa e contemplam as relações na natureza tais como elas são (Figuras 13a,b).

O estágio que será abordado agora se refere ao mecanismo de funcionamento das teias com pelo menos três níveis tróficos (planta-pastejador-predador). Consideraremos argumentos referentes aos efeitos diretos e indiretos de cada um deles dentro e entre os diferentes níveis tróficos. É relativamente fácil avaliar o efeito de um predador sobre uma presa pastejadora. Porém, fica mais difícil compreender os efeitos que esse predador terá sobre os parasitos do pastejador, bem como sobre os competidores do pastejador e as plantas consumidas por ele.

5.EFEITOS INDIRETOS E DIRETOS SOBRE AS TEIAS ALIMENTARES

Remover algum organismo de uma teia alimentar pode ser útil para examinar as atividades da teia alimentar. Os efeitos que decorrem dessa remoção nem sempre são óbvios. Por exemplo, podemos esperar que a remoção de um organismo possa causar o aumento da abundância de um competidor, porém o contrário pode ocorrer. Também, a remoção de um predador pode até causar a redução em uma população presa. Tais eventos inesperados surgem quando os efeitos diretos têm menos importância do que os efeitos indiretos.

Sendo assim, a remoção de uma espécie pode ocasionar o aumento de um competidor que, em seguida, provoca o aumento de outro competidor. Também, a remoção de um predador pode aumentar a abundância de uma espécie de presa que apresenta habilidade competitiva superior, determinando o decréscimo da última.

Dessa forma, as espécies apresentam padrões diferentes de ligação nas teias alimentares. Quando a remoção de uma espécie ocasiona a extinção de uma ou mais espécies da teia, dizemos que a espécie removida tem um efeito significativo e, portanto, é fortemente interativa. Essas espécies fortemente interativas, quando afetadas, promovem alterações expressivas nas teias, sendo conhecidas como espécies-chave. Remover uma espécie-chave levaria, em outras palavras, ao colapso da teia alimentar.

No início, a denominação espécie-chave era atribuída somente a predadores. Hoje, admite-se que espécies de outros níveis tróficos têm igual papel na manutenção das teias tróficas.

6.MECANISMOS DE CONTROLE DAS TEIAS ALIMENTARES

Os ecólogos têm debatido o controle das teias alimentares. Como esse controle é realizado? Existem dois mecanismos concorrentes no controle das teias alimentares: de cima para baixo ou de baixo para cima? Vejamos as implicações de cada um deles.

O mecanismo de controle de cima para baixo se refere às situações em que a estrutura de níveis tróficos inferiores depende dos efeitos de consumidores de níveis tróficos superiores (predadores). Ou seja, predadores controlando presas.

Já o mecanismo de baixo para cima se relaciona a uma dependência existente da estrutura da comunidade em relação a fatores como a disponibilidade de recursos, tais como a concentração de nutrientes e a disponibilidade de presas. Assim, os níveis tróficos superiores são influenciados pelos níveis abaixo. Dessa forma, as populações dentro de um nível trófico são afetadas pela competição e não pela predação.

Para realizar uma análise sobre se predadores ou recursos controlam as teias alimentares, vamos começar com uma avaliação simplificada. Se imaginarmos uma comunidade com apenas um nível trófico (é absurdo, mas serve apenas para o raciocínio), fica claro que a comunidade

1. Ecologia de Populações e Comunidades

seria dominada pelo recurso. A predação, nesse caso, estaria ausente. Então, o controle seria feito de baixo para cima. O principal mecanismo regulador seria a competição.

Seguindo o mesmo raciocínio, vamos agora continuar adicionando níveis tróficos. Sistemas de dois níveis tróficos podem ser identificados. Vamos isolar componentes limitados, porém significantes, de sistemas reais. A tartaruga-de-galápagos é uma típica espécie pastejadora de uma ilha do Pacífico. Quando as tartarugas são removidas do sistema, muitas plantas começam a regenerar, crescendo e dominando a comunidade. Nesse sistema, as plantas são dominadas pela predação (controle de cima para baixo), enquanto os herbívoros são controlados de baixo para cima (competição).

Em outro exemplo, a relação entre fitoplâncton, zooplâncton e uma espécie de inseto predador torna-se útil na análise de três níveis tróficos. O zooplâncton mantém a massa reduzida de fitoplâncton. Quando ocorre uma alteração da salinidade, o inseto predador surge, alterando a massa zooplancônica. Essa redução do zooplâncton promove o aumento do fitoplâncton em até 20 vezes. Assim, observamos que o fitoplâncton está sujeito ao controle de baixo para cima, enquanto o zooplâncton é controlado de cima para baixo (predação). O predador tem o controle de baixo para cima.

Como podemos observar, os dois mecanismos vêm atuando na teia trófica. Se seguirmos o mesmo raciocínio para quatro níveis tróficos, teríamos a seguinte situação. Plantas e carnívoros primários estarão sujeitos a mecanismos de controle de cima para baixo, enquanto que herbívoros e carnívoros secundários seriam controlados de baixo para cima.

