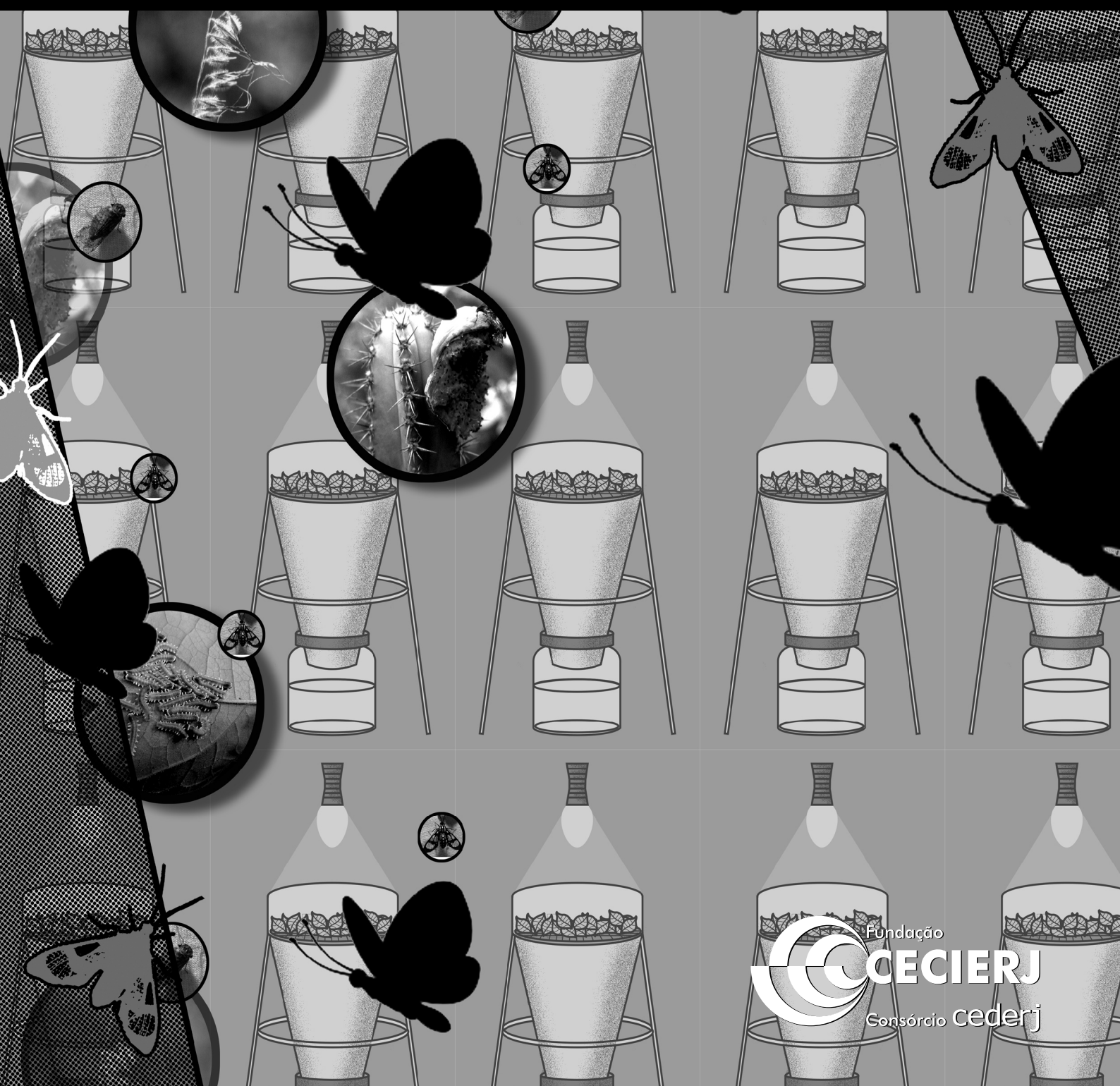


Populações, Comunidades e Conservação





Fundação

CECIERJ

Consórcio **cederj**

Centro de Educação Superior a Distância do Estado do Rio de Janeiro

Populações, Comunidades e Conservação

Volume 3

Erica Pellegrini Caramaschi

Fabio Rubio Scarano

Ricardo Ferreira Monteiro



**GOVERNO DO
Rio de Janeiro**

**SECRETARIA DE
CIÊNCIA E TECNOLOGIA**

Ministério
da Educação



Apoio:



FAPERJ

Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo
à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro

Fundação Cecierj / Consórcio Cederj

Rua Visconde de Niterói, 1364 – Mangueira – Rio de Janeiro, RJ – CEP 20943-001

Tel.: (21) 2334-1569 Fax: (21) 2568-0725

Presidente

Masako Oya Masuda

Vice-presidente

Mirian Crapez

Coordenação do Curso de Biologia

UENF - Milton Kanashiro

UFRJ - Ricardo Iglesias Rios

UERJ - Celly Saba

Material Didático

ELABORAÇÃO DE CONTEÚDO

Erica Pellegrini Caramaschi

Fabio Rubio Scarano

Ricardo Ferreira Monteiro

COORDENAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO INSTRUCIONAL

Cristine Costa Barreto

DESENVOLVIMENTO INSTRUCIONAL E REVISÃO

Janderson Lemos de Souza

Marta Abdala

Patrícia Alves

Departamento de Produção

EDITORA

Tereza Queiroz

COORDENAÇÃO EDITORIAL

Jane Castellani

COPIDESQUE

Cristina Freixinho

REVISÃO TIPOGRÁFICA

Patrícia Paula

COORDENAÇÃO DE PRODUÇÃO

Jorge Moura

PROGRAMAÇÃO VISUAL

Marcelo Silva Carneiro

ILUSTRAÇÃO

Eduardo Bordoni

CAPA

Eduardo Bordoni

PRODUÇÃO GRÁFICA

Oséias Ferraz

Verônica Paranhos

Copyright © 2005, Fundação Cecierj / Consórcio Cederj

Nenhuma parte deste material poderá ser reproduzida, transmitida e gravada, por qualquer meio eletrônico, mecânico, por fotocópia e outros, sem a prévia autorização, por escrito, da Fundação.

C259

Caramaschi, Erica Pellegrini.

Populações, comunidades e conservação. v. 3 / Erica Pellegrini Caramaschi; Fabio Rubio Scarano; Ricardo Ferreira Monteiro. – Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2010.
104p.; 19 x 26,5 cm.

ISBN: 85-7648-132-4

1. Ecologia. 2. Comunidades. 3. Conservação da biodiversidade. 4. Prática de campo. I. Scarano, Fabio Rubio. II. Monteiro, Ricardo Ferreira. III. Título.

CDD: 577

2010/1

Referências Bibliográficas e catalogação na fonte, de acordo com as normas da ABNT.

Governo do Estado do Rio de Janeiro

Governador
Sérgio Cabral Filho

Secretário de Estado de Ciência e Tecnologia
Alexandre Cardoso

Universidades Consorciadas

**UENF - UNIVERSIDADE ESTADUAL DO
NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO**
Reitor: Almy Junior Cordeiro de Carvalho

**UERJ - UNIVERSIDADE DO ESTADO DO
RIO DE JANEIRO**
Reitor: Ricardo Vieiralses

UFF - UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
Reitor: Roberto de Souza Salles

**UFRJ - UNIVERSIDADE FEDERAL DO
RIO DE JANEIRO**
Reitor: Aloísio Teixeira

**UFRRJ - UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL
DO RIO DE JANEIRO**
Reitor: Ricardo Motta Miranda

**UNIRIO - UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO
DO RIO DE JANEIRO**
Reitora: Malvina Tania Tuttman

Populações, Comunidades e Conservação

Volume 3

SUMÁRIO

Aula 21 – Prática sobre uso de descritores de comunidade _____	7
<i>Erica Pellegrini Caramaschi</i>	
Aula 22 – O nicho multidimensional e a organização da estrutura da comunidade _____	17
<i>Erica Pellegrini Caramaschi</i>	
Aula 23 – Gradientes latitudinais em foco _____	35
<i>Erica Pellegrini Caramaschi</i>	
Aula 24 – Comunidades no tempo: sucessão e dinâmica _____	49
<i>Fabio Rubio Scarano</i>	
Aula 25 – Comunidades no tempo e no espaço: estabilidade e complexidade _____	61
<i>Fabio Rubio Scarano</i>	
Aulas 26 e 27 – Prática sobre sucessão e estabilidade _____	73
<i>Fabio Rubio Scarano</i>	
Aula 28 – Comunidades e conservação da biodiversidade _____	79
<i>Fabio Rubio Scarano</i>	
Aulas 29 e 30 – Prática de campo _____	93
<i>Erica Pellegrini Caramaschi / Fabio Rubio Scarano /</i>	
<i>Ricardo Ferreira Monteiro</i>	
Referências _____	101

Prática sobre uso de descritores de comunidade

AULA 21

Meta da aula

Aplicar os descritores de comunidade em quatro atividades práticas.

Ao final desta aula, é esperado que você seja capaz de:

- Construir e interpretar uma curva do coletor.
- Aplicar e interpretar um índice de similaridade.
- Aplicar um índice de diversidade e interpretar seu significado.
- Montar uma teia trófica e analisar seus elementos estruturais.

Pré-requisitos

Aulas 15, 16, 17, 19 e 20.

INTRODUÇÃO

Esta prática envolve quatro atividades independentes. Leia com cuidado os enunciados e troque idéias com o tutor e com os colegas, antes e depois de desenvolver a prática.

ATIVIDADES



1. É apresentada uma tabela com as espécies de peixes coletadas em seis diferentes trechos de um riacho. Queremos saber:

a) O número de trechos amostrados foi suficiente para caracterizar a composição de espécies do rio? Construa a curva do coletor e descreva o resultado. Refaça a curva após alterar a ordem das colunas. O que observou? Acha que a riqueza de espécies do riacho foi alcançada?

A large, empty rectangular box with a thin black border, intended for a student to draw a collector's curve or write a description.A series of ten horizontal lines, intended for a student to write their answer to the question.

b) Quais espécies são constantes, acessórias e acidentais nessa taxocenose, considerando a frequência com que foram registradas em diferentes trechos do rio?

c) Pelos dados de composição de espécies, você pode inferir que os habitats disponíveis para peixes são semelhantes em todos os trechos coletados do rio? Discuta.

d) A truta é um peixe exótico e, além de predador potencial, é um competidor no consumo de larvas de insetos do pequeno bagre endêmico *Trichomycterus sp.* O que você recomendaria para evitar que truticultores bem intencionados jogassem seu excesso de alevinos de trutas nos rios das serras brasileiras?

Tabela 21.1: Dados de ocorrência de espécies de peixes em um rio costeiro hipotético

Espécies/Trechos	A	B	C	D	E	F
<i>Astyanax sp. 1</i>	X	X		X		X
<i>Characidium sp.</i>	X			X	X	
<i>Onchorhynchus mykiss (truta)</i>					X	
<i>Rhamdia sp.</i>	X	X		X		X
<i>Pimelodella sp.</i>	X	X		X		X
<i>Astyanax sp. 2</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Mimagoniates microlepis</i>	X	X		X		

<i>Callichthys callichthys</i>	X					X
<i>Oligosarcus sp.</i>	X	X	X			X
<i>Trachelyopterus sp.</i>	X	X		X		X
<i>Geophagus brasiliensis</i>	X	X	X	X		X
<i>Hoplias malabaricus</i>	X	X	X	X		X
<i>Hyphessobrycon bifasciatus</i>		X	X			X
<i>Poecilia vivipara</i>		X	X			X
<i>Phalloceros caudimaculatus</i>	X			X	X	
<i>Mugil liza (tainha)</i>			X			X
<i>Centropomus parallelus (robalo)</i>			X			X
<i>Fistularia sp. (trombeta marinho)</i>			X			
<i>Hypostomus punctatus (cascudo)</i>	X	X		X		X
<i>Loricariichthys sp.</i>		X	X			X
<i>Rineloricaria sp.</i>	X	X		X		
<i>Trichomycterus sp.</i>					X	
<i>Rhamdioglanis sp.</i>				X	X	
<i>Brycon sp.</i>	X	X				X
<i>Leporinus sp. (piava)</i>	X	X		X		X
<i>Corydoras barbatus</i>	X	X				X
<i>Harttia sp.</i>	X			X		
<i>Astyanax sp. 3</i>		X		X		X
<i>Eleotris pisonis</i>			X			X

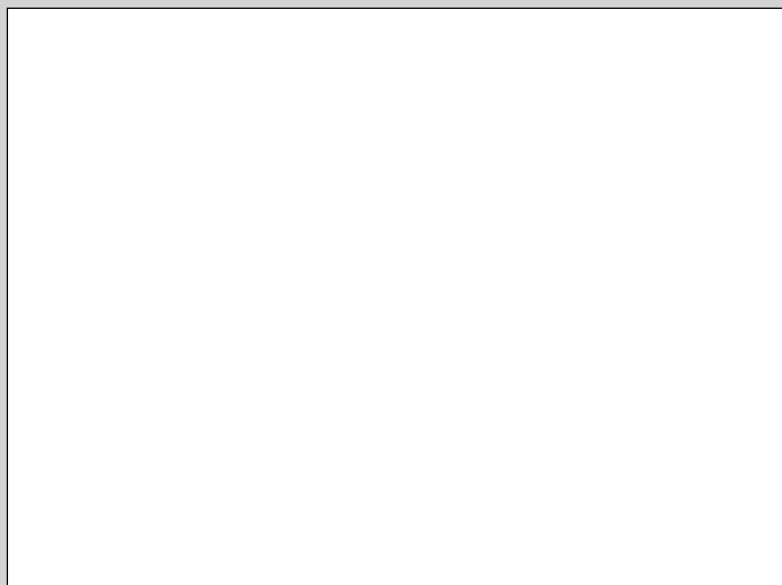
2. Índices de similaridade são usados para comparar diferentes taxocenoses e avaliar o quanto são parecidas entre si. Há vários índices de similaridade propostos na literatura, por exemplo, Magurran (1988); Krebs (1989), mas vamos utilizar aqui uma medida simples, baseada na presença ou ausência das espécies. Em duas comunidades, uma com um número “a” de espécies, outra com número “b” de espécies e com “c” espécies ocorrendo em ambas as comunidades, definimos que:

$$\text{Índice de similaridade} = 2c / (a + b)$$

O índice varia de 0 a 1 para quantificar a amplitude de nenhuma similaridade à similaridade total.

Na **Tabela 21.1** é apresentada a relação de espécies de peixes ao longo de um riacho. Quantos trechos são realmente similares entre si em relação à composição de espécies? Dado o índice de similaridade, aplique-o a todos os trechos, dois a dois, em todas as combinações possíveis, montando uma tabela.

A seguir, responda:



a) As taxocenoses analisadas são similares entre si?

b) Você acha que cada trecho apresenta uma taxocenose de peixes própria ou que a taxocenose é única para todo o rio?

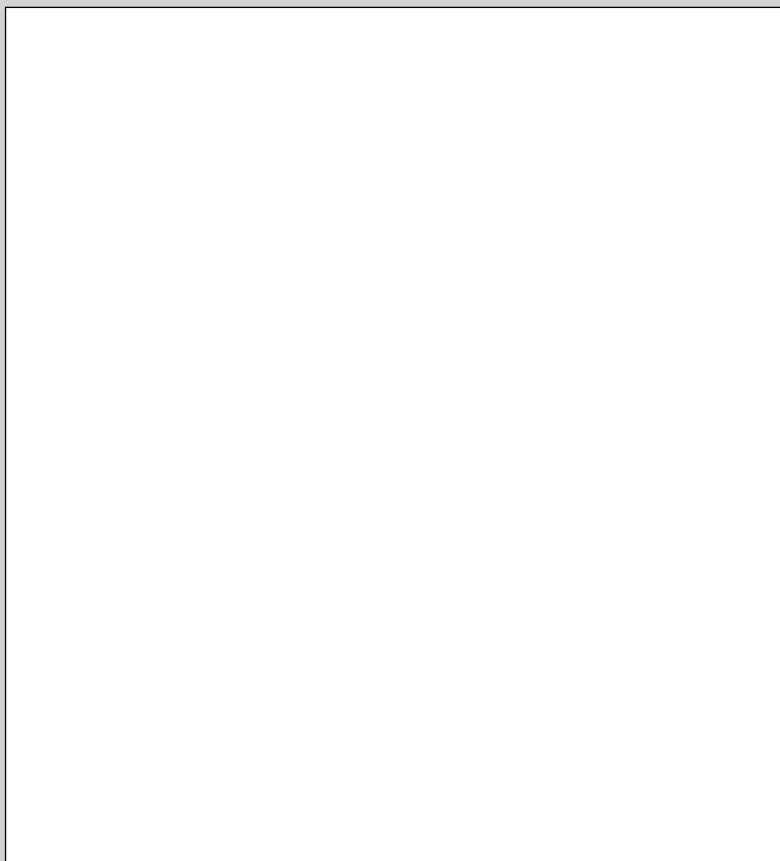
c) Os valores do índice de similaridade para a taxocenose de larvas aquáticas de insetos, das mesmas comunidades, apresentaram valores de similaridade acima de 0,8 em todos os trechos, quando comparados dois a dois. O que isso significa e como poderia ser explicado?

3. Um pesquisador foi convidado a propor a preservação de uma das lagoas abaixo. Decidiu caracterizar faunisticamente as lagoas e verificou que apresentavam diferenças quanto a alguns aspectos estruturais de suas taxocenoses de peixes. Observe o quadro a seguir:

Espécies	Lagoa 1	Lagoa 2	Lagoa 3
	Número de indivíduos	Número de indivíduos	Número de indivíduos
<i>Phalloceros caudimaculatus</i>	20	90	90
<i>Astyanax gr. bimaculatus</i>	20	70	70

<i>Hyphessobrycon bifasciatus</i>	20	100	100
<i>Atherinella brasiliensis</i>	20	3	3
<i>Tilapia rendalli</i>	20	3	3
<i>Poecilia vivipara</i>	0	3	3
<i>Mugil lisa</i>	0	3	3
<i>Geophagus brasiliensis</i>	0	3	3
<i>Genidens genidens</i>	0	0	3
<i>Hoplias malabaricus</i>	0	0	3
<i>Strongylura timucu</i>	0	0	3

a) Com base na composição e abundância das espécies, qual é a comunidade que possui maior riqueza e qual a que apresenta maior equitabilidade? Represente por um gráfico de barras e discuta.



b) Aplique os índices de diversidade e equitabilidade de Shannon e de Simpson nas duas comunidades e discuta as variações nos resultados destes dois índices.

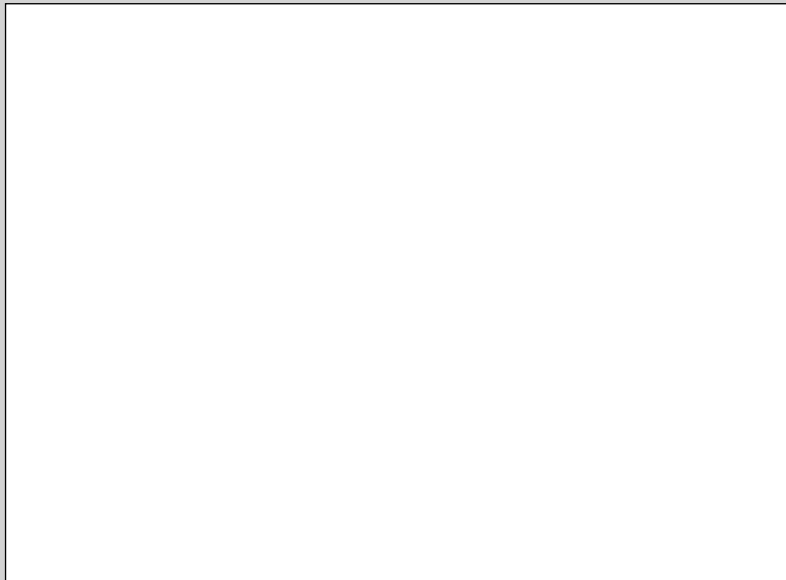
c) O que você conclui sobre a sensibilidade desses dois índices?

d) Qual delas você preservaria, se tivesse de escolher com base na diversidade de peixes?

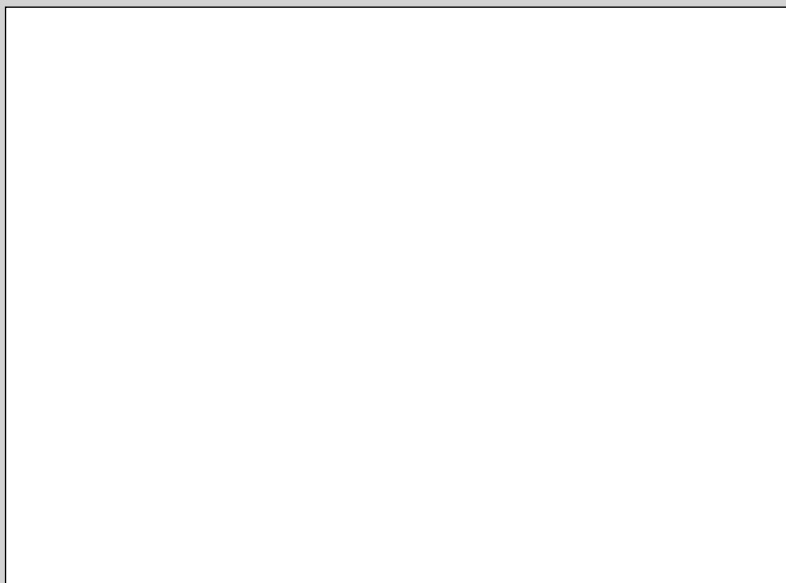
4. Dado o cenário abaixo, convide você a propor uma teia trófica para a lagoa. Construa uma teia hipotética envolvendo, total ou parcialmente, os elementos apresentados. Enumere e discuta as dificuldades.

O cenário é uma lagoa costeira hipotética do sudeste brasileiro. Recebe um pequeno afluente e tem contatos esporádicos com o mar durante ressacas fortes. Sua profundidade média é de 1m e a máxima 3,5m. As águas são escuras e relativamente ácidas, devido à grande quantidade de matéria orgânica vegetal em decomposição, que libera ácidos húmicos e fúlvicos. A lagoa apresenta grande quantidade de macrófitas, o que lhe dá um belo aspecto de aquário natural. As águas são habitadas por organismos planctônicos (algas, rotíferos, microcrustáceos herbívoros e carnívoros, larvas de peixes), bentônicos (larvas de insetos, moluscos, siris, camarões) e nectônicos (peixes). A vegetação do entorno da lagoa é constituída por espécies de restinga, como bromélias, a palmeira guriri e moitas de plantas arbustivas. Em suas margens, participando parcialmente do sistema, ocorrem anfíbios (sapos e pererecas), répteis (cobra-d'água, jacaré-de-papo-amarelo), aves (martim-pescador, garça) e mamíferos (lontra, homem).

a) Comece desenhando com uma teia simples, incluindo três cadeias contendo elementos basais, dois intermediários e um predador de topo.



b) Estabeleça o número de ligações possíveis e calcule a conectância. Redesenhe a teia do item a e acrescente novos elementos. Verifique se a conectância aumenta. Como se comporta o número médio de ligações por espécie, nos dois casos?



c) Seus resultados concordam com as generalizações comentadas na Aula 20? Comente.

d) Quantos e quais são os níveis tróficos na segunda teia que você montou?

e) Identifique uma guilda e cite seus componentes.

f) Que tipo de teia é esta? É possível sugerir uma espécie-chave? Por quê? Como você poderia identificar uma espécie-chave?

g) Discuta os possíveis efeitos da retirada do predador de topo sobre a teia. Depois, retire um dos elementos basais e discuta os possíveis efeitos sobre ela.

