

# Noções Básicas de Ecologia para Engenheiros

Ronaldo Figueiró

1ª Edição



Ronaldo Figueiró

# Noções Básicas de Ecologia para Engenheiros

1ª Edição

Volta Redonda



2012



**FOA**  
**Presidente**  
Dauro Peixoto Aragão

**Vice-Presidente**  
Jairo Conde Jogaib

**Diretor Administrativo - Financeiro**  
Iram Natividade Pinto

**Diretor de Relações Institucionais**  
José Tarcísio Cavaliere

**Superintendente Executivo**  
Eduardo Guimarães Prado

**Superintendência Geral**  
José Ivo de Souza

**UniFOA**  
**Reitor**  
Alexandre Fernandes Habibe

**Pró-reitora Acadêmica**  
Cláudia Yamada Utagawa

**Pró-reitora de Pós-Graduação,  
Pesquisa e Extensão**  
Daniella Regina Mulinari

**Cadernos UniFOA**  
**Editora Executiva**  
Flávia Lages de Castro

**Editora Científica**  
Daniella Regina Mulinari

#### **FICHA CATALOGRÁFICA**

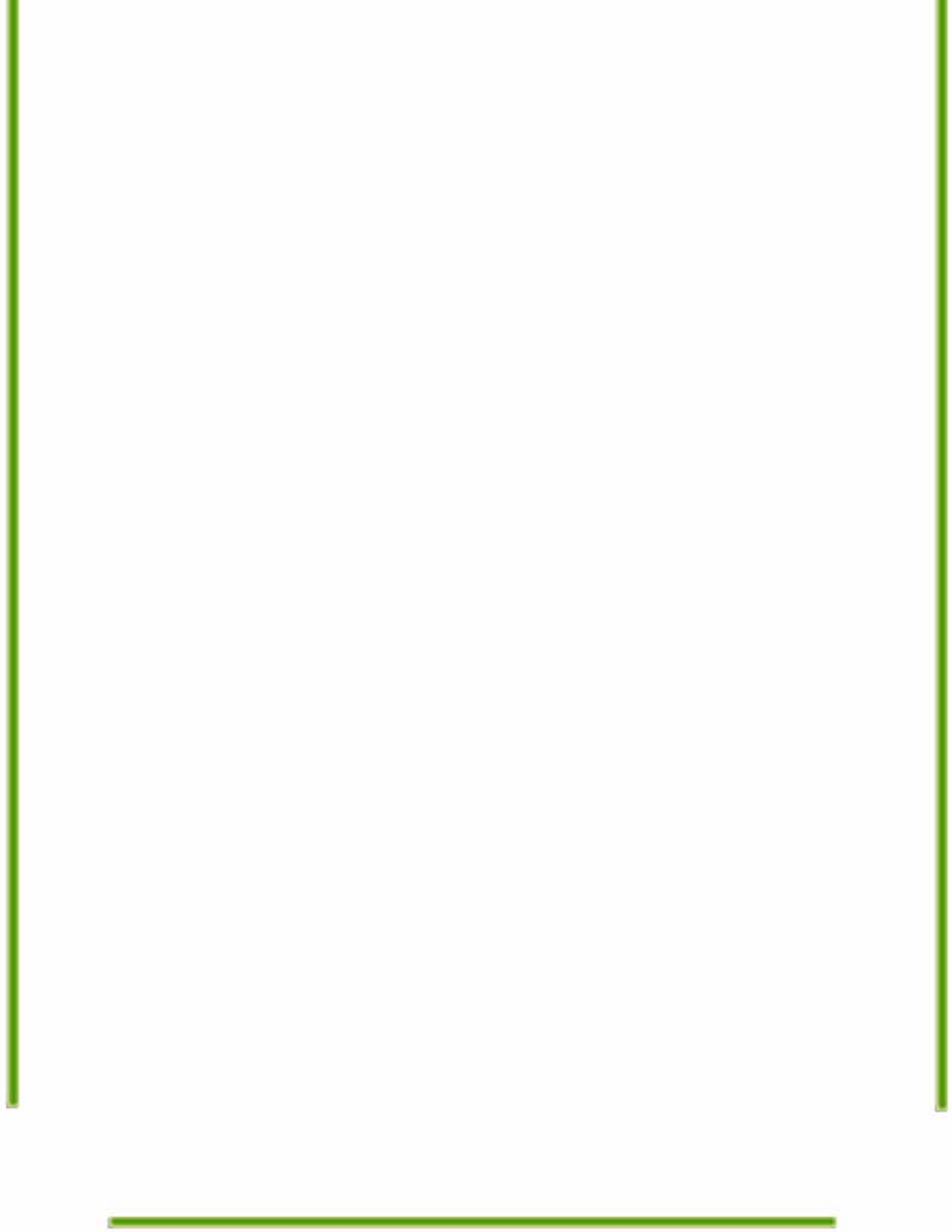
Bibliotecária Gabriela Leite Ferreira - CRB 7/RJ - 5521