O exemplo acima serve para entendermos que seriam equivocadas as conclusões que consideram apenas pares de organismos. O entendimento do funcionamento das teias alimentares passa pela análise holística, através da observação de todos os mecanismos subjacentes da teia.

7. ESTABILIDADE DA COMUNIDADE E ESTRUTURA DA TEIA ALIMENTAR

Podemos começar esta seção realizando as seguintes indagações: algumas teias alimentares podem ser observadas de maneira repetida na natureza? Algumas teias são mais estáveis do que outras? As teias alimentares reais possuem propriedades particulares?

O aspecto da estrutura das teias alimentares que tem recebido atenção aumentada é o da sua estabilidade. Comunidades mais complexas do ponto de vista biológico poderiam ser mais estáveis? De acordo com esse raciocínio, o maior número de espécies e interações poderia gerar mais rotas de passagem de energia. Em caso de perturbação dessa comunidade, uma parcela menor da mesma seria afetada, já que existiriam muitas outras rotas possíveis para a energia. Diz-se, daí, que o efeito da perturbação seria pequeno sobre outras espécies. Comunidades complexas estariam mais protegidas.

Um conceito existente dentro da ecologia de comunidades é de resiliência. A resiliência caracteriza-se pela capacidade que um ecossistema tem de retornar ao seu estado original. Teoricamente, acreditava-se que ecossistemas dotados de comunidades mais complexas seriam mais resilientes. Porém, com o avanço dos modelos matemáticos, os dados apontam para uma direção oposta. Comunidades mais ricas em espécies, com maior número de interações e elevada conectividade têm sido consideradas menos resilientes. Assim, a complexidade leva à instabilidade.

Mas o que os dados obtidos de comunidades reais têm revelado? As únicas comunidades que somos capazes de observar são exatamente aquelas que são estáveis o suficiente para existir. Se uma comunidade apresentar mais espécies, por sua vez, ela deverá ter menos

conexões e/ou força de interação. Assim, pensar em estabilidade em uma comunidade não é possível a partir dos dados obtidos das teias alimentares.

A relação entre complexidade e estabilidade também tem sido investigada. Resistência ambiental significa a capacidade que um ecossistema tem de resistir a mudanças ambientais após perturbações. Alguns dados sugerem que comunidades mais ricas em espécies são menos resistentes a mudanças ambientais diante de uma perturbação. Porém, existem também dados que mostram o contrário, onde a complexidade promove maior estabilidade. Assim, não existe uma base científica sólida para definir a relação estabilidade/complexidade, já que os dados são conflitantes.

É provável que generalizações à respeito do tema sejam perigosas. As comunidades provavelmente irão variar quanto às suas capacidades de estabilidade. Uma relação única para todas as comunidades entre estabilidade e complexidade não resolveria o problema.

O que poderia ser observado é: (i) em ambientes estáveis e previsíveis, as comunidades serão complexas e frágeis; (ii) em ambientes variáveis e imprevisíveis, as comunidades seriam simples e fortes; (iii) todas as comunidades teriam a mesma estabilidade observada, embora esse aspecto seja dependente da estabilidade da comunidade e da variabilidade do ambiente.

Quando transferimos o raciocínio acima para fins aplicados, poderíamos entender os efeitos das perturbações antrópicas sobre as comunidades biológicas. As alterações proporcionadas pelo homem em comunidades complexas de ambientes relativamente estáveis são as mais profundas. Isso se deve principalmente ao fato de que essas comunidades não estão sob o regime caótico de perturbações. Assim sendo, quando alterações dessa ordem ocorrem, os efeitos sofridos por estas comunidades são mais dramáticos.

Em estudos realizados em riachos da Nova Zelândia, as teias alimentares de riachos mais perturbados estavam caracterizadas por comunidades menos ricas em espécies e com um menor número de ligações entre elas.

AREGAÇANDO AS MANGAS!!!



A partir do que foi dito sobre as teias alimentares, faça a montagem de uma. Discrimine cada um dos níveis tróficos em relação a sua posição na teia alimentar. Lembre-se de aspectos do fluxo de energia para a construção da sua teia (conteúdo de Ecologia Básica).