RESPOSTAS COMENTADAS

Se tiver dúvidas ao elaborar as respostas, converse com seu tutor presencial. Posteriormente, as respostas comentadas estarão disponíveis na plataforma. Não deixe de fazer essa atividade, pois além de fixar seu conhecimento, ela será utilizada como instrumento de avaliação da disciplina. Bom trabalho!

O nicho multidimensional e a organização da estrutura da comunidade

AULA

22

Meta da aula

Apresentar o conceito de nicho multidimensional e os conceitos de equilíbrio e não-equilíbrio na organização da estrutura da comunidade.

objetivos

Após o estudo desta aula, esperamos que você seja capaz de:

- Reconhecer características de comunidades em equilíbrio e em não-equilíbrio.
- Avaliar as implicações do conceito de nicho multidimensional na competição.
- Avaliar o papel da competição como componente de organização das comunidades.
- Avaliar o papel do distúrbio na teoria de comunidades em não-equilíbrio.

Pré-requisitos

Aulas 7, 12, 15, 16, 17, 19, 20.

INTRODUÇÃO

Comunidades podem ser organizadas por processos físicos e por processos biológicos como competição, predação e mutualismo. Quando falamos de organização da comunidade, queremos dizer que há alguma regularidade na biomassa ou no número de espécies que compõem a comunidade. Se assumirmos um pressuposto clássico, diremos que comunidades estão em *equilíbrio estável* quando a abundância das espécies é constante no tempo. Em diferentes habitats, o ponto de equilíbrio pode diferir, tanto que há variação espacial no número de espécies, mas o ponto-chave hipotético é que, em cada local, a comunidade está em equilíbrio e permanece constante. Esse pressuposto clássico de equilíbrio é uma abstração. Seria ingênuo pensar que qualquer comunidade real tenha um ponto de equilíbrio que possa ser definido; os ecólogos que enfocam pontos de equilíbrio têm em mente que estes são meramente estados em direção aos quais os sistemas tendem a ser atraídos. Comunidades reais se encaixam em algum ponto do espectro entre equilíbrio e não-equilíbrio. Num certo sentido, portanto, o contraste entre equilíbrio e não-equilíbrio é questão de grau.

Comunidades ditas “em equilíbrio” apresentam interações bióticas fortes, limitação de recursos, dependência de densidade, poucos efeitos estocásticos e saturação de espécies. Comunidades ditas em não-equilíbrio apresentam padrões interativos frouxos, independência entre as espécies, limitações abióticas, grandes efeitos estocásticos e não saturação de espécies. Entre esses dois extremos, situa-se a grande maioria das comunidades.

Na próxima aula, voltaremos à questão de comunidades em equilíbrio e em não-equilíbrio. Agora, avaliaremos os fatores bióticos (interações) na organização das comunidades. Para tanto, vamos iniciar pelo conceito de nicho ecológico.

NICHO ECOLÓGICO

Um nicho ecológico representa a amplitude de condições e de qualidade de recursos que uma espécie necessita para sobreviver e se reproduzir. Assim, por exemplo, uma espécie de ave pode ter hábitos noturnos, ocorrer em ambientes com temperaturas entre 15 e 35°C e capturar presas com tamanho entre 5 e 15 centímetros. As horas ao longo do dia, portanto, correspondem a uma das dimensões do nicho dessa espécie e da comunidade a que ela pertence. Poderíamos representar a primeira dimensão como um eixo ao longo do qual todas as espécies da comunidade se dispõem de acordo com seu hábito diurno, noturno ou crepuscular. Da mesma forma, a temperatura e o tamanho das presas

podem ser representados, cada qual, em um eixo. A representação do nicho dessa ave, com uma dimensão, corresponde a um trecho do eixo; com duas, corresponde a uma área; e, com três, a um volume. Mas, naturalmente, o nicho de qualquer espécie deve incluir muito mais variáveis do que essas três. Por isso, os ecólogos adotaram a expressão *nicho multidimensional*, proposta por Hutchinson em 1957. Segundo esse importante ecólogo, podemos imaginar um grande volume (n-dimensional) onde as espécies de uma comunidade constituiriam “bolhas” de diferentes formatos, de acordo com as amplitudes de sua ocorrência em cada eixo considerado. É importante perceber que um nicho não é algo que possa ser visto. É um conceito que agrega todas as exigências ambientais para que uma espécie se mantenha e reproduza.

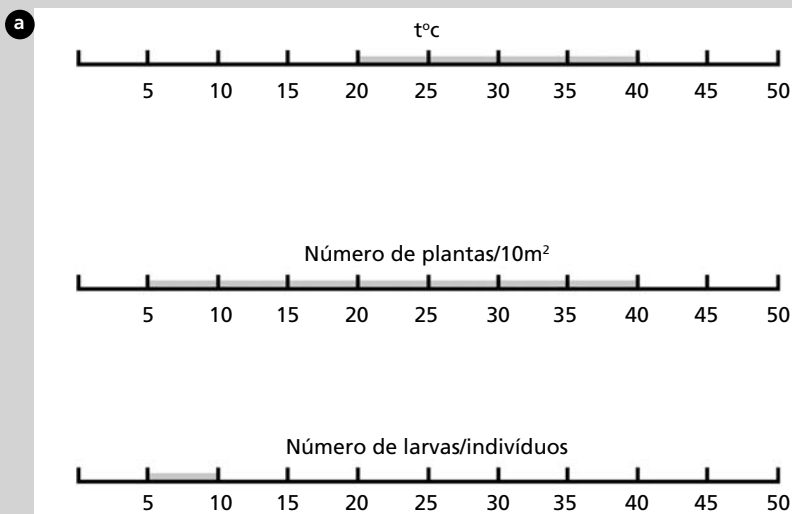


ATIVIDADE

1. Escolha uma espécie animal ou vegetal e delimite três de suas exigências ambientais (como no exemplo do início desta Introdução). Em seguida, represente, num sistema de eixos, as linhas, áreas e volume que representariam sua espécie em uma, duas e três dimensões.

RESPOSTA COMENTADA

Digamos que a espécie seja um mamífero herbívoro e que consideremos como suas exigências ambientais a temperatura entre 18 e 40°C, a disponibilidade de plantas entre 30 e 40 moitas por 10m² e a tolerância a larvas de moscas (parasitas) entre 5 e 10 larvas por indivíduo. Veja a representação gráfica desse exemplo e siga o procedimento ou compare com a sua.



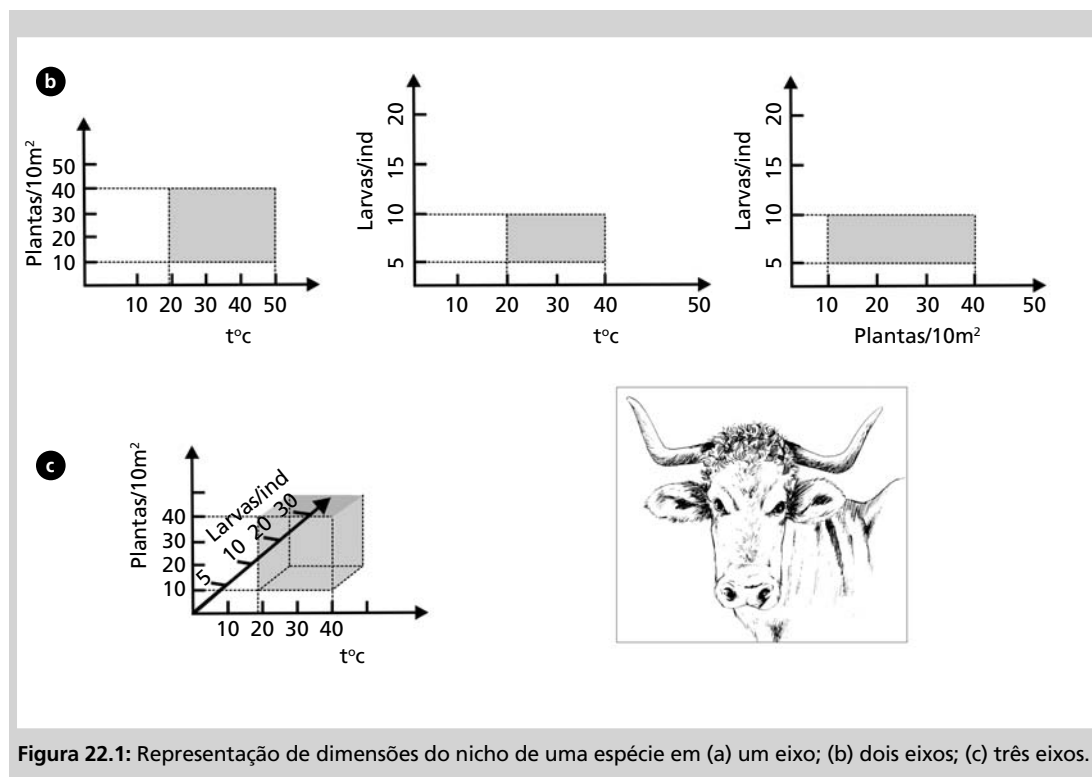


Figura 22.1: Representação de dimensões do nicho de uma espécie em (a) um eixo; (b) dois eixos; (c) três eixos.

O uso histórico da expressão “nicho ecológico” representa bem a evolução de um conceito. Embora naturalistas como Charles Darwin já se referissem, na metade do século XIX, a conceitos similares (rever a Aula 8 de Grandes Temas em Biologia), o uso dessa expressão para se referir à posição ecológica de uma espécie no planeta foi feito pela primeira vez por Grinnell, em 1924, referindo-se à distribuição de uma espécie no espaço geográfico (numa área ou entre tipos de habitats). Esse autor considerava, em seu uso da expressão, a distribuição *potencial* de cada espécie, sem se preocupar com a maneira como a presença de outras espécies afetaria a distribuição de cada uma. Quase paralelamente, Charles Elton, em 1927, desenvolvia a estrutura conceitual de nicho em termos dos hábitos alimentares de uma espécie. Em certo momento, esse autor se referiu a nicho de uma espécie como “seu lugar no ambiente abiótico e suas relações com seu alimento e seus inimigos”. De certa forma, Elton limitava a distribuição potencial de uma espécie ao que ela ocuparia, considerando sua busca de alimento e sua fuga de predadores, ou seja, aproximava-se da ocupação real de um nicho potencial. Vamos ver um exemplo: Quando um indivíduo se instala em determinado ambiente, necessita de condições abióticas adequadas a sua fisiologia, como temperatura, luz, umidade, bem como de alimento, proteção contra predadores etc. Se ele estiver sozinho, disporá de todos os refúgios e de todo o alimento. Assim, todas as condições adequadas do ambiente representam seu nicho *potencial*. A partir do momento em que outros indivíduos ou espécies passam a ocupar a mesma área, nosso indivíduo só poderá dispor de parte dos recursos, e o nicho efetivamente ocupado será chamado nicho *realizado*. John Vandermeer, numa revisão do assunto, em 1972, chamou ao primeiro caso nicho *pré-interativo* e ao segundo, *pós-interativo*.

O nicho e a comunidade

O nicho de cada espécie ocupa uma parte do volume n-dimensional, que representa o total de recursos (chamado espaço do nicho) disponível para a comunidade. Podemos pensar o espaço total do nicho de uma comunidade como um volume onde estão os nichos de todas as espécies. Imagine os nichos das espécies como bolas de massa de modelar apertadas numa caixa (comunidade). O número de espécies na comunidade, portanto, depende da quantidade total do espaço do nicho e do tamanho médio do nicho de cada espécie.

É muito difícil identificar e medir todas as n dimensões do nicho de uma espécie. Mas pode-se tentar caracterizar relações de nicho na comunidade observando-se padrões de utilização de recursos e preferências de micro-habitat das espécies que participam de uma comunidade em uma ou algumas dimensões do nicho.

Quando comparamos ocupações de espaço do nicho (numa dimensão qualquer) por duas espécies, constatamos que cada uma tem sua própria *amplitude de nicho*. A extensão em que as duas espécies utilizam o mesmo recurso ou apresentam a mesma tolerância a uma condição ambiental é chamada *sobreposição de nicho*. Medidas de sobreposição de nicho podem indicar a intensidade da competição por um recurso entre as espécies de uma comunidade. Se houver grande coincidência no uso de um recurso limitado, pode ocorrer a chamada **EXCLUSÃO COMPETITIVA**, já discutida na Aula 12.

Ao representarmos três espécies ao longo de uma dimensão do recurso (Figura 22.2), observamos que, quanto mais próximos estiverem os picos, maior a similaridade no uso do recurso e, portanto, maior a sobreposição de nicho.

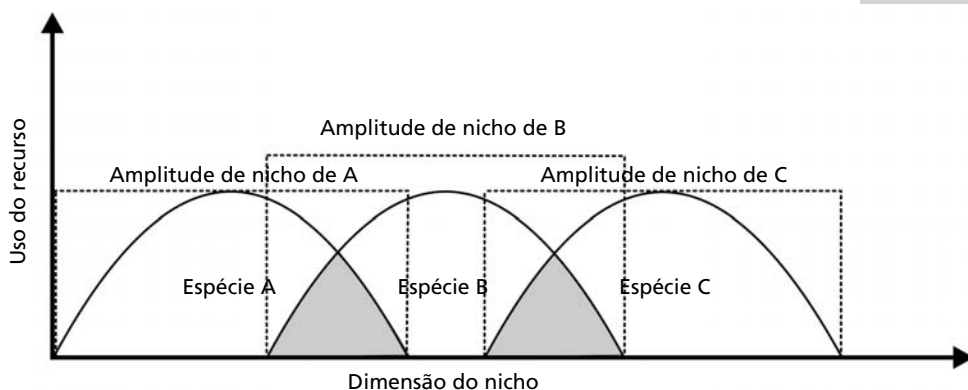


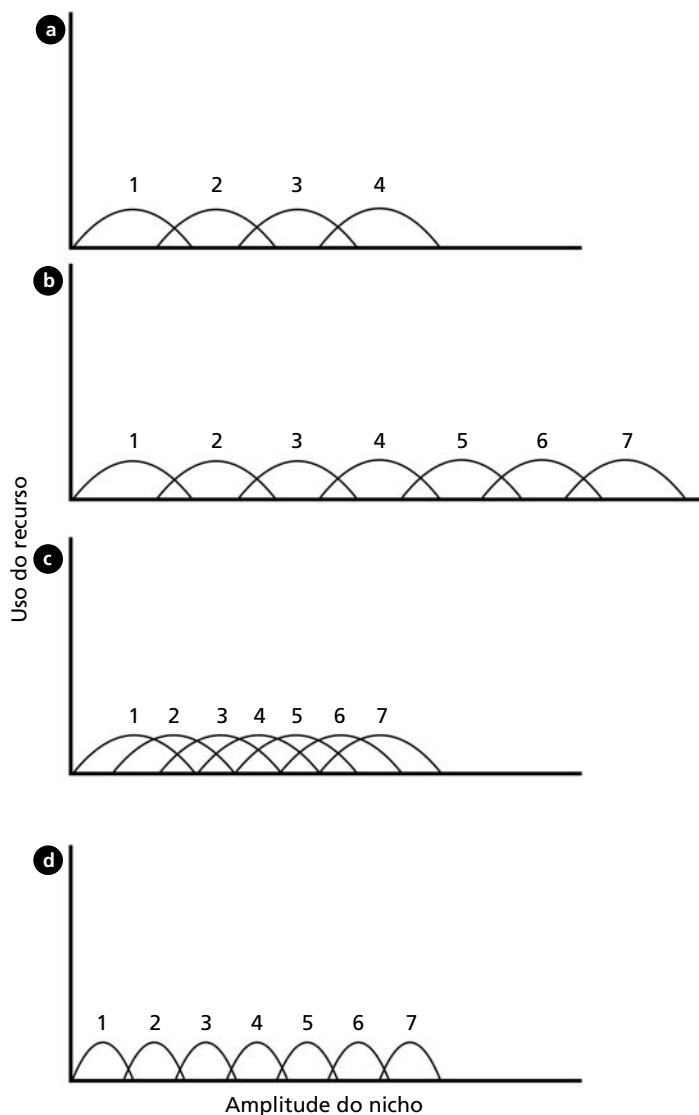
Figura 22.2: Posição das espécies A, B e C ao longo de uma dimensão do nicho. A amplitude de nicho é a extensão de uso do recurso. A sobreposição do nicho (área sombreada) representa a porção do recurso que é usada pelas duas espécies (baseado em Ricklefs & Miller, 1999, p. 600).

EXCLUSÃO COMPETITIVA

É o processo em que duas espécies não podem coexistir por muito tempo ocupando o mesmo nicho em um dado ambiente.

Pelo princípio da exclusão competitiva levado às últimas conseqüências, todas as espécies de uma comunidade se extinguiriam, exceto uma. Essa visão, que valoriza excessivamente a competição, adquiriu variantes mais sofisticadas como a de *limite de similaridade*. Limite de similaridade é o grau máximo de semelhança em que duas espécies podem usar o mesmo recurso e, ainda assim, coexistir. Repare bem: na verdade, o que se observa na natureza é a coexistência de várias espécies. Não parece contraditório com o que foi dito acima? Como isso se encaixa no modelo de nicho? Na **Figura 22.3**, estão representadas situações em que temos uma comunidade original, com quatro espécies representadas numa dimensão do nicho, e a chegada de novas espécies que devem se inserir nessa comunidade, distribuindo-se, portanto, ao longo do eixo do mesmo recurso. Na **Figura 22.3.a**, está representada a situação

EMPACOTAMENTO DE ESPÉCIES ocorre quando há um aumento da riqueza de espécies, mas não da diversidade de recursos.



original com cada espécie exibindo sua amplitude de nicho numa dada dimensão. Na **Figura 22.3.b**, três novas espécies chegam à comunidade, mas amplia-se o recurso disponível, e todas mantêm suas amplitudes de nicho. Na **Figura 22.3.c**, o recurso não é aumentado, e a sobreposição de nicho de todas as espécies aumenta muito, pois todas mantêm a mesma amplitude. Na **Figura 22.3.d**, o recurso não é aumentado, mas as espécies têm sua amplitude de nicho muito reduzida (especialização). Os dois últimos casos são conhecidos como **EMPACOTAMENTO DE ESPÉCIES**, numa tradução literal de *species packing*, que pode resultar numa redução da produtividade das espécies, já que cada uma terá menos recursos disponíveis para si.

Figura 22.3: Diagrama esquemático mostrando como a utilização de um recurso ao longo de um eixo do nicho pode ser alterada para acomodar mais espécies (baseado em Ricklefs & Miller, 1999, p. 602).

Freqüentemente, quando as espécies são similares demais numa dimensão do nicho, elas diferem notavelmente em outras dimensões e assim conseguem coexistir. Por exemplo, uma espécie que explore exatamente o mesmo tipo de alimento de outra pode desenvolver o hábito de se alimentar à noite, em oposição aos hábitos diurnos da outra espécie. É comum que aves que nidificam em árvores, utilizem estratos verticais distintos da vegetação, evitando a competição pelo mesmo estrato. Essa segregação temporal (no primeiro exemplo) e espacial (no segundo) permitiria a coexistência de espécies similares. A discussão adjacente a esta seria: será que essas espécies estão usando uma dimensão subótima de seu nicho e apenas uma espécie, competitivamente mais forte, está no seu ótimo? Essa competição estaria ocorrendo agora ou é resultado de uma pressão competitiva no passado, que provocou **DESLOCAMENTO DE CARACTERES** na seleção de local de nidificação? Veja, na Aula 12, o comentário sobre o “fantasma da competição passada”. A existência atual de processos competitivos deveria ser testada com experimento de retirada de espécies e recombinações variadas ou observação do comportamento das espécies em localidades sem a presença das competidoras. Nos dois casos, as provas nem sempre são cabais, dado o grande número de variáveis que podem influenciar os resultados.

De qualquer modo, esse cenário conceitual propõe que há um limite para a similaridade de espécies competidoras e, portanto, um limite para o número de espécies que podem se inserir numa comunidade, antes que o nicho dessa comunidade seja totalmente saturado.

DESLOCAMENTO DE CARACTERES

Fenômeno que faz com que espécies que ocorram juntas numa região em que poderiam potencialmente competir se assemelhem menos entre si do que quando ocorrem sozinhas em outra região com as mesmas características ambientais. A pressão competitiva seleciona características de diferenciação das espécies na área de coexistência.

ATIVIDADE



2. Num viveiro de pássaros, a fruta preferida pelas cinco espécies de aves que vivem nele é o mamão, oferecido pelo tratador com outras frutas todos os dias, em quantidades fixas. A cada dia, sobram quantidades variáveis das demais frutas (banana, laranja, maçã). Num certo dia, foram introduzidos indivíduos de uma nova espécie de ave frugívora.

- Descreva o que pode acontecer com essa pequena ornitocenose, caso a nova ave seja maior e mais forte que as demais e só se alimente de mamão. Continuará a haver sobras de frutas? Por quê?
- E se a nova ave for menor e mais fraca que as demais?
- E se não houver preferência de nenhuma espécie por nenhuma fruta?

RESPOSTA COMENTADA

No primeiro caso, a ave recém-chegada deslocará as demais de sua preferência pelo item alimentar ótimo (mamão). As demais passarão

a utilizar outras frutas, e provavelmente as sobras diminuirão. No segundo caso, os exemplares dessa espécie provavelmente morrerão à míngua (exclusão). No terceiro caso, pode ocorrer um empacotamento de nicho alimentar, com alta sobreposição da dieta de todas as aves, (Figura 22.3. c) ou uma especialização com cada espécie de ave passando a comer, sem concorrência, um ou dois tipos de frutas (Figura 22.3. d).

COMPETIÇÃO E MODELOS NEUTROS

No contexto teórico apresentado, a competição interespecífica seria obviamente importante na estruturação das comunidades, porque exclui espécies particulares de algumas comunidades e determina precisamente quais espécies podem coexistir com outras. Aliás, a visão dominante entre os ecólogos dos anos 70 era que a competição era exageradamente importante (releia a Aula 12), não havendo um critério rigoroso para a avaliação de cada caso. A visão daqueles autores foi duramente criticada por outros, e a explicação alternativa para a competição como a causa dos padrões observados numa comunidade foi a de que estes teriam surgido simplesmente por acaso. Você está percebendo? De repente, os padrões de coexistência das espécies não teriam nada a ver com competição, e sim com mero acaso! Casos de diferenciações de nicho poderiam ter ocorrido, porque as várias espécies teriam evoluído independentemente como especialistas, e seus nichos especializados mantinham-se diferentes em quaisquer situações. Nichos arranjados ao acaso ao longo de uma dimensão de recurso, provavelmente diferem em algum grau, sem que as diferenças de distribuição, signifiquem deslocamento por ação competitiva. Da mesma forma, espécies poderiam diferir em sua distribuição, porque cada uma foi capaz de, independentemente, colonizar e se estabelecer em apenas uma pequena proporção dos habitats adequados para ela. Impressionante virada conceitual, não? Veja um argumento interessante: 10 bolas azuis e 10 bolas vermelhas jogadas ao acaso em 100 caixas quase certamente teriam distribuições diferentes no final (várias caixas estariam vazias, algumas com uma ou mais bolas vermelhas; o mesmo para azuis; e outras com números variáveis de vermelhas e azuis). A distribuição das bolas certamente nada teria a ver com um processo competitivo ou de outras interações. Conclui-se que a competição não pode ser inferida de meras diferenças na distribuição das espécies. Mas, então, que tipo de diferença

permitiria que se atribuísse o resultado à competição? O que autores como Simberloff e Strong propuseram foi que uma investigação mais rigorosa do papel da competição interespecífica tivesse como objetivo responder à seguinte pergunta: *O padrão observado, mesmo que pareça implicar competição, difere significativamente do tipo de padrão que poderia surgir na comunidade na ausência de qualquer interação entre as espécies?*

Questões desse tipo têm guiado numerosas análises, que tentam comparar comunidades reais com os chamados *modelos neutros*. Estes são modelos de comunidades reais, que retêm características de suas contrapartes reais, mas reagrupam os componentes ao acaso, excluindo, especificamente, as consequências das interações biológicas. De fato, as análises de modelos neutros são tentativas de seguir uma abordagem mais geral para a investigação científica, que é a de construção e teste de *hipóteses nulas*. A idéia é que os dados sejam rearranjados de uma certa forma (modelo neutro) que represente como os dados poderiam parecer na ausência do fenômeno sob investigação (neste caso, a interação de espécies, particularmente a competição interespecífica). Então, se os dados reais mostram uma diferença estatisticamente significativa da hipótese nula, esta é rejeitada, e a ação do fenômeno estudado é fortemente inferida. Rejeitar (ou falsear) a ausência de um efeito é considerado melhor que confirmar sua presença, porque há testes estatísticos bem estabelecidos para testar se coisas são significativamente diferentes, mas não para testar se coisas são significativamente similares.

MODELOS NEUTROS E A PARTILHA DE RECURSOS

Uma das aplicações menos controversas da abordagem de modelos neutros tem sido na utilização diferenciada de recursos. Vamos acompanhar um exemplo de aplicação de modelos neutros a 10 comunidades de lagartos. O trabalho foi desenvolvido por Lawlor (1980) com lagartos norte-americanos, e a descrição das etapas mostradas a seguir baseia-se na apresentada por Begon *et al.* (1986), em seu livro-texto *Ecology: individuals, populations and communities*. As 10 comunidades consistiam de 4 a 9 espécies de lagartos, para as quais o autor estimou as quantias de cada uma das 20 categorias de alimento consumidas por cada espécie, em cada comunidade. Alguns modelos neutros dessas

comunidades foram criados, e os padrões de sobreposição no uso do recurso foram comparados com os de suas contrapartes reais. Se a competição foi ou vem sendo uma força significativa em determinar a estrutura da comunidade, os nichos deveriam ser espaçados, e a sobreposição no uso dos recursos na comunidade real deveria ser *menor* que a predita pelos modelos neutros.

ELETIVIDADE

É uma medida da preferência (ou da ausência de preferência) demonstrada por uma espécie consumidora frente a sua amplitude de presas.

A análise de Lawlor foi baseada nos índices de preferência (**ELETIVIDADE**) das espécies consumidoras em relação aos recursos. Por exemplo, a eletividade da espécie A pelo recurso K pode variar entre 0 (nenhuma preferência) e 1 (preferência total). Essas eletividades foram, por sua vez, utilizadas para calcular, para cada par de espécies na comunidade, um índice de sobreposição do uso do recurso, o qual também vai de 0 (nenhuma sobreposição) a 1 (sobreposição total). Finalmente, cada comunidade foi caracterizada por um único valor: a sobreposição de recursos média para todos os pares de espécies presentes.

ALGORITMO

Significa procedimento ou fórmula para resolver um problema. A palavra deriva do nome do matemático Mohammed ibn-Musa al-Khwarizmi, que fez parte da corte real em Bagdá e viveu entre 780 e 850.

Os dados originais da comunidade foram rearranjados de quatro maneiras diferentes através de **ALGORITMOS** de reorganização, gerando os modelos neutros RA1, RA2, RA3 e RA4. Cada um deles reteve um aspecto diferente da estrutura da comunidade original, enquanto os aspectos remanescentes do uso dos recursos eram aleatorizados.

RA1 reteve a menor parcela da estrutura da comunidade original: somente o número de espécies original e o número de categorias de recursos original. As eletividades observadas (incluindo as de valor zero) foram substituídas em cada caso por valores aleatórios entre 0 e 1. Isso significa que houve menos zeros que na comunidade original. A largura de nicho de cada espécie foi, portanto, aumentada.

RA2 substituiu todas as eletividades, exceto as de valor zero, com valores ao acaso. Assim, o grau qualitativo de especialização de cada consumidor foi retido, isto é, o número de recursos consumidos em qualquer extensão por cada espécie foi corrigido.

RA3 reteve não somente o grau qualitativo de especialização, mas também as larguras de nicho originais dos consumidores. Não foram geradas eletividades aleatórias. Em vez disso, os conjuntos originais de valores foram rearranjados. Em outras palavras, para cada consumidor, todas as eletividades, seja as de valor zero, seja as de valor não-zero, foram aleatoriamente distribuídas para os diferentes tipos de recursos.

RA4, por sua vez, redistribuiu apenas as eletividades de valor não-zero. De todos os algoritmos, este foi o que mais reteve a estrutura da comunidade original.

Cada um dos quatro algoritmos foi aplicado a cada uma das 10 comunidades. Em cada um destes 40 casos, 100 comunidades de modelo neutro foram geradas, e os 100 valores médios de sobreposição de recursos foram calculados. Se a competição fosse importante na comunidade real, as sobreposições médias deveriam exceder o valor da comunidade real. O modelo neutro será, portanto, considerado como tendo uma média de sobreposição significativamente maior que a comunidade real ($p < 0,05$) se cinco ou menos das 100 simulações derem sobreposições médias menores que o valor real.

Os resultados são mostrados na **Figura 22.4**:

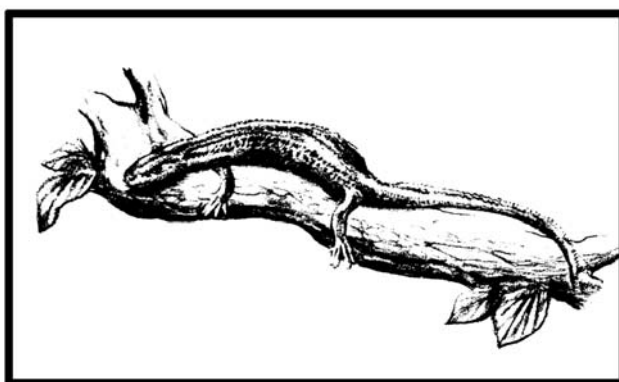
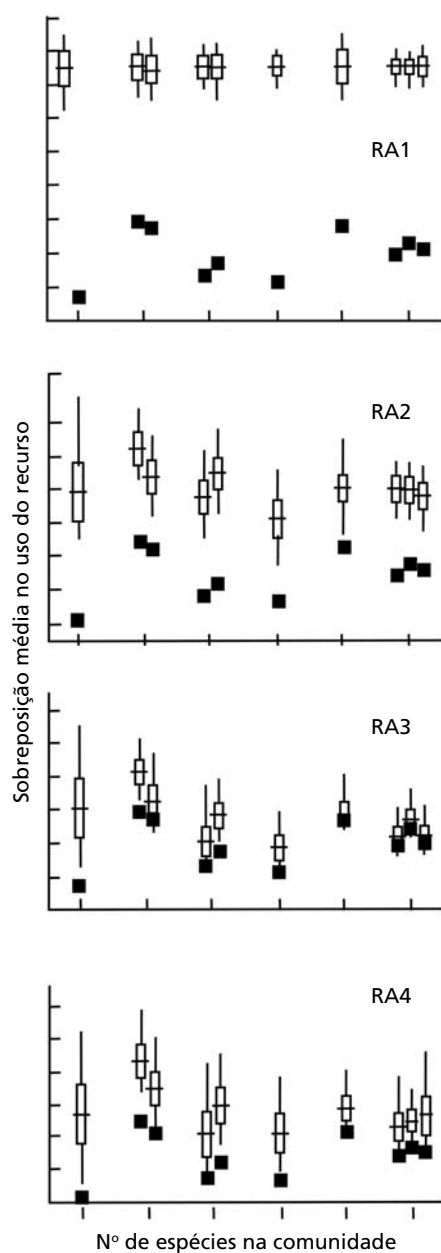


Figura 22.4: Os índices médios de sobreposição de uso de recursos para cada uma das 10 comunidades de lagartos são representados pelos quadrados sólidos. Estes podem ser comparados, em cada caso, com a média (linha horizontal), o desvio padrão (retângulo vertical) e a amplitude (linha vertical) dos valores médios de sobreposição para o conjunto correspondente de 100 comunidades construídas aleatoriamente (baseado em Begon *et al.*, 1990, p. 729).

Aumentar a amplitude dos nichos de todos os consumidores (RA1) resultou nas maiores médias de sobreposição (significativamente maior que a comunidade real). Rearranjar as eletividades de valor não-zero observadas (RA2 e RA4) também resultou sempre em sobreposições médias significativamente mais altas que as observadas na realidade. Com RA3, por outro lado, onde todas as eletividades foram redistribuídas, as diferenças não foram sempre significativas. Mas, em todas as comunidades, o uso de recursos sugere que os nichos estão segregados e que a competição interespecífica desempenha um papel importante na organização da comunidade de lagartos.

O mesmo autor, Lawlor, juntamente com Joern (1980), realizou uma análise similar em uma série de cinco comunidades de gafanhotos de pradarias áridas, considerando a sobreposição de recursos alimentares e de micro-habitat. Em ambos os casos (alimento e micro-habitat), os resultados foram similares: somente a aleatorização completa das taxas de utilização entre todos os estados do recurso (RA1) resultou em valores de sobreposição maiores que os observados. Embora isso possa indicar que existe alguma partilha de recursos nas comunidades reais de gafanhotos, a evidência não é convincente. Talvez esse seja um exemplo de uma comunidade de insetos fitófagos na qual a competição não desempenha papel significativo.

A aplicação dos modelos neutros sofreu várias críticas, porque algumas vezes adotam pressupostos pouco realistas. A seu favor, a abordagem de modelo neutro obriga os pesquisadores a manter o foco, evitando conclusões rápidas. Por outro lado, essa abordagem nunca deve substituir o entendimento detalhado da ecologia de campo das espécies em questão, nem a abordagem experimental para revelar a competição pelo aumento ou redução da abundância das espécies.



ATIVIDADES

3. Por que, no exemplo dos lagartos, menores valores de sobreposição indicariam maior ação da competição?
4. Você compreendeu o que é um modelo neutro? Releia o texto e descreva uma vantagem dessa abordagem.
5. Analise a seguinte frase e escreva sobre ela: "A importância da competição interespecífica na organização da comunidade é fácil de imaginar, mas geralmente difícil de estabelecer". Tente elaborar em que constam os termos "nicho", "teste de hipótese" e "abordagem experimental".

RESPOSTAS COMENTADAS

3. Menores valores de sobreposição indicaram maior ação da competição, porque foram significativamente menores do que o verificado nos modelos neutros, demonstrando que a organização dessas comunidades não é resultado de acaso, e sim de uma força organizadora específica, que, neste caso, é a competição.
4. O modelo neutro, ou modelo nulo, é montado a partir de dados reais, mas com rearranjos aleatorizados, que permitem testar hipóteses específicas. Quanto menos os padrões reais se assemelharem ao do modelo, mais consistentes esses padrões serão. Uma vantagem do modelo neutro é conferir objetividade ao teste de hipótese.
5. Esperamos que você tenha elaborado um pequeno texto em que os termos sugeridos estejam relacionados corretamente.

A INFLUÊNCIA DA PREDÇÃO NA COMUNIDADE

Predadores e herbívoros podem afetar a diversidade de suas presas e hospedeiros na comunidade e, portanto, ditar a organização da comunidade. Quando predadores reduzem populações de presas a quantidades inferiores à sustentável pela capacidade suporte de recursos, reduzem também a competição e promovem a coexistência. Além disso, predação seletiva ou herbivoria sobre competidores superiores pode permitir a espécies mais fracas competitivamente persistirem no sistema.

A atividade dos predadores pode promover diversidade de espécies de, ao menos, dois modos. No primeiro, um predador que sofre declínio da presa principal volta sua atenção para outra mais abundante. Este comportamento libera a primeira presa da pressão de predação e fornece uma oportunidade para sua população se expandir mais rapidamente. Com redução na interação competitiva entre presas, mantida pela predação, pode ocorrer coexistência de presas e a comunidade se tornar mais rica. Outro mecanismo seria o das preferências alimentares. Se um predador prefere o melhor competidor dentre um conjunto de presas competidoras, isso pode liberar a pressão competitiva entre as presas e promover sua coexistência.



ATIVIDADE

6. Analise a tabela, considerando que foi retirado o predador de topo:

Nível trófico	Observações num rio temperado
Plantas (algas)	Aumento de três vezes numa <i>Cladophora</i> e de 120 vezes de <i>Nostoc</i>
Herbívoros (quironomídeos)	Decréscimo de cerca de 80%
Carnívoros primários (insetos, larvas de peixe)	Aumento de cerca de 10 vezes

Responda:

Por que a retirada do predador acarretou redução de 80% das populações de quironomídeos? Volte à Aula 20 e escreva o nome dado ao fenômeno observado nesse rio.

RESPOSTA COMENTADA

A retirada do predador ocasionou aumento das suas populações de presa (carnívoros primários), que, conseqüentemente, passaram a consumir mais quironomídeos. A retirada do predador evidenciou que existia uma regulação de cima para baixo (top-down) nesta comunidade.

DISTÚRPIO E A TEORIA DO NÃO-EQUILÍBRIO

DISTÚRPIO

É qualquer evento que desestruture uma comunidade, alterando a disponibilidade de recursos, de substrato ou o ambiente físico. Note que distúrbios podem ser eventos destrutivos, como incêndios, ou apenas flutuações ambientais mais intensas, como uma seca prolongada.

Voltando ao que foi dito na Introdução, muitos ecólogos não concordam com o modelo de equilíbrio para as comunidades. O ponto central da discordância não é apenas se o equilíbrio é estável ou instável. O problema mais prático relacionado com os modelos de organização de comunidades baseados na teoria do equilíbrio é que esses modelos não podem ser extrapolados para escalas espaciais pequenas, onde, em geral, são estabelecidas as áreas de estudo dos ecólogos de campo.

Dois assuntos dominam a discussão da organização de comunidades em não-equilíbrio: fragmentação e **DISTÚRPIO**. A escala espacial de um sistema é um fator descritivo importante. A proximidade entre diferentes comunidades varia, e as conclusões que se aplicam a uma determinada escala espacial não se aplicarão, necessariamente, a outras. Há cinco escalas espaciais em que os ecólogos atuam:

- 1) Espaço ocupado por uma planta ou animal sésstil, ou a área de vida de um indivíduo animal.
- 2) Comunidade local ocupada por muitos indivíduos de plantas ou animais.
- 3) Região ocupada por muitas comunidades locais ou populações locais ligadas por dispersão (metacomunidades).
- 4) Sistema fechado (se é que isso existe!), ou uma região suficientemente grande para ser fechada à imigração ou emigração.
- 5) Escala biogeográfica, inclusive zonas de diferentes climas e diferentes comunidades.

Numa escala muito pequena, todos os sistemas ecológicos são de vida curta e nunca estarão em equilíbrio. Modelar a dinâmica da comunidade em pequenas escalas espaciais e agregar a dinâmica resultante em uma escala regional é um foco ativo de pesquisa ecológica.

Comunidades ecológicas são não-uniformes, continuamente passíveis de alteração e sujeitas a eventos de mudança ao acaso. Isso não pode ser ignorado pelo ecólogo. Uma ciência tem de ser suficientemente robusta para levar em conta suas realidades. Por isso, trataremos de distúrbio nesta aula. Na teoria de não-equilíbrio, o distúrbio desenvolve um papel-chave. A diferença de foco entre os modelos de equilíbrio e os de não-equilíbrio é instrutiva ao revelar o papel da heterogeneidade temporal nas comunidades.

Entre as forças de distúrbio, estão incluídos terremotos, incêndios, pestes e mesmo a queda de uma gota de chuva. É importante não impor um sentido humano à escala da comunidade estudada; uma gota de chuva pode ser letal para uma plântula frágil (e a morte, sem dúvida, é o maior dos distúrbios!). Muitos autores consideram a predação como um distúrbio, muitas vezes na forma de patógenos e pragas. A introdução de predadores em comunidades onde eles não ocorrem é muitas vezes utilizada, em pequena escala e de forma controlada, como um instrumento de pesquisa para estudos de funcionamento da comunidade.

Outra razão para se enfatizar o distúrbio em uma aula de Ecologia é que nós próprios, humanos, somos fonte de distúrbios particularmente dramáticos na Natureza. Através da agricultura e silvicultura, represamentos, mineração, poluição, lazer e caça, a maioria das comunidades, se não todas no mundo, sofreu distúrbio por ação do

homem. Um dos distúrbios antrópicos considerados mais perniciosos (só perdendo para o desmatamento) é a introdução de espécies exóticas. Veja o caso a seguir.



Introdução de um predador exótico: perigo!

Em um esforço bem intencionado de melhorar a oferta alimentar e a economia local, criando oportunidade para exportação, foi introduzido, em 1954, um peixe de grande porte no lago Vitória, na África sub-saariana, região extremamente pobre e dependente da exploração dos recursos naturais. O peixe em questão é a perca do Nilo (*Lates niloticus*), um peixe exclusivamente piscívoro. Antes da introdução, o lago era povoado principalmente por peixes ciclídeos. Peixes ciclídeos (família do nosso acará) nos lagos africanos são peixes de porte médio a pequeno, que se alimentam de material vegetal ou detritos e que apresentaram uma incrível radiação adaptativa (grande diversificação ecológica ao longo da evolução), alcançando grande número de espécies e impressionantes níveis de especialização nos hábitos alimentares e nas preferências por habitats. Só no lago Vitória, o número de espécies somava 300, e essas espécies sustentavam a pesca artesanal, já um tanto excessiva, dada a alta taxa de crescimento da população humana local. Quando a perca do Nilo foi introduzida, naturalmente começou a alimentar-se dos ciclídeos. Quando um animal come outro, nem toda a energia contida na presa passa para o predador; há perdas, como foi visto em Elementos de Ecologia e Conservação, seja porque parte da presa não é digerida, seja por ineficiência metabólica. Para se manter, a perca passou a comer muitos ciclídeos, o que passou a representar uma forte pressão predatória sobre estes. Além disso, por ser exótica para a comunidade do lago, a evolução dos ciclídeos locais não incluía comportamento de escape à predação. Com isso, o predador simplesmente aniquilou os ciclídeos, destruindo a pesca artesanal local e reduzindo seu próprio alimento, o que começou a comprometer seu próprio valor como espécie explorável para a pesca comercial.

Outros resultados da introdução do peixe exótico transformaram o caso numa comédia trágica de erros. A carne da perca do Nilo não foi apreciada pela população ribeirinha, habituada à textura e ao sabor da carne dos ciclídeos. Além disso, a carne oleosa da espécie exótica não podia ser seca ao sol (como a dos ciclídeos), necessitando de defumação para ser preservada. E como fazer defumação? Cortando as florestas locais, naturalmente. Por ser um peixe de grande porte, a perca do Nilo tem de ser capturada por redes maiores e barcos mais sofisticados do que os que os pescadores artesanais locais tinham para capturar os ciclídeos, e esses pescadores não puderam competir com os pescadores forasteiros, que vieram preparados para uma pesca comercial. Tudo isso acarretou mais pobreza na comunidade local, e, além do mais, a população da perca do Nilo apresenta, desde 1980, mortandade em larga escala, de causas desconhecidas. Como se vê as consequências da introdução de espécies exóticas são frequentemente de longo alcance e imprevisíveis.

A destruição da pesca de subsistência no lago Vitória não foi a única repercussão da introdução da perca do Nilo. Várias evidências sugerem que as propriedades físicas e biológicas fundamentais do lago, tais como distribuição do oxigênio, turbidez, produtividade e a estrutura da comunidade vegetal litorânea, têm se deteriorado dramaticamente desde a introdução da perca do Nilo. É claro que parte dessas mudanças resultou do aumento de nutrientes oriundos do crescimento da população humana à beira do lago, causando aumento da produtividade de algas (processo de eutroficação, que você estudou em Elementos de Ecologia e em Grandes Temas em Biologia). Porém, como grupo, os ciclídeos nativos consumiam uma grande variedade de algas e ocupavam muitos habitats diferentes, que provavelmente resultavam na habilidade de reciclar nutrientes e assim prevenir a eutroficação resultante do aumento da entrada de nutrientes de origem humana. Com a introdução da perca do Nilo e a conseqüente remoção dos ciclídeos, suprimiu-se um dos mecanismos de reciclagem natural, e o processo de eutrofização disparou.

A lição a ser tirada da experiência com a perca do Nilo é que os seres humanos são parte integrante da comunidade (ecológica) do lago Vitória. A pesca local tradicional foi sustentada durante milhares de anos até que a pressão do crescimento populacional e uma oportunidade de pesca de exportação levaram a uma decisão ecologicamente insensata e a um desastre ecológico e econômico àquela região. Daí a importância de pesquisas e estudos ecológicos subsidiarem as tomadas de decisão em situações de uso e manejo de recursos naturais.

No Brasil, a introdução de espécies exóticas vem ganhando algum espaço na mídia, com os problemas causados pela rápida disseminação do mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*) e pelo caramujo gigante africano (*Achatina fulica*). Temos também a situação de peixes predadores como a truta arco-íris (*Onchorhynchus mykiss*), introduzida em rios de várias regiões serranas, e a introdução do tucunaré (*Cichla ocellaris*), que é nativo da Amazônia (neste caso, fala-se de introdução de espécie alóctone, ou seja, trazida de outra bacia ou região), para pesca esportiva, no Pantanal e em vários rios do sudeste. Estudos sobre os efeitos dessas e outras introduções nas comunidades ainda estão em andamento. Programas de Educação Ambiental são necessários para conscientizar a população e as novas gerações dos enormes riscos da introdução de espécies sobre a biodiversidade nativa (parte do texto adaptado de Ricklefs & Miller [1999], páginas 15 a 17).

RELEVÂNCIA DA TEORIA DO NÃO-EQUILÍBRIO PARA O MANEJO ECOLÓGICO

Uma teoria, quando é boa, não somente ajuda a explicar, mas também prediz e pode ser usada para controlar eventos. A teoria do distúrbio (ou do não-equilíbrio) pode embasar modos pelos quais comunidades poderiam ser manipuladas para atingir determinados fins, tais como conservação da Natureza, agricultura e manejo da vida selvagem, além de ajudar a entender problemas como os causados pelo distúrbio da introdução de espécies exóticas (veja box de atenção).

ATIVIDADE FINAL

Esta atividade será um desafio a sua imaginação! Procure ter coerência e aplicar os conceitos que estudamos até aqui. Escolha uma comunidade que você já tenha observado (ou imagine uma) e liste seus principais componentes e processos (teia trófica). Você pode reconhecer as interações existentes? Em qual eixo do nicho as espécies coexistentes estariam tendo sobreposição? Identifique se variações temporais usuais alteram sua estrutura (por exemplo, se você escolheu a comunidade do lago da praça de sua cidade, procure lembrar se ele fica parcialmente seco ao longo do ano ou se transborda em períodos de chuvas intensas). Observando as características do espectro entre comunidades em equilíbrio e em não-equilíbrio, você poderia situar sua comunidade? Pense agora (e escreva) o que seria um distúrbio de média intensidade e um distúrbio catastrófico para sua comunidade.