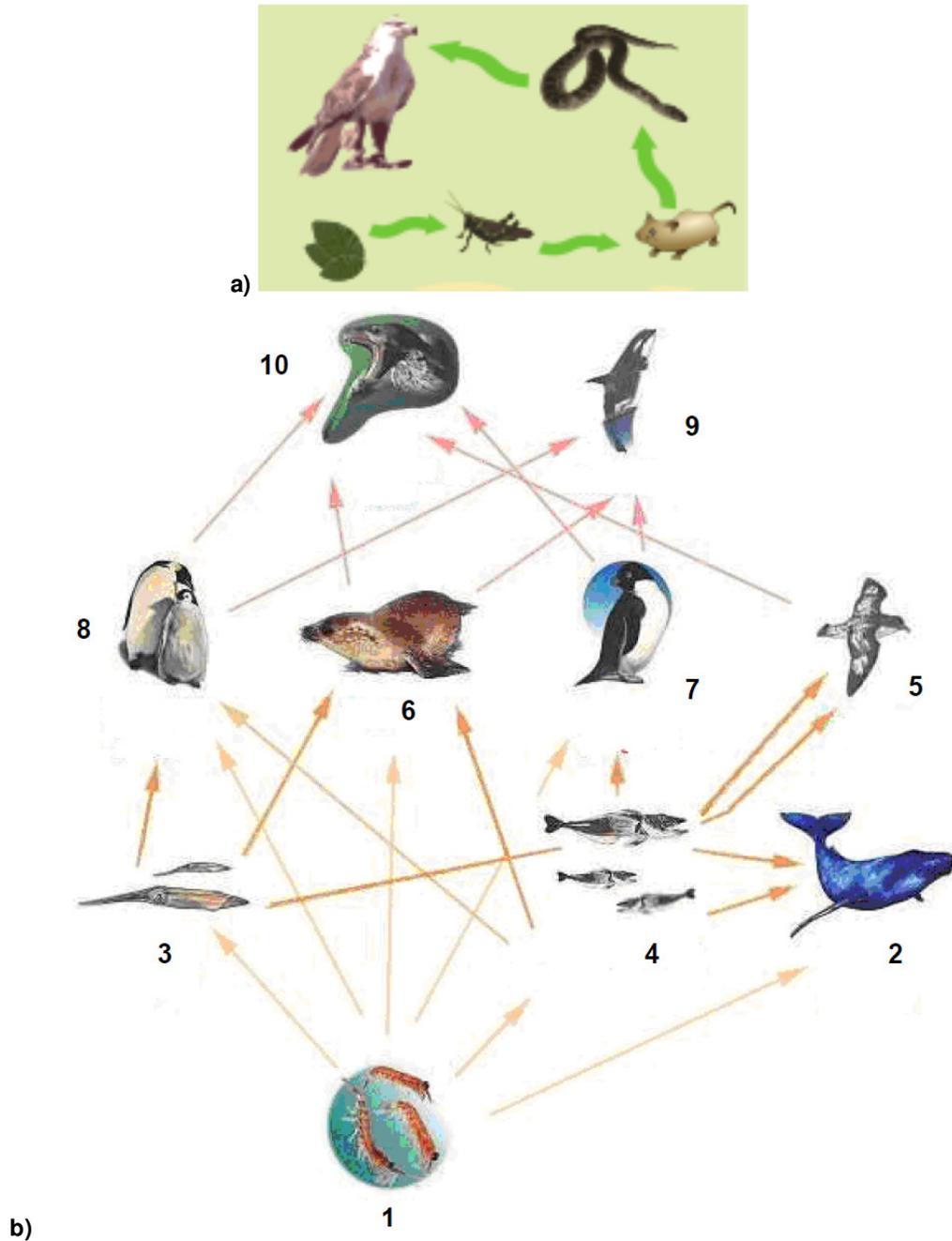
8.GLOSSÁRIO

Fluxo de energia: troca e dissipação de energia através dos níveis tróficos da cadeia alimentar de um ecossistema.

Nível trófico: posição em uma cadeia alimentar determinada pelo número de etapas da transferência de energia até aquele nível (do produtor primário para o consumidor secundário, por exemplo); classificação funcional dos organismos em um ecossistema de acordo com a relação alimentar.

9.IMAGENS

Figura 13 - a) Cadeia alimentar, onde na base temos uma planta e no topo uma ave de rapina; b) teia alimentar indicando a relação entre diferentes níveis tróficos: 1. Krill; 2. Baleia filtradora; 3. Lulas; 4. Peixes diversos; 5. Ave marinha (petrel); 6. Foca; 7. Pinguim comum; 8. Pinguim imperador; 9. Orça; 10. Leão-marinho.



Fonte: a) Wikipédia (<http://pt.wikipedia.org>); b) Gould League – Environmental Education (<http://www.gould.edu.au>).

BIBLIOGRAFIA

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R. & Harper, J. L. **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2007.

HANSKI, I. A. & Gilpin, M. E. **Metapopulation biology: ecology, genetics, and evolution**. London: Academic Press, 1997.

Henderson, P. A. **Practical Methods in Ecology**. Oxford: Blackwell Publishing, 2003.

Krebs, J. **Ecological Methodology**. New York: Harper & Row, 1988.

Magurran, A. E. **Measuring Biological Diversity**. Oxford: Blackwell Publishing, 2004.

Odum, E. P. & Barret, G. W. **Fundamentos de Ecologia**. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

Primack, R. B. & Rodrigues, E. **Biologia da Conservação**. Londrina: Editora Planta, 2001.

Real, L. A. & Brown, J. H. **Foundations of Ecology: Classic Papers with Commentaries**. Chicago & London: The University of Chicago Press, 1991.

Ricklefs, R. E. **A Economia da Natureza**. 5ª. Ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2003.

Rocha, C. F. D; Bergallo, H. G.; Van Sluys, M. & Alves, M. A. S. **Biologia da Conservação: essências**. São Carlos: Editora Rima, 2006.

Townsend, C. R.; Begon, M. & Harper, J. L. Fundamentos em Ecologia. Porto Alegre: Artmed editora, 2005.