RESPOSTA COMENTADA

Você deve ter imaginado uma comunidade ou aproveitado, por exemplo, a da teia trófica que você criou para a Aula 20. Muito bem, na sua teia, você tem guildas tróficas e é dentro delas que podemos ver melhor as situações em que o uso dos mesmos recursos pode comprometer a coexistência de espécies. Ou você pode ter escolhido a comunidade de aves de sua vizinhança, e, nesse caso, uma dimensão do nicho facilmente observável é o local de nidificação. Você deve ter percebido que algumas variações temporais estão internalizadas na sua comunidade. O que você definiu como distúrbio catastrófico certamente aniquilou sua comunidade. E o que você imaginou em relação a um distúrbio de média intensidade certamente permitirá que sua comunidade se restabeleça, o que estará indicando que é uma comunidade estável, no sentido de resiliência, conceito apresentado na Aula 16 e que você verá com detalhe nas Aulas 25 e 28.

RESUMO

Vimos que existem duas formas de encarar as comunidades locais: como estando em equilíbrio ou em não-equilíbrio, sendo que os dois extremos são abstrações, e as comunidades reais apresentam características de pontos intermediários entre eles. Essa oposição de idéias é útil para evidenciar a heterogeneidade ambiental como um fator importante para a estrutura da comunidade. O nicho multidimensional mostrou-se um conceito importante para representar os requisitos físicos e bióticos de uma espécie e para compreender os mecanismos de coexistência de várias espécies numa comunidade quando utilizam os mesmos recursos. A competição foi, durante muito tempo, considerada um fator da maior importância na organização de comunidades em equilíbrio. Hoje, mais rigor metodológico é exigido, e a abordagem experimental e modelos nulos vêm sendo utilizados para testar seu papel. A predação também pode atuar como reguladora dos tamanhos populacionais numa comunidade em equilíbrio, mas seu papel têm sido considerado o de um distúrbio em comunidades de não-equilíbrio. Um distúrbio pode variar de intensidade, frequência e duração, e é necessário observar a escala de sua atuação em função da comunidade em estudo. Dado sermos responsáveis por dramáticos distúrbios ditos antrópicos, os estudos que envolvem a resposta das comunidades a distúrbios são de grande relevância para atividades de prevenção, conservação e restauração de ecossistemas.

INFORMAÇÃO SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, vamos sair da esfera local e inserir nossa comunidade numa escala regional.

Gradientes latitudinais em foco

AULA

23

Meta da aula

Apresentar as hipóteses relativas à influência de fatores históricos e regionais na organização das comunidades, procurando discutir os conceitos de diversidade alfa, beta e gama; e as hipóteses existentes sobre a questão dos padrões latitudinais de diversidade.

objetivos

Ao final desta aula, é esperado que você seja capaz de:

- Reconhecer, em estudos de caso apresentados, a influência de fatores locais, regionais e históricos na organização das comunidades.
- Empregar, em exemplos, o conceito de diversidade alfa, beta e gama.
- Apresentar algumas das hipóteses propostas para explicar padrões latitudinais de diversidade.

Pré-requisitos

Aulas 15, 16, 17, 18, 19, 20 e 22.

INTRODUÇÃO

ESPECIAÇÃO

É o surgimento de uma ou mais espécies a partir de um único estoque.

A biodiversidade reflete um amplo conjunto de processos locais, regionais e históricos, além de eventos que operam em diferentes escalas temporais e espaciais. A diversidade local depende das taxas locais de extinção (causadas por predadores, doenças, exclusão competitiva ou por distúrbios imprevisíveis, causando instabilidade ambiental); e do processo de seleção de habitats, que faz com que espécies, do conjunto regional de espécies, colonizem as diferentes comunidades locais. A seleção de habitats conecta as diversidades local e regional devido à especialização das espécies a determinados habitats. Por sua vez, a quantidade de espécies, no nível regional, aumenta através de **ESPECIAÇÃO** e da imigração, e pode diminuir por processos de extinção maciça. Embora os ecólogos, durante muito tempo, tenham se concentrado em processos contemporâneos e locais, atualmente estão procurando compreender os processos globais e históricos e, para isso, estão se aproximando de assuntos relacionados à sistemática, à evolução, à biogeografia e à paleontologia.

FATORES REGIONAIS E HISTÓRICOS

Até o final dos anos 50, os ecólogos viam a diversidade de espécies como um fenômeno regional representando o produto de eventos históricos. Esta é referida como a visão *regional/histórica* da riqueza de espécies. Posteriormente, os ecólogos começaram a questionar como as interações entre populações, tais como competição e predação, afetavam a diversidade de espécies. Isto deu origem à visão *local/determinística*, na qual interações locais, que tendem a reduzir a diversidade através de exclusão competitiva e extinção, são contrabalançadas por processos regionais que aumentam a diversidade através de especiação e migração, mantendo um tipo de *equilíbrio*.

O pensamento do equilíbrio dominou teorias de diversidade por aproximadamente 30 anos. A abordagem mais recente da interação entre processos regionais e locais, junto com o reconhecimento da importância de fatores como distúrbio e história evolutiva na estrutura da comunidade, revitalizou a perspectiva regional/histórica. O objetivo dos ecólogos hoje é entender como os fatores operam em hierarquias de escalas de tempo e espaço na organização das comunidades.

DIVERSIDADE ALFA, BETA E GAMA

A diversidade pode ser medida em diferentes níveis espaciais. A diversidade local é chamada diversidade alfa e corresponde ao número de espécies numa área pequena e homogênea. A diversidade regional é chamada de diversidade gama e corresponde ao número total de espécies observado em todos os habitats, dentro de uma área geográfica, na qual os organismos possam dispersar sem grandes dificuldades. Se todas as espécies ocorressem em todos os habitats de uma região, as diversidades alfa e gama seriam iguais. Porém, se o conjunto de espécies de cada habitat ou comunidade local for composto por espécies distintas, a diversidade regional seria a soma das locais. Na verdade, em geral, há espécies comuns e espécies exclusivas quando comparamos diferentes habitats. A diversidade beta representa a diferença entre os dois conjuntos. Quanto maior a diversidade de espécies entre os habitats, maior a diversidade beta. Uma forma de se calcular a diversidade beta é dividir o número de habitats de uma região pelo número médio de habitats ocupados por espécie. Ou seja, se todas as espécies ocupassem todos os habitats, a diversidade beta seria igual a 1,0. Conforme aumenta a especialização em habitats, ou seja, as espécies ocupam só determinados habitats, aumenta a diversidade beta. Assim, a diversidade regional (gama) é igual à diversidade local (alfa) vezes a diversidade beta.

ATIVIDADE



1. Em um riacho, podemos observar vários habitats abrigando conjuntos de espécies de macroinvertebrados aquáticos. Dadas as **Tabelas 23.1 e 23.2**, calcule os valores da diversidade gama e beta.

Tabela 23.2: Distribuição da diversidade alfa pelos habitats do riacho

Habitats	Rocha	Remanso	Correnteza	Areia	Cascalho	Folhiço
Diversidade alfa	4	8	5	3	2	10

Tabela 23.3: Distribuição do número de habitats por espécie

Espécies	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Habitats	6	2	2	2	5	4	2	2	5	2

RESPOSTA COMENTADA

A diversidade beta é representada pelo número de habitats de uma região dividido pelo número médio de habitats ocupados por espécie, logo: $6 / 3,2 = 1,875$. A diversidade gama deve coincidir com a média das diversidades alfa vezes a diversidade beta, logo, $32/6 = 5,3333$ (média das diversidades alfa) $5,3333 \times 1,875 = 10$ espécies.

Na **Tabela 23.3** é apresentada a planilha de dados originais, para você reconhecer a fonte das tabelas que utilizou.

Tabela 23.1: Distribuição das espécies de macroinvertebrados aquáticos pelos habitats de um riacho

Habitats/ Espécies	Rocha	Remanso	Correnteza	Areia	Cascalho	Folhiço
A	x	x	x	x	x	x
B		x				x
C				x		x
D		x				x
E	x	x	x		x	x
F	x	x	x			x
G		x				x
H		x				x
I	x	x	x	x		x
J			x			x

Segundo MacArthur *et al.* (1966), quando muitas espécies coexistem numa mesma região, cada uma ocorre em relativamente poucos tipos de habitats. Mudanças na diversidade gama geralmente resultam de mudanças paralelas na diversidade alfa e beta. Esta relação tem sido mais cuidadosamente notada em comparações de ilhas e regiões continentais, nas quais se pode examinar a amplitude de diversidade de espécies (resultantes de diferentes graus de isolamento geográfico) no conjunto de amplitudes das condições físicas.

Há longo tempo se sabe que ilhas contêm menos espécies que pedaços comparáveis de continente. Sabe-se, também, que o número de espécies de uma ilha aumenta quanto maior for a ilha. Tal *relação espécie-área* foi observada para vários organismos em diferentes ilhas.

“Ilhas” não precisam ser, necessariamente, ilhas de terra em um mar de água. Lagos são ilhas em um “mar” de terra; topos de montanha são ilhas de altitude em um oceano de baixa altitude; clareiras em uma

floresta onde árvores caíram são ilhas em um mar de árvores e pode haver, ainda, ilhas de tipos geológicos, de solo ou de vegetação específicos em um mar de tipos distintos. Relações espécie-área podem ser igualmente perceptíveis nesses tipos de ilhas. E, além disso, relações espécie-área não são restritas a ilhas. Elas podem também ser vistas quando comparamos números de espécies ocupando áreas arbitrárias de diferentes tamanhos da mesma região geográfica. Essas relações geraram o uso da curva do coletor, vista na Aula 19, sobre estrutura da comunidade.

Há dois tópicos importantes a serem abordados na teoria de biogeografia de ilhas.

Diversidade de habitats: provavelmente a razão mais óbvia pela qual áreas maiores contêm mais espécies é que áreas maiores tem mais tipos diferentes de habitats. Se considerarmos relações insetos-plantas, argumenta-se que plantas com distribuição ampla vivem em uma ampla variedade de habitats. Por conseguinte, isso oferece uma ampla variedade de habitats também a seus insetos fitófagos. Outro argumento é que plantas com arquitetura complexa suportariam mais insetos que plantas simples.

Teoria de MacArthur & Wilson (1967): a essência desta teoria de biogeografia de ilhas diz que o número de espécies em uma ilha é determinado pelo balanço entre imigração e extinção e que este balanço é dinâmico, com espécies continuamente sendo extintas e sendo substituídas (através de imigração) pelas mesmas ou por espécies diferentes. A teoria faz as seguintes previsões:

- o número de espécies em uma ilha deve se tornar aproximadamente constante ao longo do tempo;
- isto deve ser resultado de uma substituição contínua de espécies, com algumas sendo extintas e outras imigrando;
- ilhas grandes devem sustentar número maior de espécies que ilhas pequenas;
- o número de espécies deve declinar em função da distância entre ilha e continente.

A teoria de biogeografia de ilhas, por sua capacidade de fazer previsões, teve uma profunda influência em ecologia da conservação, como você verá discutido na Aula 28. Ao relacionar o conjunto de espécies da ilha a um conjunto regional de espécies, que potencialmente podem migrar para ela, estabelece-se a influência da escala regional na estrutura das comunidades locais.

Fatores que causam gradientes de diversidade

Há sete hipóteses para explicar as causas do gradiente polar-tropical de riqueza de espécies. Esse gradiente envolve propriedades complexas das comunidades e não pode ser explicado por um único fator causal. Muitas causas interagiram, por longo tempo evolutivo e ecológico, para produzir as comunidades que vemos hoje. Frente a qualquer padrão de gradiente de diversidade, devemos nos perguntar quais das sete hipóteses estão envolvidas e quais as mais importantes nesta situação em particular.

1. Histórico

Esta idéia, proposta principalmente por zoogeógrafos e paleontologistas, é uma hipótese histórica, com dois componentes principais. *Primeiro*: a biota nos trópicos quentes e úmidos provavelmente evoluiu e diversificou mais rapidamente que nas regiões temperadas e polares. Isto foi causado por um ambiente favorável constante e relativamente livre de desastres climáticos, como a glaciação. *Segundo*: diversidade biótica é um produto da evolução e, portanto, é dependente do intervalo de tempo através do qual a biota pôde se desenvolver de forma ininterrupta. Todas as comunidades se diversificam com o passar do tempo e as mais antigas, conseqüentemente, têm mais espécies que as mais novas. Este fator (história) pode operar numa escala de tempo ecológica ou numa escala de tempo evolutiva. A escala de tempo ecológica é mais curta, operando sobre poucas gerações ou poucas dezenas de gerações. Tempo ecológico envolve situações nas quais uma dada espécie poderia ocupar um ambiente de forma ampla, mas não tendo tempo para dispersar. A escala de tempo evolutiva é mais longa, operando sobre centenas e milhares de gerações. Tempo evolutivo se aplica a casos onde existe um nicho disponível na comunidade, mas não foi ocupado porque o tempo foi insuficiente para a ocorrência de especiação e evolução.

O lago Baikal, na Rússia, é um exemplo notável do papel do tempo em gerar diversidade de espécies. É um lago antigo, um dos mais velhos de mundo, situado em zona temperada e contém uma fauna muito diversa. Por exemplo, contém 580 espécies de invertebrados bentônicos em águas profundas, contra apenas quatro de um lago no norte do Canadá que sofreu glaciação.

Alguns dados paleontológicos sustentam a premissa de que a diversidade de espécies aumenta com o tempo geológico. No entanto, não podemos esquecer que a diversidade de uma comunidade é função não só da taxa de adição de espécies, mas também da taxa de perda de espécies através de extinção ou emigração. Comparados com comunidades polares, os trópicos poderiam ter, simultaneamente, uma taxa mais rápida de evolução e uma mais baixa de extinção, levando a uma maior diversidade de espécies. Se aceitarmos essa hipótese, topamos com outro problema. Por que, nos trópicos, a taxa de evolução seria mais rápida e a de extinção mais baixa? O fator histórico só pode atuar através de um ou mais dos outros fatores ecológicos que atuam sobre a diversidade.

A hipótese histórica sugere que a riqueza de espécies nunca alcança um limite e continua crescendo ao longo do tempo. Não se sabe se esta é uma interpretação correta ou não do registro fóssil. Por ser um fator tão difícil de testar, deveríamos utilizá-lo somente depois de esgotar as hipóteses mais simples para explicar a biodiversidade.

Pelo fato de frequentemente envolver escala de tempo geológico e de ser o menos adequado à experimentação direta, o fator histórico é o de mais difícil acesso dos sete fatores causais propostos, como você verá a seguir.

2. Heterogeneidade espacial

Será que heterogeneidade espacial causa mais diversidade? E teríamos maior heterogeneidade nos trópicos? No esquema hipotético A, a alta diversidade tropical seria explicada por alta diversidade beta, ou seja, por diversidade entre habitats. Já pelo esquema hipotético B, a riqueza de espécies tropicais seria causada pela alta diversidade alfa, ou seja, pela diversidade dentro do habitat.

Esquema hipotético A	Região temperada	Região tropical
Número de espécies por habitat	10	10
Número de habitats diferentes	10	50

Esquema hipotético B	Região temperada	Região tropical
Número de espécies por habitat	10	50
Número de habitats diferentes	10	10

Para aves terrestres do Equador, há mais espécies por habitat e mais habitats por unidade de área, como sugerido pelo esquema de Mac Arthur (1965) nas tabelas anteriores. Em florestas tropicais a diversidade

estrutural (vários estratos verticais) é alta e parece comportar maior diversidade de aves. Em áreas abertas, a estrutura vertical da vegetação não parece tão importante, mas sim a estrutura horizontal ou grau de agregação em manchas. A hipótese da heterogeneidade, no entanto, não faz sentido em todos os ambientes. O gradiente polar-tropical nos oceanos, por exemplo, não pode ser explicado por essa hipótese.

3. Competição

Muitos naturalistas argumentam que a seleção natural nas regiões polares e temperadas atua, principalmente, pelos fatores físicos do ambiente, enquanto nos trópicos atuaria mais pelos fatores biológicos, como competição e predação. Você se lembra da aula anterior, quando discutimos nicho ecológico?

ATIVIDADE



2. Volte à **Figura 22.3** e observe os gráficos em **22.3.c** e **22.3.d**. Você considera que esses gráficos podem ser utilizados para explicar maior diversidade nos trópicos? Por que?

RESPOSTA COMENTADA

*Considerando uma comunidade local à qual chegam mais espécies, estas tendem a competir e os nichos podem se sobrepor ou se especializar para evitar a exclusão competitiva. Dados empíricos, em vários grupos animais e vegetais, demonstram que nos trópicos ocorre grande especialização, ou seja, as amplitudes de nicho são menores, como mostrado na **Figura 22.3.d**. Também há exemplos em vários grupos demonstrando sobreposição de nichos (**Figura 22.3.c**), ou seja, a utilização de vários recursos em comum.*

4. Predação

Paine (1966), que já conhecemos nas Aulas 12 e 22, argumenta que há mais predadores e parasitas nos trópicos que em outras regiões, e que eles mantêm as populações de suas presas em níveis tão baixos, que a competição entre os organismos-presa é reduzida. Esta competição reduzida permite a adição de mais espécies-presa, as quais, por sua vez, sustentam novos predadores, resultando em novo aumento da diversidade. Assim, ao contrário do proposto no item anterior, haveria menos competição entre presas animais nos trópicos!

Na verdade, predação e competição podem ser complementares em seus efeitos sobre a diversidade de espécies. A competição pode ser mais importante em manter alta diversidade entre parasitas e predadores, enquanto o processo de predação pode ser mais importante entre herbívoros. Sobreposto a estes efeitos, há outro padrão: em comunidades complexas, com muitas espécies, predação parece ser a interação mais efetiva, enquanto em comunidades simples a competição é a interação dominante.

5. Clima e variabilidade climática

O princípio da estabilidade ambiental afirma que quanto mais estáveis os parâmetros climáticos e mais favorável o clima, mais espécies estarão presentes. De acordo com esta idéia, regiões com climas estáveis permitem a evolução de especializações e adaptações mais finas do que as regiões com clima instável. Isto resulta em nichos menores e mais espécies ocupando cada unidade de espaço do habitat. Espécies seriam mais flexíveis em climas temperados e mais especializadas nos trópicos.

6. Produtividade

A hipótese da produtividade em sua forma mais simples afirma que a maior produção resulta em maior diversidade. Ou seja, ambientes mais produtivos teriam mais energia disponível para sustentar mais espécies. Os dados disponíveis não parecem sustentar essa idéia, que foi proposta por Connell e Orians (1964), com base no fator de estabilidade climática descrito anteriormente. Um argumento de Orians (1969) é que a produção primária estável permite que aves frugívoras obrigatórias, como os papagaios, só existem nos trópicos, onde a produção contínua de frutos permitiu a expansão e diversificação desse grupo de aves. Por outro lado, há vários sistemas altamente produtivos como pradarias, em que a diversidade é baixa.

7. Distúrbio

Se as comunidades existissem em equilíbrio e o mundo fosse espacialmente uniforme, a exclusão competitiva seria a regra e cada comunidade seria dominada por umas poucas espécies, boas competidoras. Mas se as comunidades existem num estado de não-equilíbrio, essa situação é evitada. Uma grande variedade de fatores pode evitar a situação de equilíbrio competitivo: predação, herbivoria, flutuação de fatores físicos, catástrofes como incêndios etc. A qualquer desses fatores podemos chamar distúrbio, como vimos na Aula 22. Quando distúrbios ocorrem muito freqüentemente, espécies com baixas taxas de crescimento se extinguem.

Quando distúrbios são raros, o sistema entra em equilíbrio competitivo e espécies com baixo poder de competição são perdidas. Entre essas duas situações, há um nível intermediário de distúrbio que maximiza a biodiversidade. Essa idéia foi chamada por seu idealizador, Connell (1978), como “hipótese do distúrbio intermediário”. Gradientes latitudinais podem ser explicados por esta hipótese? Bem, não há evidências de que distúrbios sejam mais freqüentes em regiões tropicais do que em regiões temperadas, mas a hipótese poderia ser aplicada se populações tropicais apresentarem baixas taxas de crescimento e baixa taxa de deslocamento competitivo.

O distúrbio pode operar também numa escala local para produzir manchas sujeitas à sucessão, por exemplo, uma grande árvore caindo numa floresta chuvosa. Nesta área, espécies de estágios iniciais e tardios de sucessão (você viu este assunto em Elementos de Ecologia e ele será retomado na próxima aula) estarão ocorrendo próximas e evidenciando aumento da diversidade. É claro, no entanto, que só numa escala local. Na escala regional, as espécies de estágios iniciais e avançados da sucessão já são englobados.

Distúrbios nem sempre produzem os padrões preditos pela hipótese do distúrbio intermediário. Herbívoros podem aumentar ou diminuir a diversidade de plantas, dependendo das preferências alimentares dos herbívoros e das habilidades competitivas das plantas.

RESUMO

A biodiversidade reflete um amplo conjunto de processos locais, regionais e históricos, além de eventos que operam em diferentes escalas temporais e espaciais. Uma visão regional/histórica foi substituída nos anos 60 pela visão local/determinística que centralizava as interações como principais forças organizadoras da comunidade. Após 30 anos, chega-se a uma abordagem em que processos locais e regionais interagem, junto com o reconhecimento da importância de fatores como distúrbio e história evolutiva na estrutura da comunidade, revitalizando a perspectiva regional/histórica. O objetivo dos ecólogos, hoje, é entender como os fatores operam em hierarquias de escalas de tempo e espaço na organização das comunidades.

A diversidade pode ser medida em diferentes níveis espaciais. A diversidade local é chamada diversidade alfa e corresponde ao número de espécies numa área pequena e homogênea. A diversidade regional é chamada de diversidade gama e corresponde ao número total de espécies observado em todos os habitats dentro de uma área geográfica, na qual os organismos possam dispersar sem grandes dificuldades. A diversidade beta representa a diferença entre os dois conjuntos. Quanto maior a diversidade de espécies entre os habitats, maior a diversidade beta.

Os fatores propostos como explicativos para o gradiente latitudinal são resumidos no quadro seguinte:

FATOR	EXPLICAÇÃO
1. Histórico	Mais tempo, permite colonização mais completa e evolução de novas espécies.
2. Heterogeneidade espacial	Habitats física e biologicamente complexos e disponibilizam mais nichos.
3. Competição	a) a competição favorece redução da amplitude de nicho. b) a exclusão competitiva elimina espécies.
4. Predação	Predação retarda a exclusão competitiva.
5. Clima e variabilidade climática	Condições climaticamente favoráveis permitem mais espécies. A estabilidade permite especialização.
6. Produtividade	A riqueza é limitada pela partilha da produção entre as espécies.
7. Distúrbio	Distúrbios moderados retardam a exclusão competitiva.

ATIVIDADES FINAIS

1. Estabeleça as diferenças entre a visão local/determinística e a visão regional/histórica.

2. Em ilhas, a diversidade regional varia com seu tamanho. Veja os dados de diversidade beta e gama de aves em duas ilhas tropicais de tamanhos distintos na **Tabela 23.4** e comente.

Tabela 23.4: Valores de diversidade de aves em duas ilhas tropicais

Diversidade/Ilha	Alfa (média)	Beta	Gama
Menor	11,9	1,68	20
Maior	21,4	2,62	56

3. Considere as sete hipóteses propostas para explicar os gradientes latitudinais. Você acha que são independentes? É possível escolher a mais provável? Justifique.

RESPOSTA COMENTADA

A principal diferença é que enquanto a visão regional/ histórica preocupa-se com a especiação, a filogenia e a biogeografia na organização da comunidade, a visão local/determinística enfoca apenas as interações, como competição e predação, levando à extinção algumas espécies repostas, por imigração, a partir de um pool regional.

A tabela mostra que a diversidade beta, nesse caso, é alta, o que indica maiores diferenças entre os habitats e, portanto, maior especialização, com mais espécies exclusivas.

As hipóteses não são independentes, dependem umas das outras. Devido à multiplicidade e interligação dos fatores, não é possível selecionar apenas um, mas sim verificar a influência particular de cada um, a cada caso.

INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, você verá como a comunidade se modifica no tempo. É o processo que chamamos de sucessão.

Comunidades no tempo: sucessão e dinâmica

AULA 24

Meta da aula

Apresentar os conceitos de sucessão ecológica e de mudanças cíclicas em comunidades e discutir os diversos modelos existentes que descrevem como estes processos operam, apontando mecanismos causais das mudanças em comunidades ao longo do tempo. Finalmente, indicar como essa conceituação se aplica à recuperação de áreas degradadas.

objetivos

Esperamos que, após o estudo do conteúdo desta aula, você seja capaz de:

- Definir os conceitos de mudança sucessional e mudança cíclica em comunidades ecológicas.
- Descrever os principais modelos de sucessão ecológica.
- Apontar os principais mecanismos que causam mudanças nas comunidades.
- Perceber as possíveis aplicações do conceito de sucessão na solução de problemas práticos referentes à recuperação de vegetações degradadas.

Pré-requisitos

Para esta aula, é importante que você retome a disciplina Elementos de Ecologia e Conservação (especialmente o Módulo 1, Aula 13, e o Módulo 2, Aula 22). No presente módulo, a Aula 16, que introduz o tema de Ecologia de Comunidades, e a Aula 22, que trata de interações, apresentam também conceitos que serão úteis ao longo desta aula.

INTRODUÇÃO

Sucessão ecológica, na disciplina Elementos de Ecologia e Conservação, foi apresentada como um processo que envolve mudanças na estrutura das espécies e nos processos da comunidade ao longo do tempo e, também, como o desenvolvimento de ecossistemas. O processo de sucessão foi tratado, então, com ênfase na perspectiva ecossistêmica. Nesta aula, examinaremos este processo principalmente sob a ótica da ecologia de comunidades.

Desta maneira, cabe lembrarmos o conceito de comunidade ecológica que apresentamos na Aula 16: *comunidades são coocorrências de espécies, que interagem em menor ou maior intensidade e frequência entre si e formam um conjunto heterogêneo de manchas no espaço, mas que resultam numa fisionomia geral homogênea e identificável*. Logo, estaremos tratando de sucessão, primeiramente, à luz das interações entre espécies (já vistas na Aula 22) e, em segundo lugar, quanto à heterogeneidade de manchas no espaço. O enfoque principal incidirá sobre as plantas, já que a maior parte dos estudos sobre dinâmica de comunidades foi feita com este grupo, mas os mesmos princípios se aplicam a animais e a microorganismos.

COMUNIDADES MUDANDO AO LONGO DO TEMPO

As mudanças que ocorrem nas comunidades ao longo do tempo podem se dar de forma direcional ou não-direcional. As mudanças direcionais são chamadas sucessão, enquanto as não-direcionais são chamadas mudanças cíclicas. O estudo desses dois tipos de mudanças é chamado por alguns *dinâmica de comunidades*.

A sucessão se dá por meio de mudanças progressivas na composição de espécies da comunidade. São reconhecidos dois tipos de sucessão: a chamada sucessão primária se dá quando espécies começam a ocupar uma área recém-formada, nova; já a sucessão secundária é mais prontamente observável e se dá no interior de vegetações já existentes, em resposta a **DISTÚRBIOS** naturais ou antrópicos.

Um exemplo típico de sucessão primária é o caso que se verifica em manguezais. Movimentos de maré ou de correntes marinhas começam a depositar sedimentos em trechos da fronteira solo-água, formando um novo terreno sobre o qual, num momento inicial, nenhuma planta ainda se instalou. Com o passar dos dias, começam a chegar propágulos (sementes ou mesmo plântulas inteiras) trazidos pelo mar, que se fixam sobre esse novo terreno. Estas primeiras plantas dão início à chamada sucessão primária no local em questão.

DISTÚRPIO

Fator não cíclico que gera mudanças físicas ou estruturais na comunidade, que desencadeiam um processo de sucessão secundária. Este fator pode ser natural (de ordem biótica ou abiótica) ou antrópico. Dependendo da magnitude do distúrbio, este pode vir a receber outras denominações como *perturbação* ou *catástrofe*.

Já exemplos de sucessão secundária são mais comumente vistos por qualquer um de nós. Por exemplo, numa mata qualquer, se algum trecho é desmatado pelo homem, ou sofre incêndio, ou ainda tem uma morte natural de plantas, tão logo se dê o distúrbio, novas plantas começam a se instalar nas áreas modificadas, dando início à chamada sucessão secundária. Derivam disso os termos, hoje muito em voga, “mata primária” e “mata secundária”. Uma mata primária seria aquela onde não houve intervenção humana ou, na escala de tempo do observador, grandes distúrbios naturais. As chamadas matas secundárias são aquelas cujas plantas são oriundas de um processo de sucessão secundária gerado por distúrbio natural ou antrópico.

As mudanças cíclicas normalmente se dão em escalas de tempo mais curtas que as mudanças sucessionais e se repetem regularmente ao longo de toda a comunidade. Estes eventos cíclicos são parte da dinâmica interna da comunidade, e não da sucessão. Florestas tropicais são ótimos exemplos de comunidades sujeitas a mudanças cíclicas. Observando-se o solo florestal, este pode ser visto como um mosaico de manchas de luz de diferentes tamanhos e intensidades. Grandes manchas de luz se localizam em trechos onde uma grande árvore tenha caído após morrer naturalmente, por exemplo. Pequenas áreas para a entrada de luz podem se formar a partir da queda natural de um galho de árvore. Em outros pontos, a sombra é profunda, e praticamente nenhuma luz chega ao solo. Ora, onde hoje há sombra profunda, a queda de um galho amanhã pode permitir a entrada de luz; onde caiu um galho, outro cresce, sombreando o ponto no solo anteriormente iluminado; e, onde caiu uma árvore, outra pode vir a crescer e novamente sombrear aquela grande clareira. Estas mudanças internas são cíclicas, e não sucessionais, por não implicarem necessariamente sobre mudanças na composição de espécies ao longo do tempo. Portanto, é correto dizer, comunidades como esta, que, em determinada escala de tempo de observação, *“por mais que as coisas mudem, mais elas continuam as mesmas”*. Em outras palavras, estas pequenas mudanças não implicam grande alteração fisionômica ou de composição de espécies.

Talvez um dos fatores que mais gerem dúvidas na hora de se definir se determinado processo é sucessional ou cíclico seja, justamente, a escala de tempo. Uma mesma comunidade deve ter tido, por vezes num passado distante, uma fase de sucessão primária que, com o

avanço direcional gerado pela sucessão secundária, chegasse à fase que Clements chamava *Clímax*. Nesta fase, conforme explicado na Aula 16, podem se dar mudanças cíclicas, de tal forma que “*por mais que as coisas mudem, mais elas continuam as mesmas*”. Este ponto no tempo, em geral, é quando a comunidade atinge a chamada estabilidade, tema da próxima aula.

ATIVIDADE



1. No Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, no norte fluminense, existe uma vegetação de restinga que consiste num mosaico de moitas, ou ilhas de vegetação. Estas moitas são pequenas ou grandes e ficam ilhadas por se apresentarem cercadas por areia nua por todos os lados. As pesquisas do meu laboratório mostraram que: 1) as moitas pequenas são dominadas, na sua grande maioria, por uma pequena palmeira chamada *Allagoptera arenaria* (guriri); 2) as moitas grandes são dominadas, na sua grande maioria, por uma árvore chamada *Clusia hilariana* (clúsia); 3) moitas pequenas dão origem a moitas grandes, uma vez que a clúsia não germina na areia nua, exposta ao sol, e pode germinar sob a sombra do guriri; 4) quando a clúsia morre em moitas grandes, estas podem dar origem a várias moitas pequenas. Como você chamaria este processo que se dá na restinga de Jurubatiba: sucessão primária, secundária ou mudança cíclica? Justifique.

RESPOSTA COMENTADA

Trata-se de um caso de mudança cíclica. Num mesmo momento no tempo, tem-se lado a lado: areia nua, moita de guriri, moita de clúsia. Com o tempo, um dado trecho de areia nua pode ter se tornado uma moita de guriri, enquanto uma moita de guriri pode ter se tornado uma de clúsia, e uma de clúsia, com a morte desta, pode ter dado origem a várias moitas de guriri, ou mesmo areia nua. A resultante é a mesma composição de espécies e a mesma fisionomia, ou seja, a mudança é cíclica, e não direcional.

SUCESSÃO E O PAPEL DAS INTERAÇÕES: OS MODELOS DE CONNELL & SLATYER E O MODELO DE LAWTON

Connell e Slatyer (ver Boxe Explicativo) são dois pesquisadores norte-americanos que, em 1977, propuseram que a sucessão ecológica em vegetações poderia operar por um de três modelos. Qual dos modelos viria a ser determinante dependeria da vegetação em questão. Os modelos propostos por eles foram os seguintes: modelo de facilitação, modelo de tolerância e modelo de inibição.

No *modelo de facilitação*, as primeiras plantas a ingressarem na comunidade (as chamadas “pioneiras”) tamponariam o terreno a variações climáticas e intempéries e, assim sendo, criariam condições para que outras plantas mais sensíveis a ambientes abertos (as chamadas “secundárias” e “tardias”) ingressassem na comunidade. Logo, a interação ecológica estruturadora da comunidade, neste modelo, seria a facilitação.

No *modelo de tolerância*, os autores acima partem do princípio de que o aumento do número de espécies que se dá com a sucessão na comunidade gera um aumento da competição por recursos. Contudo, as plantas pioneiras seriam menos tolerantes à redução na disponibilidade de recursos do que as plantas secundárias ou tardias. Assim, por conta de sua maior tolerância, as plantas secundárias e tardias permaneceriam substituindo as pioneiras. Logo, a interação ecológica estruturadora da comunidade, neste modelo, seria a competição.

No *modelo de inibição*, as espécies pioneiras seriam naturalmente resistentes à invasão de competidores, continuamente inibindo ou excluindo colonizadores secundários ou tardios. Somente a partir do instante em que estas pioneiras morressem, o que se daria por efeito de distúrbio, é que colonizadores secundários ou tardios poderiam invadir e/ou colonizar a comunidade em questão. Logo, a interação predominante aqui seria novamente a competição, com um forte papel desempenhado pelos distúrbios.

Talvez a principal semelhança entre os três modelos seja o fato de todos eles pressuporem a importância das interações planta-planta na sucessão, na estruturação e na dinâmica de comunidades. Portanto, plantas ocorreriam num padrão de distribuição tal na comunidade e influenciariam os desempenhos umas das outras em termos de

sobrevivência, crescimento e reprodução. Mais que isso: conforme visto nas aulas anteriores, tais interações entre plantas podem ser de competição, de facilitação, ou até neutras.

O único equívoco inicial na apresentação desses modelos é que eles, de certa forma, foram tratados de maneira implícita como mutuamente excludentes, ou seja, se ocorrer um, não ocorrerá o outro. Para isso ser verdadeiro, seria necessário que as interações entre plantas vizinhas fossem de um só tipo, o que raramente se dá na Natureza. Por exemplo, uma dada planta pode ser beneficiada pela sombra de um vizinho (facilitação) que, ao mesmo tempo, a limite em termos de uso de recursos subterrâneos (competição). Logo, o mais provável é que os três modelos possam se verificar simultaneamente numa mesma comunidade vegetal, ainda que um seja predominante em relação ao(s) outro(s). Pouco tempo depois do lançamento dos três modelos, os seus próprios autores já admitiam o fato de os três poderem ter ocorrência simultânea ou lado a lado.

Um quarto modelo seria proposto por Lawton (ver Boxe Explicativo) em 1987: o modelo da *colonização aleatória*. Este modelo prevê a ausência de interações de facilitação e de competição e propõe que a sucessão envolve somente a sobrevivência, ao acaso, de diferentes espécies e a colonização, também ao acaso, de novas espécies.

Além de Warming, Clements e Gleason, já apresentados na Aula 16, eis aqui mais alguns nomes e datas importantes referentes aos estudos sobre sucessão:

1977: Joseph H. Connell e Ralph O. Slatyer, pesquisadores norte-americanos, propõem os três modelos de sucessão: facilitação, tolerância e inibição.

1987: John H. Lawton, pesquisador britânico, propõe o modelo de sucessão por colonização aleatória.

ATIVIDADE



2. Nós apresentamos os modelos de sucessão por facilitação, inibição, tolerância e colonização aleatória. Para cada um dos quatro, quais são os mecanismos que determinam o subsequente estabelecimento e substituição de espécies?

RESPOSTA COMENTADA

No modelo de facilitação, a substituição de espécies é facilitada pelas espécies dos estágios anteriores. No modelo de inibição, a substituição de espécies é inibida pelas espécies dos estágios anteriores, até estas serem danificadas ou mortas. Nos modelos de tolerância e de colonização aleatória, as novas espécies a se estabelecerem não são afetadas pelas espécies dos estágios anteriores.

A APLICAÇÃO DO CONCEITO DE SUCESSÃO NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Na discussão sobre os modelos de sucessão, apresentei brevemente a classificação de plantas em pioneiras, secundárias e tardias. Esta classificação diz respeito ao estágio sucessional que a espécie ocupa na comunidade. As pioneiras entram nas fases iniciais, quando a comunidade tem ainda pouca cobertura vegetal e os demais tipos entram na seqüência, à medida que as primeiras começam a sombrear o solo. Esta seqüência de entrada e ocupação está relacionada a características ecofisiológicas das plantas envolvidas. Basicamente, plantas pioneiras precisam de luz plena e maiores temperaturas para germinar e crescer, ao passo que as plantas tardias, no outro extremo do gradiente, germinam e crescem na sombra. Aliás, este exemplo reforça o ponto da nossa Aula 15, na qual destacamos a importância da integração de níveis de organização – neste caso, a ecofisiologia ajuda a entender a ecologia de comunidades.

Imagine-se diante de uma área que teve toda a sua cobertura vegetal removida pelo homem. Imagine ainda que você foi contratado(a) para restaurar essa vegetação, ou seja, para devolver à área uma cobertura vegetal com características semelhantes à comunidade que ali habitava antes do impacto. Por onde começar? Uma vez que a restauração se dará mediante a introdução (ou seja, plantio) de mudas, será necessário saber quais espécies devem ser introduzidas. Para alcançar sucesso, será também necessário saber qual a seqüência de introdução destas espécies. Por exemplo, se a área for de uma floresta tropical, tal qual um trecho de mata atlântica, esta seqüência será muito importante. A mata possui várias espécies (por vezes, a maioria) que não crescem sob sol pleno. Portanto, as mudas introduzidas na fase inicial do projeto de recuperação,

a céu aberto, precisam ser de espécies tolerantes à alta radiação solar. Plantas de estágio sucessional tardio provavelmente teriam mais sucesso no plantio se introduzidas quando já houvesse alguma sombra gerada pela cobertura vegetal das pioneiras. Note que esta estratégia hipotética de condução de plantio, visando à restauração de uma comunidade vegetal removida pelo homem, se baseia essencialmente nos princípios do modelo sucessional de facilitação, discutido anteriormente. No Brasil, várias experiências bem-sucedidas de restauração de vegetação vêm sendo conduzidas de norte a sul, em distintos biomas, e todas se baseiam nos princípios da sucessão ecológica.

CONCLUSÃO

Comunidades ecológicas sofrem mudanças ao longo do tempo. Tais mudanças podem ser direcionais ou cíclicas, motivadas por fatores bióticos ou abióticos e dependem ou não do conjunto de espécies inicialmente presente na comunidade. A principal dificuldade em determinar o tipo de mudança em transcurso e o mecanismo que leva a tal mudança é a escala de tempo de observação. À medida que a escala temporal de observação da comunidade aumenta, maiores são as chances de se detectarem, nessa mesma comunidade, mudanças direcionais, mudanças cíclicas e diversos mecanismos reguladores das mudanças, tais quais facilitação, inibição, tolerância e colonização aleatória. O entendimento dos fatores envolvidos nas mudanças direcionais ou cíclicas de uma comunidade é essencial para subsidiar iniciativas de restauração após impacto causado pelo homem.

RESUMO

A sucessão ecológica é o processo direcional por meio do qual ocorrem mudanças progressivas na composição de espécies da comunidade. Pode ser primária, quando espécies pioneiras ocupam uma área desprovida de espécies anteriormente, ou secundária, em substituições de espécies como resposta a distúrbios naturais ou antrópicos. Mudanças cíclicas, cujas magnitudes não impliquem alterações fisionômicas ou de composição de espécies, também podem ocorrer numa dada comunidade, mas não são consideradas como sucessão.

O processo sucessional é regulado por mecanismos ecológicos decorrentes ou não da interação entre espécies. Tais mecanismos foram descritos por quatro diferentes modelos, que, hoje em dia, se admite poderem vir a ocorrer simultaneamente ou lado a lado numa mesma comunidade. No modelo de facilitação, a substituição de espécies é facilitada pelas espécies dos estágios anteriores. No modelo de inibição, a substituição de espécies é inibida pelas espécies dos estágios anteriores, até estas serem danificadas ou mortas. Nos modelos de tolerância e de colonização aleatória, as novas espécies a se estabelecerem não são afetadas pelas espécies dos estágios anteriores.

O conhecimento acerca dos mecanismos envolvidos nas mudanças temporais de comunidades é base fundamental para iniciativas de recuperação e restauração após impactos causados pelo homem.

ATIVIDADE FINAL

1. A Aula 22 da disciplina Elementos de Ecologia e Conservação tratou do problema do impacto sofrido por despejo de rejeitos da produção de bauxita no Lago Batata, na Amazônia. Resumidamente, o que se deu foi que trechos deste lago foram assoreados por tal rejeito (argila estéril e não tóxica) e que o lago, com o passar dos anos, foi sendo colonizado naturalmente por espécies de plantas de igapó (vegetação inundável da Amazônia). Os frutos e sementes destas plantas eram trazidos anualmente na fase de cheia do rio Trombetas, ou seja, tinham dispersão pela água, também chamada hidrocórica. Dez anos depois de ocorrido o impacto, algumas destas áreas assoreadas do lago já tinham um número de espécies de planta muito parecido com o total encontrado em áreas naturais de igapó, sem impacto. Até este ponto, não foi encontrada qualquer evidência de que interações entre espécies de planta (facilitação, competição) pudessem estar interferindo no processo. Assim sendo, responda:

a. Que tipo de sucessão operou sobre estas áreas assoreadas do lago? Explique sua resposta.

b. Que mecanismos você julga que possam ter regulado o processo sucessional nesta área. Por quê?

c. Com base nos elementos apresentados no enunciado e na escala de tempo de acompanhamento do processo sucessional (10 anos), é possível fazer algum prognóstico acerca do futuro desta recuperação natural? Qual? Comente sua resposta.

RESPOSTAS COMENTADAS

a. Sucessão primária, uma vez que se tratava de uma área nova, recém-formada, isto é, um substrato argiloso que ocupou um trecho que anteriormente era corpo d'água de um lago.

b. O enunciado indica que evidências científicas apontam para uma não interferência de processos de interação de espécies de plantas na dinâmica de sucessão. Logo, dois dos quatro modelos sucessionais estudados poderiam estar agindo aqui: o modelo de tolerância e o modelo de colonização aleatória.

O de tolerância aqui parece menos provável, uma vez que a vegetação de igapó fica naturalmente submersa por 4-8 meses ao ano. Logo, todas as espécies que ocorrem nessas áreas toleram submersão prolongada, e, assim, seria improvável que diferenças em tolerância afetassem a resultante final. Parece mais provável que o modelo de colonização aleatória seja o mais apropriado para explicar a sucessão nessa vegetação.

c. Um prognóstico após dez anos ainda é difícil. Note que, até aqui, o processo observado foi de fato o de sucessão, já que se dá de forma direcional, ou seja, partiu de um momento inicial com nenhuma espécie (tão logo o rejeito assoreou o lago) para um momento 10 anos depois, quando o número de espécies já havia sido recuperado em relação a áreas não impactadas. Este início é animador, porém não garante, a longo prazo, que a vegetação venha a, por si só, se assemelhar em composição de espécies e em fisionomia ao igapó: a) um mesmo número de espécies não significa, a princípio, que sejam as mesmas; e b) até adquirir a fisionomia de um igapó, as plantas precisam crescer e a vegetação se adensar. Em outras palavras, esta área de recuperação natural pode vir a atingir seu clímax (momento no qual as mudanças em operação seriam cíclicas, e não direcionais) antes mesmo de ter uma composição de espécies e fisionomia parecidos com os de um igapó natural. Em conclusão, este exemplo mostra que um período de estudo de 10 anos pode ser ainda curto para permitir previsões acerca da sucessão de uma dada comunidade vegetal.

INFORMAÇÕES PARA A PRÓXIMA AULA

O domínio do conceito de sucessão, bem como os de outros conceitos explorados nas demais aulas deste módulo, será essencial para o entendimento dos conceitos de “estabilidade” e “complexidade”, que discutiremos na próxima aula.

Leitura Recomendada

Uma das poucas referências em português sobre o tema é o livro de Pinto-Coelho (2002). Como é sempre útil ler estes temas na fonte original, os artigos de Connell & Slatyer (1977) e Lawton (1987) são de grande interesse. Os exemplos utilizados nas atividades 1 e final são apresentados e detalhadamente tratados em alguns capítulos dos livros de Rocha, Esteves & Scarano (2004) e de Bozelli, Esteves & Roland (2000).

Comunidades no tempo e no espaço: estabilidade e complexidade

AULA

25

Meta da aula

Apresentar os conceitos de estabilidade e complexidade, discutindo suas inter-relações e identificando conceitos associados.

objetivos

Esperamos que, após o estudo do conteúdo desta aula, você seja capaz de:

- Definir os conceitos de estabilidade e complexidade.
- Discutir as possíveis aplicações destes conceitos, bem como suas limitações, na solução de problemas práticos referentes à conservação.

Pré-requisitos

Para esta aula, todas as aulas anteriores neste módulo são de fundamental importância, já que, para o entendimento dos conceitos de estabilidade e complexidade, é necessário o domínio de toda a gama de conceitos referentes à Ecologia de Comunidades.

INTRODUÇÃO

As expressões “equilíbrio da natureza” e “equilíbrio de meio ambiente” já são de domínio público. Raramente, passará um dia sem que as encontremos na mídia. Porém o que de fato tal “equilíbrio” é? Será que ele pode ser medido? Dificilmente, alguém, cientista ou leigo, em sã consciência, dirá que é contra o “equilíbrio da natureza” ou que este não importa. Então, se é tão importante, sem dúvida, é necessário termos como medi-lo e usá-lo como parâmetro na hora de tomarmos decisões acerca do uso, manejo e conservação de ambientes.

A noção de equilíbrio da natureza é muito antiga e era inicialmente tratada como sinônima de constância. Assim, sob esta ótica, uma dada comunidade ecológica estaria em equilíbrio quando nenhuma mudança fosse detectada nas identidades ou tamanhos das populações das espécies componentes desta comunidade, em um dado intervalo de tempo (em geral, de poucos anos). A interrupção do equilíbrio se daria mediante distúrbios (veja verbete na Aula 24) que promovessem mudanças detectáveis na comunidade e no ambiente. Normalmente, tais distúrbios eram associados à ação antrópica, o que sugeria que a natureza estaria em equilíbrio se não fosse pelo homem.

Esta visão de equilíbrio estático da natureza deu lugar, ainda no começo do século XX, a uma visão de equilíbrio dinâmico, ou *estabilidade dinâmica*. Clements, que já foi mencionado nas Aulas 15, 16 e 24, foi um dos pioneiros desta visão dinâmica da estabilidade ao lançar a Teoria do Clímax. Basicamente, a idéia era que uma comunidade em equilíbrio pode sofrer oscilações ou mudanças, porém dentro de determinados limites. Em outras palavras, a estabilidade dinâmica se dá quando mudanças ambientais são acompanhadas pela comunidade de tal forma que esta retorna ao seu estado “inicial” ou “normal”. Assim, conforme já havíamos discutido na Aula 16, numa dada escala de tempo, para uma dada comunidade estável, por mais que as coisas mudem, mais elas permanecem as mesmas.

ESTABILIDADE COMO EQUILÍBRIO

Estas duas visões da estabilidade, como algo estático ou dinâmico, revelam duas propriedades das comunidades: a *resistência* e a *resiliência*, respectivamente. Curiosamente, ambas são perceptíveis a partir da ocorrência de distúrbios. Assim, resistência é a capacidade da comunidade de resistir, ou seja, não sofrer alterações nas suas características básicas (tais quais diversidade de espécies, composição de espécies e fisionomia) mediante distúrbio, enquanto resiliência é a velocidade de retorno da

comunidade às suas condições iniciais anteriores ao distúrbio. Resistência e resiliência a distúrbios, portanto, são dois componentes da estabilidade de comunidades.

Note, porém, que o que é distúrbio para uma dada comunidade pode não o ser para outra. Por exemplo, enquanto o fogo, para uma mata chuvosa, é um distúrbio de grande magnitude, para o cerrado, não o é. Essas diferenças se relacionam com a “memória evolutiva” da comunidade e com a frequência do evento. No caso do cerrado, a recorrência do fogo há séculos é um evento regulador do funcionamento do sistema. A flora do cerrado e o sistema como um todo são, em parte, resistentes ao fogo (ou seja, o fogo não causa alteração nenhuma) e, em parte, resilientes (ou seja, ainda que o fogo cause alterações, o retorno às condições iniciais é rápido). Já no caso de uma mata chuvosa, o fogo provoca dramáticas alterações de estrutura e de composição de espécies, uma vez que a maioria das espécies não é resistente ao fogo e/ou tem baixa resiliência (não rebrota ou demora a rebrotar). Nesse caso, a baixa resistência e a resiliência de espécies ao distúrbio resultam em baixa resistência e resiliência do sistema todo.

ESTABILIDADE COMO COMPLEXIDADE

O exemplo do fogo mostra que o conceito de distúrbio é relativo, dependendo da comunidade em questão. Logo, os conceitos de resiliência e resistência também são, até certo ponto, relativos, por dependerem do fator de distúrbio em questão. Entretanto, um debate que, por muito tempo, domina o campo teórico da ecologia diz respeito à existência, ou não, de ecossistemas intrinsecamente estáveis ou, o seu oposto, intrinsecamente frágeis. Para alguns, a estabilidade de um dado ecossistema pode ser aferida a partir da complexidade de sua comunidade biótica. A complexidade ecológica diz respeito ao número de espécies, à abundância relativa das espécies e às interações existentes entre essas espécies. Assim, a estabilidade poderia ser estimada a partir de três parâmetros relacionados à complexidade da comunidade: a) *diversidade de espécies*, calculada a partir da riqueza de espécies e da sua abundância relativa; b) *conectância*, dada pela razão entre o número de interações interespecíficas existentes e o número total de interações interespecíficas possíveis; e c) a força das interações entre populações de espécies que interagem (veja a Aula 16).

Conforme já havíamos discutido na Aula 16, os componentes de conectância e força de interação são muito difíceis de estimar, principalmente quando se trata de comunidades com grande número de espécies. Talvez pelo fato de a diversidade ser o parâmetro mais facilmente mensurável dos três anteriores, existe um grande número de hipóteses, modelos e teorias propostos de forma a interpretar as relações entre diversidade e estabilidade.

Até aqui, já passamos por diversos conceitos relacionados ao conceito de estabilidade. Vamos revisá-los?

Estabilidade: comunidades estáveis são aquelas cujas principais características (por exemplo, composição de espécies, diversidade de espécies, abundância de níveis tróficos etc.) persistem após distúrbio, dentro de uma dada escala de tempo. Essa estabilidade é, porém, dinâmica, de tal forma que mudanças ocorrem continuamente, mas não em magnitude suficiente para alterar características principais e modificar sua fisionomia ou seu funcionamento. O oposto de uma comunidade estável é uma comunidade frágil.

Distúrbio: fator não cíclico que gera mudanças físicas ou estruturais na comunidade. Esse fator pode ser natural (de ordem biótica ou abiótica) ou antrópico. Dependendo da magnitude do distúrbio, este pode vir a receber outras denominações, como “perturbação” ou “catástrofe” (ver Aula 24).

Resistência: capacidade da comunidade de resistir a distúrbio, sem que suas principais características sejam afetadas.

Resiliência: velocidade de retorno da comunidade, após distúrbio, às condições iniciais.

Complexidade: é avaliada a partir do número de espécies, sua abundância relativa e as interações interespecíficas existentes. Existem diferentes formas de calcular ou estimar estabilidade, e prevê-se que quanto maior a complexidade, maior a estabilidade. Entretanto, essa propriedade tem vários problemas para sua medição. Logo, tanto complexidade como estabilidade são importantes parâmetros, porém de difícil medição.

ATIVIDADE



1. Vimos que estabilidade é uma propriedade das comunidades ecológicas, tradicionalmente vista como equilíbrio ou como complexidade. Estabilidade como equilíbrio possui dois componentes: resistência e resiliência. Estabilidade como complexidade leva em conta componentes como diversidade, conectância e força de interação. Diante disso, diga se você esperaria relações positivas ou negativas para os seguintes pares de parâmetros (use as palavras alta e baixa nas suas respostas):

- uma comunidade com grande resiliência deve ter complexidade _____.
- uma comunidade estável deve ter diversidade _____.
- uma comunidade complexa deve ter conectância _____.
- uma comunidade frágil deve ter resistência _____.

RESPOSTA COMENTADA

Letras a, b e c – alta; d – baixa. Decorre das definições apresentadas que estabilidade deva ser diretamente proporcional a resistência, resiliência e complexidade e seus componentes, enquanto fragilidade seria inversamente proporcional. No entanto, na literatura, aparecem algumas exceções e exemplos que, em parte, contrariam essa tese. Logo, essas relações devem ser vistas com cautela, principalmente as relações de diversidade com estabilidade. Voltaremos a esse tema a seguir e na Aula Prática sobre Estabilidade.

COMO SIMPLIFICAR A COMPLEXIDADE?

Determinarmos se uma dada comunidade é estável ou frágil é potencialmente de grande importância para estabelecermos prioridades para conservação. Contudo, como podemos notar, estabilidade é um parâmetro de difícil medição, o que dificulta a sua operacionalização. Dentre as variáveis que se relacionam com a estabilidade, a diversidade, conforme vimos anteriormente, é a mais facilmente mensurável. Desta forma, ecólogos têm buscado encontrar uma relação direta entre diversidade e estabilidade, de maneira a mais rapidamente encontrar uma medição indireta, porém precisa, de estabilidade.

Entretanto, os esforços até aqui têm resultado em dualismo. Um conjunto de autores propõe que quanto maior a diversidade, maior a estabilidade; enquanto um outro conjunto apresenta evidências de que quanto maior a diversidade, menor a estabilidade. Perante a opinião pública, parece que a segunda conclusão tem encontrado maior eco, já que a ambientes com alta diversidade, como a mata atlântica ou a floresta amazônica, normalmente associa uma maior fragilidade. Todavia, é importante ressaltar que, quando falamos em estabilidade, nesta e noutras aulas do módulo, estamos nos referindo a uma propriedade intrínseca da comunidade. O fato de alguns exemplos de comunidades e biomas inteiros “estarem fragilizados” por ação do homem não significa necessariamente que estes sejam intrinsecamente frágeis em decorrência de suas próprias características ecológicas de diversidade e complexidade.

Logo, já que, por meio da diversidade somente, não tem sido possível medir estabilidade inequivocamente, a solução para o problema

da mensuração da estabilidade deve estar nos outros componentes da complexidade, isto é, conectância e força de interação. Na Aula 16, porém, já vimos o quanto esses parâmetros são difíceis de medir, principalmente em comunidades ricas em espécies, onde o número de interações possíveis é muito alto para que possa ser examinado na prática.

Uma das formas de se tentar reduzir essa complexidade é reunir as espécies em grupos, de acordo com suas características ecológicas. Na Aula 16, vimos os conceitos de grupos tróficos e grupos funcionais, ou guildas. Relembrando: por *grupos tróficos*, me refiro a grupos de espécies pertencentes a um mesmo nível trófico no ecossistema, ou seja, produtores, consumidores ou decompositores. Por *grupos funcionais*, me refiro a grupos de espécies de um mesmo nível trófico, que cumprem uma função ecológica semelhante no ecossistema. Logo, grupos funcionais são subgrupos dos grupos tróficos.

Um exemplo do uso do conceito de grupos funcionais para entender a estabilidade de uma comunidade ecológica foi realizado pelo meu próprio grupo de pesquisa na Reserva Biológica de Poço das Antas, no município de Silva Jardim (RJ). Nós havíamos detectado que florestas pantanosas (inundadas por elevação do lençol freático durante boa parte do ano) nessa reserva tinham baixa resiliência, ou seja, após um impacto antrópico que eliminou trechos inteiros do pântano, praticamente não houve recuperação natural alguma após décadas. Essa baixa resiliência era, portanto, indicativa de baixa estabilidade. Nosso interesse era descobrir o que causava a baixa resiliência. Esse estudo se deu em apenas um nível trófico (produtores, no caso, as plantas superiores), mas partiu de uma motivação multitrófica: o desaparecimento e a fragmentação desses pântanos vêm levando à extinção da espécie mico-leão-dourado. Fomos buscar pistas para a razão dessa baixa resiliência na interação entre as espécies de plantas. No nosso universo amostral de 0,5 hectare, tínhamos 60 espécies de árvores e duas espécies de bromélias terrestres. Ora, se nosso objetivo era investigar interações, traçar todas as interações existentes entre essas 62 espécies, par a par, para avaliar parâmetros como conectância e força de interação, seria humanamente impossível! Daí, com base em vários dados de campo, dividimos as 62 espécies em apenas três grupos funcionais: 1) uma espécie arbórea monodominante (isto é, a grande maioria dos indivíduos arbóreos da área pertence a essa espécie), emergente (é a mais alta da floresta), decídua (perde folhas

sazonalmente) e forte competidora: *Tabebuia cassinoides*, da família das Bignoniáceas, conhecida vulgarmente como pau-de-tamanco ou caixeta; 2) várias espécies arbóreas de estrato intermediário, fornecedoras de sombra o ano todo, cada qual individualmente com baixa frequência (localmente raras); e 3) duas bromélias-tanque, terrestres, adaptadas à sombra, cobrindo densamente o solo, onde funcionam como sítios de germinação para a maioria das espécies arbóreas da área, já que estas são incapazes de germinar no terreno inundado do pântano (ver box explicativo).

Parece estranho que sementes possam germinar e fazer crescer plântulas no interior de tanques de bromélias, mas veja as figuras. Na **Figura 25.1**, uma plântula de *Tabebuia cassinoides* no tanque de *Nidularium procerum*, na Reserva Biológica de Poço das Antas. Na **Figura 25.2**, uma plântula de *Clusia hilariana* no interior do tanque de uma *Aechmea nudicaulis* morta, no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba.

Os tanques de bromélias acumulam água, bem como material vegetal morto e vivo. Essa combinação gera uma espécie de "solo suspenso", que favorece a germinação de sementes que ali tenham caído ou sido levadas por dispersores (por exemplo, aves e até mesmo lagartos e anfíbios já foram apontados como dispersores de sementes para o interior de tanques de bromélias). Esse substrato, no caso dos pântanos e das restingas, por vezes é mais favorável para a germinação e o crescimento inicial do que o terreno inundado ou arenoso abaixo das bromélias, respectivamente.



Figura 25.1: Plântula de *Tabebuia cassinoides* crescendo no interior de *Nidularium procerum* em Poço das Antas.



Figura 25.2: Plântula de *Clusia hilariana* crescendo no interior de *Aechmea nudicaulis*, na restinga de Jurubatiba.

Com base nessa divisão em grupos, levantamos a hipótese de que o aumento em duração e profundidade de inundação, devido a uma construção de barragem nas imediações da reserva anos antes, implicava a morte do grupo 2 (as árvores sombreadoras), o que levava o grupo 3 (as bromélias) também à morte, uma vez que ele dependia da sombra gerada pelo grupo 2. Com a morte do grupo 3, a disponibilidade de sítios de germinação para eventuais imigrantes do grupo 2 se reduz, e a resultante é a ocorrência única do grupo 1 (a *Tabebuia*). Plantas do grupo 1 têm reprodução assexuada; logo, não dependem de sítios de germinação para sobreviver e toleram exposição ao sol, ou seja, não dependem de sombra. Assim, as funções exercidas por plantas dos grupos 2 e 3 não são vitais para o grupo 1. Em suma, com a morte do grupo 2, morre o 3, e só resta o 1. Com isso, a riqueza de espécies cai de 60 para uma a partir da morte de um grupo funcional. Isso mostra a fragilidade dessa comunidade.

ATIVIDADE



2. Imagine que você é o Secretário de Meio Ambiente de seu município. Seu prefeito lhe informa que há um montante de recursos disponível para você criar uma única unidade de conservação no seu município. Porém você detecta duas demandas distintas da população local: parte dos habitantes gostaria que uma área fosse preservada, outra parte preferiria uma segunda área. Você precisa escolher uma, e essa escolha, obviamente, tem de ser feita ainda dentro do mandato de quatro anos do seu prefeito. Tendo tudo isso em mente, você julga apropriado encomendar um estudo que avalie parâmetros ligados à estabilidade de cada uma das duas áreas, já que você está decidido a escolher a mais frágil. Quais parâmetros você esperaria que fossem medidos, quais não, e por quê?

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins or other markings on the paper.

RESPOSTA COMENTADA

Dentro do curto prazo disponível, seria muito difícil obter informações diretas sobre a estabilidade desses dois ambientes. As informações mais prontamente mensuráveis seriam riqueza e diversidade de espécies. Estas seriam úteis, porém, como vimos, não bastariam para determinar-se qual ambiente é mais frágil. Uma outra informação, dificilmente mensurável nessas circunstâncias, mas que poderia ajudar a compor sua opinião, seria sobre a resiliência dessas comunidades. Talvez comunidades análogas já tivessem sido antropizadas no passado e habitantes locais mais antigos pudessem falar sobre sua velocidade de recuperação. Esse caso exemplifica as dificuldades de solução imediata de problemas ecológicos, principalmente diante da dificuldade na medição de parâmetros importantes.

REDUNDÂNCIA E SINGULARIDADE FUNCIONAL

Naturalmente, o exemplo do pântano, discutido acima, é uma simplificação, e, ainda que até hoje esta hipótese não tenha sido contestada, para ser devidamente testada, seriam necessários experimentos de manipulação (por exemplo, retirada ou adição de espécies). De qualquer forma, esse caso serve para mostrar como uma riqueza de 62 espécies pode ser reduzida a três grupos funcionais e, com isso, diminuir a complexidade, tornando mais viável o exame de parâmetros como conectância e força de interação. O exame desse caso remete a outros dois importantes conceitos ecológicos, que são complementares: o da *redundância funcional* e o da *singularidade funcional* em comunidades. Redundância funcional opera em dois níveis: a) quando mais de uma espécie desempenha uma determinada função vital ao funcionamento da comunidade; e/ou b) quando muitos indivíduos (ainda que de poucas espécies) desempenham tal função vital. Quando existe redundância, a perda ou a extinção de uma dentre as espécies que cumprem tal função provavelmente teria um efeito menos danoso ao funcionamento da comunidade e sua estabilidade do que se tal espécie fosse a única a exercer essa função. Espécies que, sozinhas, desempenham funções vitais na estrutura e no funcionamento das comunidades (singularidade funcional) são conhecidas como espécies-chave ou espécies engenheiras.

CONCLUSÃO

A estabilidade de comunidades ecológicas é mais um parâmetro de difícil medição, dentre vários que já vimos neste curso. Entretanto, é essencial que avancemos no sentido de tentar medi-la, já que tal medição auxiliaria na tomada de decisões quanto à conservação da biodiversidade. A classificação de espécies em grupos funcionais é uma ferramenta necessária para simplificar e reduzir a complexidade de comunidades ecológicas.

ATIVIDADE FINAL

O exemplo discutido acerca do pântano da Reserva Biológica de Poço das Antas permite a identificação de todos os conceitos examinados nesta aula. Para cada uma das frases abaixo, diga a qual conceito se refere. Justifique suas respostas.

a) A construção de uma barragem implicou alteração do regime hídrico do solo.

b) Essa alteração hídrica resultou em profunda mudança na comunidade.

c) A comunidade não foi capaz, em mais de uma década, de recuperar suas características iniciais após tal mudança.

d) A árvore monodominante não estava relacionada nem com as bromélias nem com as sombreadoras, enquanto as sombreadoras e as bromélias interagiam fortemente.

e) A função ecológica desempenhada pelas bromélias, que nenhuma outra espécie ou grupo funcional desempenhava na comunidade.

RESPOSTAS COMENTADAS

a) *Distúrbio.* Esse distúrbio foi de tal magnitude que a comunidade não mais se recuperou.

b) *Resistência.* Nesse caso, a resistência foi baixa a esse tipo de distúrbio, tanto que as mudanças foram profundas.

c) *Resiliência.* Também baixa nesse caso, já que a resiliência é uma medida da velocidade de recuperação do sistema, que aqui foi quase nenhuma.

d) *Conectância.* Essas ligações dizem respeito às conexões entre os três grupos funcionais construídos.

e) *Singularidade funcional.* Esse grupo era o único a desempenhar essa função vital, e, como tal, seu desaparecimento põe em risco toda a comunidade.

RESUMO

Comunidades estáveis são aquelas cujas principais características ecológicas persistem após distúrbio, dentro de uma dada escala de tempo. Essa estabilidade é, porém, dinâmica, de tal forma que mudanças ocorrem continuamente, mas não em magnitude suficiente para alterar características principais e modificar fisionomia ou funcionamento. Estabilidade tem sido vista como equilíbrio ou como complexidade. De uma ou outra forma, o fato é que estabilidade segue sendo um parâmetro de difícil medição. Agrupar as espécies em grupos funcionais, de acordo com suas possíveis funções na comunidade, é uma ferramenta que tem se prestado a auxiliar na tarefa de simplificar o complexo. Com isso, é possível avaliar a existência de redundâncias ou singularidades funcionais na comunidade. Quando menos espécies ou menos indivíduos cumprem determinadas funções vitais na comunidade, maior a fragilidade da comunidade.

INFORMAÇÕES PARA A PRÓXIMA AULA

O domínio do conceito de estabilidade será essencial para a Aula Prática (27). Esse conceito será retomado também na Aula 28.

Prática sobre sucessão e estabilidade

AULAS

26/27

Meta da aula

Evidenciar o grau de estabilidade de três comunidades florestais brasileiras, relativamente umas às outras.

objetivos

Esperamos que, após o exercício prático desta aula, você seja capaz de:

- Identificar os descritores da comunidade que permitem uma aferição indireta do seu grau de estabilidade.
- Identificar que tipos de processo sucessional parecem estar operando nas comunidades examinadas.

Pré-requisitos

Para esta aula, todas as demais aulas que lhe antecederam neste módulo são de fundamental importância, já que, para o entendimento e aplicação do conceito de estabilidade, é necessário o domínio de toda a gama de conceitos referentes à Ecologia de Comunidades. A Aula Prática 21, que treina o uso de descritores de comunidades, pode ser revista antes desta aula prática. As Aulas 24 e 25 dão as bases teóricas para o exercício prático a seguir.

INTRODUÇÃO

Nesta prática, apresento alguns dados obtidos pelo meu próprio grupo de pesquisa. Espero que, após analisá-los, você seja capaz de responder a algumas perguntas. Estes dados não foram coletados com o objetivo de fazer as comparações que aqui eu peço a você que faça, e, por isso, nem todos os dados são disponíveis, além de representarem uma mistura de dados qualitativos e quantitativos.

Os dados dizem respeito a três tipos de vegetação: uma floresta de igapó amazônico (em Porto Trombetas, Pará), uma mata atlântica baixo-montana (em Dionísio, Minas Gerais) e uma floresta pantanosa (em Silva Jardim, Rio de Janeiro). A **Tabela 26.1** mostra características das diferentes amostragens conduzidas em cada uma das áreas. A **Tabela 26.2** mostra características das vegetações. Note que os dados sempre se referem, para cada um dos tipos de comunidade, a uma área controle (não exposta a impactos) e uma área que fora impactada e encontra-se em processo de regeneração natural há 10 anos.

Você levará em conta as **Tabelas 26.1 e 26.2** para realizar as atividades a seguir:

ATIVIDADES

1. O índice chamado "Recuperação inicial" na **Tabela 26.2** é uma medida de qual (is) processo(s)? Por que está sendo chamado "inicial", mesmo já tendo se passado 10 anos desde o impacto? Com base neste parâmetro, qual das três vegetações você proporia ser a mais estável?

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

2. As diferenças nos critérios amostrais, apresentadas na **Tabela 26.1**, dificultam, mas não desqualificam, uma comparação direta, principalmente quando levamos em conta a brutal diferença dos resultados da Floresta Pantanosa em relação às outras duas florestas. O que a **Tabela 26.2** parece sugerir quanto à relação diversidade-estabilidade?

3. Note o caso da Mata Atlântica Baixo-Montana. A mata foi totalmente cortada e substituída por eucalipto. Uma vez que não mais se manejou o eucaliptal, 10 anos depois, o número de espécies de mata atlântica debaixo do eucaliptal era quase o mesmo que na área de controle. Ainda que o eucalipto seja uma espécie exótica a esta comunidade, a velocidade de recuperação do número de espécies parece ser bastante alta! Dentre os quatro modelos de sucessão que você conhece, qual parece ter operado aqui? Por quê?

4. Note agora o caso da floresta de igapó. Houve uma alta recuperação inicial, ainda que sem uma cobertura de sombra, e com problemas de solo, já que o rejeito de bauxita é estéril e de difícil fixação para raízes. Qual ou quais modelo(s), dentre os que você aprendeu na Aula 24, você imagina que possam estar operando aqui? Por quê?

5. Agora, examine, na **Tabela 26.2**, as informações sobre distúrbios naturais e distúrbios antrópicos. Os distúrbios são os catalizadores dos processos de sucessão. Discuta e compare a magnitude relativa destes distúrbios. Será que a magnitude do distúrbio está relacionada ao resultado final de recuperação inicial? Como se relacionam distúrbio e estabilidade? Justifique.

Tabela 26.1: Métodos amostrais usados em cada um dos três estudos em florestas brasileiras (adaptado dos dados compilados por Scarano *et al.* 1998).

	FLORESTA DE IGAPÓ - AMAZÔNIA	MATA ATLÂNTICA BAIXO MONTANA - MG		FLORESTA PANTANOSA -RJ	
		Controle	Área impactada	Controle	Área impactada
Método amostral	3 grades de 170mx10m com quadrados de 10mx10m (total 0.26 ha) em cada um de dois locais, um impactado e outro não (controle).	50 parcelas de 10x20 m (total 1.0 ha)	Método de ponto quadrante; 21 linhas, 222 pontos (total 1.37 ha).	1 parcela de 0.5 ha	Observação visual
Critério de seleção das plantas medidas	0.5-10.0 cm de diâmetro basal (controle); >0.5 cm de diâmetro basal (na área impactada)	≥ 5.0 cm de diâmetro à altura do peito	≥ 5.0 cm de diâmetro à altura do peito	≥ 3.5 cm diâmetro à altura do peito.	-

ha = hectare

Tabela 26.2: Riqueza e diversidade de espécies (índice de Shannon), regime de distúrbio natural e antrópico, e um índice de recuperação inicial (a razão do número de espécies arbóreas regenerantes na área impactada pelo número de espécies arbóreas, por unidade de área, na respectiva área controle).

	FLORESTA DE IGAPÓ - AMAZÔNIA		MATA ATLÂNTICA BAIXO MONTANA - MG		FLORESTA PANTANOSA -RJ		
	Controle	Impactado	Controle	Impactado	Controle	Área drenada	Área inundada
Distúrbios naturais	6 meses de submersão (inundação sazonal por rio)		Seca moderada anual;30-90 mm		Inundação freática periódica		Inundação permanente
Distúrbios antrópicos	-	Remoção da cobertura arbórea pela descarga de rejeito de bauxita	-	Substituição da cobertura arbórea original por eucaliptos	-	Represamento, drenagem, corte e fogo	Represamento e inundação permanente
Área amostral (ha)	0.26	0.26	1.00	1.37	0.5	-	-
Riqueza sps	61	51	124	123	59	0	1-5
Diversidade sps	3.06	2.50	> 3.50	> 3.50	1.3	0	?
Recuperação inicial	-	0.84	-	0.72	-	0.00	0.00

ha = hectare; sps = espécies

RESPOSTAS COMENTADAS PARA ORIENTAÇÃO DOS TUTORES

1. O índice chamado “Recuperação inicial”, é uma medida de resiliência, ou seja, a velocidade de volta da comunidade às suas condições originais pré-impacto. Resiliência é usada, com frequência, como medida de estabilidade e aqui pode ser tratada como tal. Logo, com base neste parâmetro somente, a mais estável seria a mata atlântica baixo-montana.

O índice está sendo tratado como “inicial”, pois a série de 10 anos pode ser curta para permitir a análise de processos sucessionais. Por exemplo, a mata de igapó e a mata atlântica, nos dez primeiros anos, tiveram um aumento no número de espécies após impacto, mas nada nos garante que, nos próximos dez anos, o mesmo processo direcional se repita. A curva pode se estabilizar ou até retroceder, indicando mudança cíclica. Logo, a rigor, o processo não pode ser chamado resiliência, mas é um bom indicativo desta.

2. Se assumirmos o índice de recuperação inicial como medida de estabilidade, os dados parecem sugerir que quanto maior a diversidade, maior a estabilidade. Contudo, esta conclusão não pode ser generalizada, pois se trata de diferentes vegetações, com diferentes regimes de distúrbio natural e antrópico, e submetidas a diferentes critérios e áreas amostrais. O curioso desta possibilidade é que, em termos de conservação, normalmente pensamos em priorizar Amazônia e Mata Atlântica, mas aqui, guardadas todas estas ressalvas, um pântano com baixa diversidade parece ser mais frágil que ambos.

3. Dentre os modelos de sucessão vistos na Aula 24, neste caso, provavelmente teria se dado o modelo de facilitação, ou seja, o eucalipto teria facilitado o ingresso e o estabelecimento de plantas nativas de mata, talvez por gerar uma meia-sombra favorável a estas. Veja que o velho dogma de que eucalipto é desertificador, não só não se aplica aqui, como parece ter o efeito contrário. Trata-se provavelmente de um caso de facilitação, pois inúmeros estudos mostram que o corte raso de mata é seguido por um processo de lenta recuperação, certamente mais longo que o dos rápidos 10 anos observados.

4. Neste caso, parece que o modelo de colonização aleatória está operando. Como toda essa riqueza de espécies se fixou no duro substrato, sob luz direta, é difícil imaginar qualquer processo de facilitação ou inibição significativo por parte de outras plantas. O mesmo pode se dizer do processo de tolerância, em que umas plantas são mais tolerantes que outras. O aleatório parece ser mais o caso, já que prevê a ausência ou irrelevância de interações de facilitação e de

competição e propõe que a sucessão envolve somente a sobrevivência ao acaso de diferentes espécies e a colonização, também ao acaso, de novas espécies.

5. Este caso caracteriza bem como o que seria uma catástrofe para uma dada comunidade pode, para outra, ser apenas um pequeno distúrbio. Por exemplo, para a vegetação de igapó, 6 meses de submersão quase completa não implica catástrofe e são evolutivamente assimilados pela vegetação. Quando examinamos os distúrbios causados pelo homem, estes também parecem ter tido diferentes magnitudes. No igapó e no pântano, os distúrbios implicaram mudança de substrato e de cobertura vegetal, ao passo que, na mata atlântica, só mudou a cobertura vegetal. Embora a comparação seja difícil, talvez a magnitude do distúrbio na mata tenha sido, no todo, menor do que a sofrida nas áreas inundáveis. Como a mata teve o maior índice de recuperação inicial, ficamos sem poder dizer se isto se deveu a alguma propriedade intrínseca da vegetação (diversidade, etc.) ou a uma possivelmente baixa magnitude do impacto. Assim, quanto maior a magnitude do impacto e do distúrbio gerado, mais baixa será a resiliência, e, conseqüentemente, menor será a estabilidade.

Comunidades e conservação da biodiversidade

AULA

28

Metas da aula

Apresentar como, de algumas teorias problemáticas em Ecologia, surgiram alguns dogmas da conservação. Discutir alguns dos problemas existentes na passagem da teoria em Ecologia para a prática da conservação da biodiversidade.

objetivos

Esperamos que, após o estudo do conteúdo desta aula, você seja capaz de:

- Distinguir entre teorias ecológicas, com virtudes e limitações, e dogmas da conservação, percebendo como estes dogmas emergem das próprias teorias.
- Perceber que só com o avanço da ciência ecológica poderemos ter uma melhor prática de conservação da biodiversidade.

Pré-requisitos

Para esta aula, todas as que lhe antecederam neste módulo são de fundamental importância, já que, para a discussão sobre conservação da biodiversidade, é necessário domínio de toda a gama de conceitos referentes à Ecologia de Comunidades. Recomendo uma nova leitura da Aula 25, sobre estabilidade e complexidade. O Módulo 2 da disciplina Elementos de Ecologia e Conservação também discute conservação.

INTRODUÇÃO

Conservação da natureza, muitas vezes, é um incômodo para o tomador de decisão ou o político. Conservar um dado hábitat ou uma dada espécie normalmente implica gasto de recursos, sem que necessariamente haja retornos financeiros ou políticos visíveis e/ou imediatos. Com frequência, tais recursos são escassos, principalmente em países em desenvolvimento, como o Brasil, onde conservação nem sempre é prioridade. Desta forma, estabelecer prioridades de conservação torna-se necessário e, por vezes, até urgente, diante da alta velocidade de degradação dos recursos naturais.

A Ecologia é a ciência que se propõe a ajudar na busca de soluções para problemas como o do estabelecimento de prioridades para conservação. O papel da ciência em políticas ambientais tem sido marcante, e as contribuições da Ecologia para a solução de problemas do meio ambiente são crescentes, inclusive no Brasil. Entretanto, existem controvérsias quanto à eficácia da Ecologia em produzir tais soluções. O principal argumento dos *pessimistas* é que a Ecologia se caracteriza como uma ciência com má delimitação conceitual e pouca robustez teórica. Logo, recomendações para tomadores de decisão, embasadas numa ciência ainda imatura, seriam, no mínimo, temerosas. Autores mais *otimistas*, mesmo que de um modo geral concordem com a existência destes problemas, listam, em contrapartida, inúmeros exemplos de como a Ecologia tem ajudado a solucionar problemas práticos, como aqueles relacionados à conservação biológica.

As aulas desta disciplina, bem como as da disciplina Elementos de Ecologia e Conservação, apresentam evidências a favor tanto da argumentação dos pessimistas, quanto a favor da dos otimistas. Independentemente deste debate, o fato é que só com o avanço na produção de conhecimento e teorias em Ecologia é que poderemos fazer conservação com mais propriedade.

AS BASES TEÓRICAS LANÇADAS POR MACARTHUR E WILSON

A Teoria de Biogeografia de Ilhas, de MacArthur & Wilson (1967), foi desenvolvida para explicar a variação em riqueza de espécies durante o tempo ecológico. Ela propõe que esta variação em riqueza pode ser constante durante o tempo ecológico, ainda que a composição taxonômica das espécies mude. Tal teoria representou um grande avanço, pois, até então, se assumia que a estrutura de comunidades de ilhas oceânicas era estática e resultava de eventos únicos de migração e extinção. Os autores afirmavam que estes dois processos opostos,

migração e extinção, eventualmente se contrabalanceavam e que o equilíbrio resultante deveria ser dinâmico, já que haveria uma certa reposição de extintas pelas migrantes. Além disso, migração e extinção variavam apenas em função das características físicas da ilha, a saber, área e grau de isolamento. Assim, a teoria previa que ilhas maiores e/ou as mais próximas entre si ou ao continente seriam as que teriam maior número de espécies e maiores taxas de imigração. As menores e mais distantes teriam menos espécies e maiores taxas de extinção.

Esta teoria se consagrou e evoluiu, ao longo do tempo, com releituras, revisões e adições. Ela consiste num pilar da Ecologia. Contudo, uma análise crítica desta teoria revela algumas limitações: 1) no tempo ecológico, a ocorrência de catástrofes e perturbações normalmente impede ou dificulta que o número de espécies atinja algum equilíbrio; 2) existe uma premissa implícita que é improvável, segundo a qual habitats insulares e filtros de imigração são homogêneos dentro de arquipélagos e entre eles; e 3) existe uma premissa explícita, também improvável, de que todas as espécies são independentes e equivalentes. Além disso, existem dificuldades na determinação de parâmetros-chave tais quais número de espécies constante, mudança na composição taxonômica, taxa de colonização relacionada à distância da ilha em relação à fonte e taxa de extinção em relação ao tamanho da ilha.

Apesar disso, mesmo em se tratando de uma teoria mais descritiva de um padrão do que propriamente explicativa dos processos que levam ao padrão, seu conteúdo foi rapidamente incorporado à prática da conservação. Quando da priorização de áreas para a implantação de reservas e parques, por exemplo, alguns critérios derivados da Teoria de Biogeografia de Ilhas costumam ser levados em conta no Brasil e no mundo, tais quais: a) reservas maiores são preferíveis que menores; b) unidades são preferíveis que subdivisões; c) próximas entre si são preferíveis a distantes entre si; d) agrupadas circularmente são preferíveis a lineares; e e) fragmentos devem preferencialmente ser conectados por corredores. Naturalmente, muito das bases teóricas para os presentes estudos sobre o efeito da fragmentação de habitats sobre a biodiversidade vem também desta teoria.

Os méritos da Teoria de Biogeografia de Ilhas são inegáveis, mas não deixa de ser curioso que uma teoria nitidamente problemática venha se prestando tão decisivamente a aplicações práticas quanto a do

desenho de reservas naturais. O maior risco num cenário como este é que elementos derivados de uma teoria insuficientemente robusta passem a se tornar dogmas. Um exemplo de dogma, que se depreende desta teoria, assim como de estudos mais recentes acerca do efeito de fragmentação de habitats, é que fragmentos menores seriam menos prioritários para conservação que fragmentos maiores em tamanho. O *efeito de borda*, isto é, as alterações físicas e microclimáticas nas bordas dos fragmentos, por vezes com reflexo no seu interior, implicando redução de diversidade e outras alterações bióticas, seria um dos principais responsáveis por isto.

Veja, porém, o seguinte exemplo. Meu grupo de pesquisa comparou a estrutura populacional e a dinâmica de um ano para *Caesalpinia echinata* Lam., o pau-brasil, entre três fragmentos florestais com diferentes tamanhos na **FLORESTA SECA SEMIDECIDUAL** de Búzios, estado do Rio de Janeiro. Encontramos que o menor de todos os fragmentos, com 0,2 hectare de área (em comparação com um fragmento de 2,5 hectare e outro de 10 hectare), foi o que apresentou maior número de plântulas e jovens, ainda que com o menor número de adultos de pau-brasil. Bancos de plântulas como este, com mortalidade e crescimento negligentes ao longo do estudo, não foram encontrados nos fragmentos maiores e podem representar uma importante diversidade genética a ser preservada e manipulada. A julgar somente pelo tamanho do fragmento, este poderia ser taxado por um tomador de decisão mais dogmático como sendo de baixa prioridade para conservação na área.

Este exemplo sugere que, por vezes, cada caso será um caso em Ecologia e Conservação, ao menos no atual estágio de conhecimento que se tem sobre estas ciências. Assim sendo, reforça a importância dos estudos de caso em Ecologia e exalta o seu potencial de aplicação na solução de problemas práticos e locais.

FLORESTA SECA SEMIDECIDUAL
– trata-se de uma floresta sujeita a um regime hídrico de pouca chuva, no caso de Búzios, 700 mm por ano, valor comum ao semi-árido brasileiro. É semidecídua porque a copa da floresta fica parcialmente desfolhada durante os meses de seca (de junho a setembro), quando a maioria das plantas aí ocorrentes perde parcial ou totalmente suas folhas.

1963-1967: Robert H. MacArthur (1930-1972) e Edward O. Wilson (1929-), pesquisadores norte-americanos, lançam a Teoria de Biogeografia de Ilhas, concluída em livro seminal, lançado em 1967. Apesar de ter vivido apenas 42 anos, MacArthur tanto lançou esta teoria como aperfeiçoou a Teoria de Nicho. Já Wilson, após este seu primeiro livro, veio a se tornar *best-seller* em livros sobre sociobiologia.

ATIVIDADE



1. Você já tinha ouvido falar de algumas das “regras” de conservação discutidas até aqui nesta aula? Você sabia que estas “regras” tinham origem numa teoria científica? O que lhe parece ser a principal virtude e a principal deficiência da Teoria de Biogeografia de Ilhas? Você concorda que a transformação de algumas das expectativas teóricas em critérios para a conservação da biodiversidade tenha dado origem a dogmas? Elabore sua resposta nas linhas abaixo e leve ao pólo para discussão com o tutor.

[illegible]

RESPOSTA COMENTADA

É bastante provável que você já tenha ouvido falar pelo menos da importância de se conservar em grandes fragmentos em vez de pequenos, mas é bem pouco provável que você relacionasse isso a alguma teoria científica. É provável até que isto fosse um dogma para você também, ainda que, às vezes, seja difícil admitirmos que somos dogmáticos em relação a um ou outro assunto. Durante a aula, mostramos o exemplo do pau-brasil em Búzios, que aponta o risco de seguir um dogma ao pé da letra, sem examinar as características do caso em questão. E, neste caso, o fato de fragmentos maiores serem importantes não quer dizer que os menores sejam desprezíveis.

Quanto à Teoria de Biogeografia de Ilhas, talvez sua principal virtude esteja em mostrar claramente que a estabilidade ecológica é um processo dinâmico, e não estático, já que eventos como migração e extinção estão envolvidos. Quanto às deficiências, talvez a maior seja a dificuldade em ser testada. Uma boa teoria deve abrir a possibilidade de ser falseada, ou seja, de ser provada errada. Vários dos parâmetros que precisam ser medidos para se testar esta teoria são de difícil medição (taxas de migração, extinção etc.).

HOTSPOTS DE BIODIVERSIDADE: PRIORIZAÇÃO DE AMBIENTES A SEREM CONSERVADOS

A consolidação de dogmas, como alguns dos discutidos acima, a partir de teorias insuficientemente robustas e/ou do pouco entendimento de conceitos ecológicos, reflete diretamente na tomada de decisão e no estabelecimento de prioridades para conservação. Um exemplo recente de estabelecimento de prioridade é a classificação dos *hotspots* (ou “pontos quentes”) de biodiversidade proposta pela *Conservation International*, uma ONG internacional sediada em Washington, Estados Unidos. Essa classificação aponta 25 biomas no planeta como prioritários para conservação, baseado nos seguintes critérios: alta diversidade numérica de espécies, altos níveis de **endemismos** e altas taxas de destruição de habitat. Dois biomas brasileiros atendem aos critérios: a mata atlântica e os cerrados. Como no Brasil, estes mesmos critérios, em parte, norteiam a seleção de áreas de preservação federal, florestas tropicais chuvosas e cerrados são hoje prioritários ao estabelecimento de unidades de conservação (UCs) federais.

Ainda que, de fato, mata atlântica e cerrado sejam biomas cuja conservação seja importantíssima, estabelecimento de prioridades nesses moldes significa sugerir que a conservação destes é mais importante que a de outros. O fato, porém, é que ambientes de menor diversidade ou com menores taxas de endemismos também podem apresentar importantes processos evolutivos e adaptativos. Uma outra linha de pensamento conservacionista propõe que *processos são tão ou mais importantes de serem preservados do que espécies*, ainda que esse discurso não seja o que tem predominado na prática da conservação.

Outro estudo empreendido por meu grupo de pesquisa tratou da importância da conservação dos ambientes marginais à mata atlântica, ou seja, biomas que se encontram na periferia deste *hotspot*, tais como as restingas, os pântanos, os campos de altitude, os afloramentos rochosos, as florestas secas e os mangues. Propusemos que algumas das comunidades vegetais marginais à mata atlântica são dependentes de um pequeno número de espécies vegetais. Estas seriam espécies-chave, com singularidade funcional (conforme visto na Aula 25), sem as quais as comunidades teriam sua estabilidade ameaçada. Assim, a eventual extinção dessas espécies-chave pode gerar mudanças dramáticas em composição de espécies e diversidade, o que revela a fragilidade dessas comunidades marginais.

A priorização da Conservation International não faz menção a estes ambientes marginais. Nosso argumento é que, em termos de conservação, a mata atlântica deve ser vista em conjunto com seus ambientes marginais. Em termos de conservação animal, por exemplo, embora a fragmentação tenha removido muitas das conexões entre a mata atlântica e seus ambientes marginais, várias espécies de pássaros da mata usam a restinga como extensão geográfica de sua distribuição. No caso de mamíferos, os poucos estudos sobre movimentos em larga escala relatam movimentos de marsupiais e roedores entre fragmentos isolados na baixada atlântica onde os pântanos se situam. No caso das plantas, várias das espécies ocorrentes nos ambientes marginais, principalmente aqueles mais recentes geologicamente como as restingas e pântanos, são oriundas da mata. Parece improvável que espécies oriundas de um ambiente ameno como o das matas tenham sido capazes de se ajustar no tempo ecológico ao rigor climático e nutricional das restingas, ou à baixa disponibilidade de oxigênio nos solos dos pântanos, o que leva a crer que os ajustes morfológicos, fisiológicos e ecológicos que essas espécies manifestam nessas áreas são a própria expressão de uma valiosa riqueza genética, talvez até mais importante do que endemismos, por exemplo.

Tal riqueza não tem sido prioridade de conservação no Brasil, e não está contemplada na classificação de *hotspots* e outras existentes. Se focalizarmos o exemplo das restingas, estes biomas têm baixo grau de endemismo e diversidade alta, embora inferior aos da mata atlântica *stricto sensu* e, talvez, por esta combinação de fatores, só recentemente

o Brasil teve mais uma dentre poucas unidades de conservação federal criada em restingas: o Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, em 1998. Dentre as dificuldades existentes para a criação daquela unidade de conservação, podem ser apontadas algumas “desvantagens” relacionadas à baixa diversidade e ao baixo endemismo em comparação com a mata atlântica, e ao fato da área, por se tratar de uma zona de praia, também não se encaixar na recomendação de “*unidades circulares ao invés de lineares*”, decorrente da Teoria de Biogeografia de Ilhas. Felizmente prevaleceu o princípio que processos são mais prioritários quanto à conservação do que espécies; e o Parque veio a ser criado, preservando o que é hoje uma Reserva da Biosfera da Unesco, tendo em vista sua grande importância ecológica.

Espécies endêmicas e/ou raras são priorizadas por iniciativas de conservação. Mas o que é uma espécie endêmica? O que é uma espécie rara?

Espécies endêmicas e espécies raras: extinção e perda de espécies são processos naturais de ecossistemas, mas que, contudo, têm alcançado taxas maiores do que a esperada, dada à ação do homem. Existe uma postura ética que nos impele a ter uma reação contrária à qualquer perspectiva de perda de espécies. Dentre os primeiros candidatos à extinção, ao menos probabilisticamente, encontram-se as espécies endêmicas (espécies com distribuição geográfica restrita) ou as raras (espécies com baixa abundância local) e principalmente as espécies que reúnem essas duas características, ou seja, as que são endêmicas e raras. Assim, espécies endêmicas e/ou raras são freqüentemente visadas por ações conservacionistas. Embora tais iniciativas possam ser consideradas louváveis sob um prisma ético, há uma clara confusão conceitual entre endemismo (ou raridade) e fragilidade. Restrição geográfica e/ou em abundância apresentada por uma dada espécie, não parece se dever obrigatoriamente a algum tipo de fragilidade ou inaptidão biológica intrínseca. Dessa forma, populações de espécies comuns na natureza muitas vezes irão precisar de cuidados idênticos ao de raras, até mesmo porque tais populações podem sofrer extinções locais e, com isso, toda uma riqueza de informações genéticas não mais estará disponível.

ATIVIDADE



2. Muito do debate acerca de prioridades para conservação, conforme vimos até aqui, está polarizado. De um lado há os que defendem conservação de diversidade de espécies, de endemismos e de raridades. De outro, há os que defendem a conservação de processos ecológicos. Provavelmente são dois lados de uma mesma moeda. Dentre as unidades de conservação existentes na região do seu município, você acha que algum dos dois critérios tenha predominado em sua criação? Você acha que a decisão foi embasada em algum critério ecológico? Existem áreas no seu município que você acredita que deveriam ser conservadas? Que critérios guiam o seu julgamento?

[illegible]**RESPOSTA COMENTADA**

De um modo geral, no Brasil, infelizmente, critérios políticos são mais levados em conta ao se criar unidades de conservação do que critérios ecológicos. Entretanto, quando critérios ecológicos são usados, predomina o da diversidade e endemismos. Beleza cênica, ou presença de curso d'água ainda não poluído e próprio para banho também podem ser critérios. Esse perfil mostra que a contribuição da Ecologia como ciência, para este fim, ainda tem sido pequena no nosso país. Pode ser que a aula tenha afetado seus critérios de julgamento para prioridades de conservação no seu município, mas é provável que seus critérios estivessem associados, também, à diversidade, beleza cênica, potencial balneário ou algum valor sentimental.

UM PAPEL PARA O BRASIL

A Ecologia tem de lidar com um universo de grande complexidade e, portanto, ainda é difícil produzir teorias robustas diretamente aplicáveis à conservação. Dessa forma, a sua perspectiva teórica da Ecologia não pode ser perdida de vista, ainda que aplicações à conservação mereçam ser examinadas caso a caso, como bem exemplifica o estudo do pau-brasil descrito acima. Porém, essa abordagem só terá sucesso se não for permeada por dogmas ou preconceitos implícitos. Se no caso do estudo do pau-brasil, os pesquisadores tivessem incorporado o dogma que fragmentos pequenos são inúteis para conservação, talvez não tivessem interpretado seus dados da forma como o fizeram, mostrando claramente a importância daquele único pequeno fragmento de 0,2 hectare na preservação do pau-brasil na área estudada.

A construção de teorias ecológicas mais robustas é uma importante meta a ser alcançada, já que as teorias vigentes precisam ainda ser, em muito, aprimoradas para que possam ajudar a estabelecer regras mais sólidas acerca do quê seja, ou não, prioridade em termos de conservação. Vemos aqui o grande papel que o Brasil pode desempenhar em termos do avanço científico em Ecologia e Conservação. Já que nossas fronteiras guardam grande parte da riqueza biológica do planeta, cabe a nós termos o domínio sobre essas ciências. De pouco adiantará a lista infindável de casos interessantes a serem estudados no Brasil, que a diversidade de espécies, de habitats e de processos dos ecossistemas propiciam, se esta não vier a ser utilizada como base para testar teorias existentes e/ou formular novas.

Para que possamos, no Brasil, dar estas contribuições ao avanço teórico da Ecologia e às suas aplicações práticas na conservação, será preciso estimular os jovens cientistas, formados em quantidade neste país, a desenvolverem um pensamento em Ecologia que seja autônomo e crítico e não simplesmente conformado em aceitar dogmas impostos a partir de teorias ainda pouco robustas. Na contestação científica de dogmas, e no teste de teorias vigentes, creio que poderemos contribuir para uma conservação melhor no país e no mundo. Para alcançarmos esse estágio, a Educação terá um papel essencial, principalmente sob uma perspectiva de incentivo à autonomia e ao pensamento criativo, ao invés de promover exclusivamente a reprodução e cópia de outros modelos.

CONCLUSÃO

A Ecologia é a ciência que se presta para solucionar problemas referentes à conservação da biodiversidade. Contudo, os conceitos e teorias que formam o corpo desta ciência são ainda possuidores de inúmeros problemas que dificultam sua aplicação. Apesar disso, teorias ainda pouco amadurecidas têm se tornado a base para iniciativas de conservação, por vezes até passando do *status* de teorias a dogmas. Maior sucesso na aplicação da ciência ecológica à solução de problemas ligados à conservação, dependerá de substancial avanço teórico dessa ciência. O Brasil, como nação que abriga boa parte da biodiversidade do planeta, deverá cumprir papel central na produção desse conhecimento.

ATIVIDADE FINAL

Um dos grandes dilemas da ciência moderna é que a velocidade de destruição dos ambientes naturais é maior e mais rápida que a produção de conhecimento em Ecologia. Logo, ainda que saibamos que, por exemplo, estabilidade é um importante parâmetro para se levar em conta ao estabelecermos prioridades de conservação, não podemos esperar que surjam boas formas de medi-la, para só então decidir quanto às suas prioridades. Assim, o avanço teórico em Ecologia não pode parar, assim como a conservação de novas áreas também não.

Imagine dois cenários. Em um, você é um executivo que precisa definir critérios para estabelecer prioridades de conservação. Em outro, você é um pesquisador que precisa priorizar uma dentre várias linhas de investigação possíveis para avançar no conhecimento ecológico aplicado à conservação.

1. Como executivo, quais parâmetros você priorizaria para nortear sua escolha de áreas de conservação? Por quê?

2. Como pesquisador, você investiria no estudo de quais parâmetros para buscar maior precisão na aplicação da Ecologia à conservação?

RESPOSTAS COMENTADAS

O simples fato de haver várias respostas possíveis para essas duas perguntas, não havendo necessariamente respostas mais certas ou mais erradas, já é em si a medida da ainda baixa precisão da Ecologia na solução de problemas ligados à conservação. Como o leque possível de respostas é amplo, a seguir listo apenas algumas das possibilidades:

1. Para um executivo serão necessários parâmetros de avaliação rápida. Diversidade de espécies e número de espécies endêmicas ou raras e ameaçadas são parâmetros comuns de serem levados em conta nesses casos. Grau de ameaça do habitat, por avanço de fronteira agrícola ou urbana, é outro. Espécies-emblema também são causas comuns de priorização de áreas. Pau-brasil, araucária, lobo guará, mico-leão-dourado, dentre outras, são espécies de grande apelo público pelo grau de ameaça em que se encontram. Por vezes, a presença de uma dessas espécies justifica a preservação de habitats inteiros. Ambientes que preservem nascentes ou corpos d'água também são passíveis de priorização. Note, porém, que em todos os exemplos listados há uma maior ênfase nas espécies do que em processos, talvez pelo fato desses últimos serem mais dificilmente medidos e quantificados.

2. Para um pesquisador, o leque de opções possíveis é bastante amplo. Contudo, talvez possam ser categorizados em três grandes tipos: pesquisas sobre diversidade, sobre complexidade e sobre funcionamento de ecossistemas. Pesquisas em diversidade incluem inventários de espécies, que indicam sua composição e riqueza. Pesquisas voltadas para problemas complexos envolvem interações entre espécies e podem encontrar informações acerca das funções das mesmas. Pesquisas voltadas para funcionamento de ecossistemas incluem as relações dos organismos com ciclos e fluxos de energia e matéria, novamente visando entender o papel funcional das mesmas.

RESUMO

A conservação da biodiversidade depende da produção de conhecimento em Ecologia para um maior sucesso de sua implementação. Esta ciência, porém, ainda possui lacunas teóricas que por vezes impedem a sua eficiente aplicação na solução de problemas como o da conservação. A Teoria de Biogeografia de Ilhas é um exemplo de uma teoria que, ainda que possua problemas, derivou verdadeiros dogmas que hoje permeiam a prática da conservação. Dogmas como esses levam, por vezes, à priorização de determinados biomas e comunidades, o que com frequência se dá em detrimento de outros. Por exemplo, hoje há uma tendência de se priorizar conservação de diversidade de espécies ao invés de processos ecológicos, menos pela maior importância da primeira, mas talvez pelo maior desconhecimento desses processos. Logo, a Ecologia como ciência precisa avançar na criação de critérios que permitam uma maior precisão na hora de se definir prioridades de conservação. O Brasil, como país detentor de grande parte da biodiversidade do planeta, deverá cumprir papel essencial nesse sentido.

Leitura recomendada

Uma das poucas referências em português sobre o tema é o livro de Pri mack e Rodrigues (2001). Alguns dos exemplos discutidos aqui são tratados em alguns capítulos do livro de Rocha, Esteves & Scarano (2004).

Prática de campo

Metas da aula

Aplicar descritores de comunidade a um estudo de caso e reconhecer algumas interações inseto-planta em dois ambientes distintos.

objetivos

Ao final desta aula, é esperado que você seja capaz de:

- Comparar a estrutura da vegetação em diferentes áreas.
- Descrever, identificar e quantificar algumas interações ecológicas.
- Discutir métodos de amostragem utilizados em Ecologia e propor modificações.
- Desenvolver hipóteses explicativas e respectivos testes para os resultados encontrados.

Pré-requisitos

Todas as aulas de PCC.

INTRODUÇÃO

Hoje você vai participar de uma prática de campo, atividade imprescindível para quem estuda Ecologia ou quem a ensina. O trabalho em Biologia é, na maior parte do tempo, um trabalho de equipe. A experiência de cooperação mútua em condições às vezes adversas é parte importante da formação profissional do biólogo. Sua participação individual e na equipe, durante o trabalho de campo e na confecção do relatório, é um fator diferencial de avaliação e será registrada e reportada pelo tutor presencial.



Normas de conduta para o trabalho de campo

1. A atividade de campo é destinada aos alunos de PCC e é uma atividade acadêmica normal. É vetada a participação de pessoas alheias à disciplina.
2. É vetado o consumo de bebidas alcoólicas, drogas e afins durante todo o período do trabalho de campo.
3. Por motivo de segurança, não se afaste do grupo durante a atividade.
4. Toda coleta de material vegetal ou animal (se houver), será determinada pelas atividades específicas da prática. Não são permitidas coletas paralelas para fins pessoais, sejam ligados à Universidade ou não.



Recomendações

1. Vestir-se adequadamente para a atividade de campo: calça comprida, camisa (leve, mas preferencialmente de manga comprida), boné, tênis confortável e capa de chuva.
2. Levar protetor solar, repelente, cantil com água (mais de 1 litro por pessoa), medicamentos específicos.
3. Levar água e lanche para o intervalo de almoço. Recomendam-se alimentos que não deteriorem rapidamente com o calor (frios, iogurtes etc.) Sugerem-se frutas como laranja e maçã, biscoitos, frutas secas, granola, sanduíches de queijo, sucos e achocolatados em caixinhas.
4. Antes de sair do pólo, verificar se o material necessário solicitado para a prática está sendo levado. Não esquecer de preparar uma prancheta, com lápis (de preferência 2b, 4b, ou 6b) preso por barbante e um saco plástico transparente e largo o suficiente para permitir que você escreva e enxergue a prancheta mesmo com chuva (nem sempre o tempo colabora com nossas tarefas!). Ler o roteiro com cuidado e preparar as planilhas para conferir com o tutor antes do início da prática.
5. Toda atenção é pouca na preparação e preenchimento das planilhas! A coleta e anotação correta dos dados é imprescindível em um trabalho técnico e/ou científico de qualidade.

PRÁTICA DE COMUNIDADE: AMOSTRAGEM DA VEGETAÇÃO AO LONGO DE UM TRANSECTO

A variação de fatores como luminosidade, solo e cobertura vegetal pode influenciar a distribuição dos organismos e a paisagem dominante.

Nesta prática, nosso objetivo é comparar a estrutura da vegetação ao longo de uma faixa de fora para dentro de uma mata. Como estudado em aulas anteriores, a delimitação da comunidade pode ser arbitrária para

fins de estudo e, nesse caso, estaremos abordando as espécies vegetais que se distribuem fora e dentro de uma mata.

Os métodos utilizados para estimativas de riqueza (número de espécies) e abundância (número de organismos por espécie) variam em função do tipo de ambiente (aquático, terrestre) e do tipo de organismos (sésseis, móveis).

Para se verificar a diversidade da comunidade de plantas em ambiente terrestre, não seria possível contar todos os indivíduos de todas as espécies de uma mata. Assim, pode-se fazer uma amostragem, ou seja, são contadas espécies e indivíduos de uma área menor que represente o conjunto. Nessa área menor, podem ser usadas unidades de amostra, de área conhecida, chamadas *quadrat*, ou seja, são contados os indivíduos de uma ou mais espécies dentro de uma área de solo delimitada por um quadrado.

Podem ser utilizadas diferentes formas de amostragem:

Amostragem ao acaso, em que são utilizados quadrats distribuídos aleatoriamente, onde cada metro quadrado tem chance igual de ser selecionado, e até mesmo, de ser selecionado duas vezes.

Amostragem regular, em que são utilizados quadrats seqüenciais ao longo de uma fileira (transect) ou agrupados no sentido de formar uma grade de quadrats (grid ou grade).

1. Nesta prática, será utilizada a amostragem regular, com um transecto de 80m, sendo 40m para dentro e 40m para fora da mata. Nesse transecto, definido por uma corda estendida por 80m, serão analisados 8 quadrats (5 x 5m) para estudo do estrato arbóreo e arbustivo e 16 quadrats menores (0,5 x 0,5m) para estudo do estrato herbáceo, sendo metade dentro e metade fora da mata.

Material a ser utilizado

- corda de 80m marcada de 5 em 5 metros;
- fita métrica;
- paquímetro;
- quadrat reticulado de 0,5m de lado;
- 6 estacas de madeira, PVC, ferro ou alumínio (por exemplo, espeques de barraca de camping);
- protocolo de campo em prancheta, lápis, borracha;
- 1 saco plástico para prancheta;
- régua, folhas de papel e calculadora.

MORFOTIPO

Organismo representante de uma unidade taxonômica distinta, mas não determinada. Por exemplo, você reconhecerá plantas distintas em seu transecto, mas não saberá (salvo exceções) a que gênero e espécie pertencem. Cada planta receberá um nome fantasia ou número, de forma a permitir a contagem no mesmo quadrat e entre quadrats. Se for o caso, utilize desenhos ou colete uma amostra, identifique-a pelo nome ou número com uma fita adesiva e carregue-a em sacola plástica para facilitar o reconhecimento de um quadrat para outro. Você pode usar várias características para definir os morfotipos desta prática: disposição, forma e outras características das folhas, flores, casca do tronco etc. Num trabalho de pesquisa real, você deveria coletar e herborizar amostras de cada uma, de preferência contendo flores, e comparar suas amostras à de uma coleção ou solicitar ajuda a um taxonomista.

LIANAS

Cipós trepadores que podem atingir muitos metros de comprimento. Crescem apoiando-se no substrato e emaranhando-se com ele. Esta definição foi retirada do Volume 1 da disciplina Botânica I, onde a **Figura 17.18** mostra um tipo de liana ou cipó. Exemplo: erva-de-passarinho.

EPÍFITAS

Plantas não-parasitas que utilizam árvores como substrato. Exemplo: algumas bromélias, samambaias e aráceas.

Procedimento

1. Se vocês forem mais de quatro alunos, serão divididos em duas turmas, ou como determinado pelo tutor.
2. Se houver duas turmas, uma poderá trabalhar o estrato arbóreo-arbustivo e outra o herbáceo, num dos ambientes (fora ou dentro da mata) e depois inverter.
3. Cada turma deverá trazer a planilha preparada para a obtenção dos dados e apresentá-la ao tutor ANTES do início do trabalho.
4. Estender a corda (nailon ou cabo) por 80 metros, adentrando a mata por 40 metros.
5. Delimitar um quadrat de 5 x 5m com barbante e estacas, partindo do lado esquerdo da corda. Em seguida, caminhar 5m e estabelecer o segundo quadrat do lado direito da corda. Proceder da mesma forma até completar os oito quadrats.
6. Em cada quadrat de estrato arbóreo e arbustivo, você deve efetuar a contagem de **MORFOTIPOS** de arbustos e árvores com DAS (diâmetro na altura do solo) acima ou igual a 3cm. Para cada indivíduo, você deve medir o DAS, com paquímetro ou fita métrica, estimar a altura e verificar a presença de formas “especiais” como **LIANAS** e **EPÍFITAS**.
7. Para estudo da cobertura vegetal, sorteie, em cada quadrat de 5 x 5m, 2 quadrats de 0,5 x 0,5m em quinas opostas (veja planilha). Em cada quadrat, você deve registrar a cobertura total (%) de herbáceas no quadrat.
8. Onde forem estabelecidos os quadrats de 0,5 x 0,5m, você deverá ficar em pé ao lado da área, colocar o quadrat gradeado exatamente acima de sua cabeça e, olhando para o dossel através dele, verificar o percentual de cobertura, com a ajuda de um(a) colega. Registre na planilha.

Planilha para os quadrats de arbóreas e arbustivas

Data: _____

Local: _____

Ambiente (dentro ou fora da mata): _____

Número do quadrat: _____

Morfoespécie	DAS	Altura	Epífita	Liana

Planilha para os quadrats de herbáceas

Data: _____

Local: _____

Quadrat	Cobertura de dossel (%)	Cobertura total de herbáceas (%)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		

De volta ao pólo

1. Prepare uma curva do coletor (espécies acumuladas por área acumulada) dentro e fora da mata, considerando o quadrat 5 x 5m. Descreva o resultado. Faça outras curvas mudando a sequência dos quadrats. Compare e descreva os seus resultados. Na situação estudada, o método lhe parece confiável para estabelecer o número mínimo de amostras para obter a riqueza? Discuta com o grupo e com o tutor.
2. Discuta o padrão de distribuição das morfoespécies: as mais abundantes na mata também o são na área de transição entre a área aberta e a mata?
3. Aplique o índice de diversidade de Shannon a cada um dos quadrats de 5 x 5m. Compare os valores de riqueza de morfoespécies e de diversidade de Shannon dentro e fora da mata. Eles se comportaram da mesma forma? Discuta com o grupo e com o tutor.
4. Apesar de nossa amostragem ser pequena, vamos usar os conhecimentos adquiridos em Elementos de Matemática e Estatística (Módulo 3, Volume 2) e verificar a média e desvio-padrão dos valores do índice de Shannon e se a diferença dentro e fora da mata é significativa.
5. Calcule a equitabilidade a partir do índice de Shannon e observe o que mais alterou os valores do índice: a riqueza ou a equitabilidade?
6. Você esperaria as diferenças encontradas? Justifique sua resposta.
7. Compare os percentuais de cobertura total de herbáceas dentro e fora da mata e confronte com os percentuais de cobertura do dossel. Há uma relação entre a cobertura do dossel e a cobertura de herbáceas? Essa relação é positiva ou negativa?
8. O resultado dos percentuais de cobertura herbácea dentro e fora da mata está de acordo com o que você esperava? Por quê?
9. Em que proporção foi verificada a presença de lianas e epífitas dentro e fora da mata?
10. Liste as dificuldades inerentes à medição. Por exemplo, identificar e contar epífitas e lianas é difícil. Como você imagina que isso poderia ser feito de forma mais eficiente? E em relação aos arbustos, árvores e herbáceas?
11. Você poderia sugerir outra forma para descrever essa comunidade dentro e fora da mata?

12. Será que variáveis abióticas podem estar influenciando a distribuição das plantas?
13. Em que variáveis ambientais a medida da cobertura do dossel pode refletir direta ou indiretamente? Que outras variáveis ambientais você consideraria importantes para comparar as comunidades de plantas dentro e fora da mata?

PRÁTICA DE INTERAÇÃO INSETO-PLANTA

Utilizando o mesmo transecto definido na prática de comunidades, você vai escolher vinte plantas, entre 0,5m e 1,5m de altura, sendo dez fora da mata e dez dentro. Você vai vistoriar cada uma dessas plantas por alguns minutos, verificando a presença de insetos (adultos ou lagartas) da guilda de hábito exofítico, que são todas as espécies que se utilizam da planta por alimentação externa (como raspadores, sugadores ou mastigadores) ou da **GUILDA** dos endofíticos, que se utilizam da planta por alimentação interna (minadores e galhadores).

GUILDA

Conjunto das espécies da comunidade que utilizam o mesmo recurso de forma similar.

1. Faça uma breve descrição de cada caso (ou morfoespécie) encontrado e classifique-o como exofítico ou endofítico. Se possível, fotografe-os, de preferência com câmera digital.
2. Verifique a riqueza e a proporção de morfoespécies para cada uma das duas guildas de insetos (exofítico e endofítico) e em cada ambiente (fora e dentro da mata). Faça uma curva do coletor para cada um dos ambientes, considerando toda a comunidade de insetos, e depois, para cada guilda separadamente. Compare os gráficos obtidos.
3. Houve diferenças nos valores de riqueza de morfoespécies e na proporção de espécies nas guildas nos dois ambientes? Você acha que a possível diferença na diversidade de espécies, estrutura etária ou em outros parâmetros das plantas entre os dois ambientes estudados poderiam explicar os padrões que você encontrou para os insetos?
4. Formule uma hipótese coerente com os seus resultados para explicar a distribuição das guildas nos dois ambientes e indique um método viável de testá-la.

Observações complementares (serão feitas se houver tempo ou a critério do tutor)

No transecto, observe a quantidade de folhíço depositado no solo da floresta e no da área aberta; a predominância de solo arenoso ou com muita matéria orgânica, o grau de umidade do solo.

Utilizando uma pinça de ponta fina (tipo usada por relojoeiro), disseque algumas galhas e minas encontradas e observe, com uma lupa de mão, o inseto herbívoro causador desta interação.

Procure fazer descrições (com auxílio de fotografias) de outras interações (predação, competição, mutualismo) que você tenha observado no transecto ou fora dele e classifique-as com base nas categorias apresentadas na disciplina. Se houver embaúbas (*Cecropia sp.*), não deixe de dar umas batidinhas no caule para observar se há formigas.

Esperamos que vocês aproveitem bem sua experiência de campo! Como os resultados serão diferentes em cada grupo (pólo), as discussões ocorrerão com o tutor presencial.

Boa sorte!

Populações, Comunidades e Conservação

Referências

Aula 21

KREBS, C. J. *Ecological methods*. Canadá: University of British Columbia, 1989. 654p.

MAGURRAN, A. E. *Ecological diversity and its measurement*. London: Princeton University Press, 1988. 179p.

Aula 22

BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSEND, C. R. *Ecology: individuals, populations and communities*. London: Blackwell Science, 1990. 945p.

KREBS, C. J. *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance*. New York: HarperCollins College Publishers, 1994. 801p.

RICKLEFFS, Robert E.; MILLER, G. L. *Ecology*. New York: W. H. Freeman. 1999. 822p.

VANDERMEER, J. H. Niche theory. *Annual Review of Systematics and Ecology* 3. New York, p.107-132, 1972.

Aula 23

BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSEND, C. R. 1990. *Ecology: individuals, populations and communities*. London: Blackwell Science, 1990. 945p.

KREBS, C. J. *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance*. New York: HarperCollins College Publishers, 1994. 801p.

RICKLEFFS, Robert E.; MILLER, G. L. *Ecology*. New York: W. H. Freeman, 1999. 822p.

Aula 24

BOZELLI, Reinaldo; ESTEVES, Francisco A.; ROLAND, Fábio (Orgs.). *Lago batata: impacto e recuperação de um sistema amazônico*. Rio de Janeiro: UFRJ/SBL, 2000.

CONNELL, J.H.; SLATYER, R.O. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *American Naturalist*, v. 111, p. 1119-1144, 1977.

LAWTON, J. H. Are there assembly rules for successional communities? In: GRAY, A.J., CRAWLEY, M. J.; EDWARDS, P. J. (Orgs.). *Colonization, succession and stability*. Oxford: Blackwell, 1987.

PINTO COELHO, Ricardo Motta. *Fundamentos em ecologia*. São Paulo: Artmed, 2002

ROCHA, Frederico Duarte da.; ESTEVES, Francisco de Assis; SCARANO, Fábio Rubio (Orgs.). *Pesquisas de longa duração na restinga de Jurubatiba: ecologia, história natural e conservação*. São Carlos: Rima, 2004.

Aula 25

SCARANO, Fabio Rubio; DIAS, A.T.C. A importância de espécies no funcionamento de comunidades e ecossistemas. In: COELHO, A. S.; LOYOLA, R. D.; SOUZA, M.B.G. (Orgs.). *Ecologia teórica: desafios para o aperfeiçoamento da ecologia no Brasil*. Belo Horizonte: O Lutador, 2004.

_____. Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic rain forest. *Annals of Botany*, v. 90, p. 517-524, 2002.

Aula 26 e 27

SCARANO, Fabio Rubio; RIOS, Ricardo Iguesias; ESTEVES, Francisco de Assis. Tree species richness, diversity and flooding regime: case studies of recuperation after anthropic impact in Brazilian flood-prone forests. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences* , v. 24, p. 223-235, 1998.

Aula 28

PRIMACK, Richard B.; RODRIGUES, Efraim. *Biologia da conservação*. Londrina: Planta, 2001. 328p.

ROCHA, Carlos Frederico D.; ESTEVES, Francisco A.; SCARANO, Fábio R. (Orgs.). *Pesquisas de longa duração na restinga de Jurubatiba: ecologia, história natural e conservação*. São Carlos: RiMa, 2004.

ISBN 85-7648-132-4



9 788576 481324



UENF
Universidade Estadual
do Norte Fluminense



Universidade Federal Fluminense



SECRETARIA DE
CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Ministério
da Educação