F475 Figueiró, Ronaldo.  
Noções básicas de ecologia para engenheiros / Ronaldo Figueiró. – 1. ed. – Volta Redonda: FOA, 2013.  
87 p. : il

Inclui bibliografia  
ISBN: 978-85-60144-49-5

1. Ecologia. I. Título.

CDD – 577



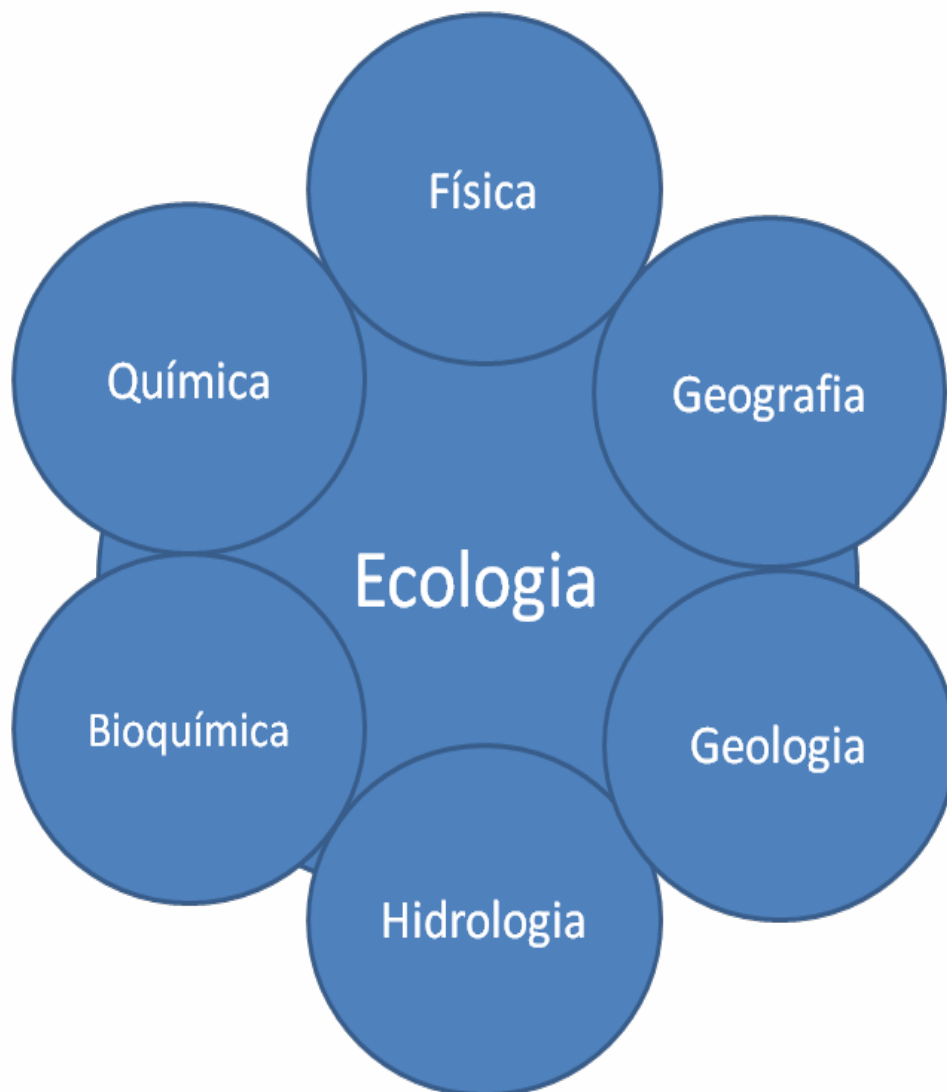
# Índice

Introdução: O que é Ecologia?.....	3
Capítulo 1: Conceitos básicos em ecologia e fluxo de energia nos ecossistemas.....	4
Capítulo 2: Introdução aos ciclos de nutrientes: os caminhos da matéria pelo ecossistema.....	17
Capítulo 3: Adaptações, estratégias bionômicas e especiação: as bases do processo evolutivo.....	24
Capítulo 4: Introdução à Ecologia de Populações.....	38
Capítulo 5: Noções da teoria da Biogeografia de Ilhas e suas aplicações na conservação.....	55
Capítulo 6: Introdução à Ecologia de Comunidades.....	61
Capítulo 7: Sucessão Ecológica.....	78
Capítulo 8: Interações Ecológicas.....	89
Capítulo 9: Tipos de poluição e seus impactos no ambiente.....	98

## Introdução: O que é Ecologia?

“Por ecologia, entendemos como um conjunto de conhecimentos em relação à administração da Natureza - a investigação de todas as relações do animal com seu ambiente inorgânico e orgânico.” Haeckel (1870)

A ecologia pode ser considerada uma metaciência, pois emprega conceitos de outras ciências, como a física, química, geografia, geologia, climatologia, genética, fisiologia e outras, em sua abordagem.

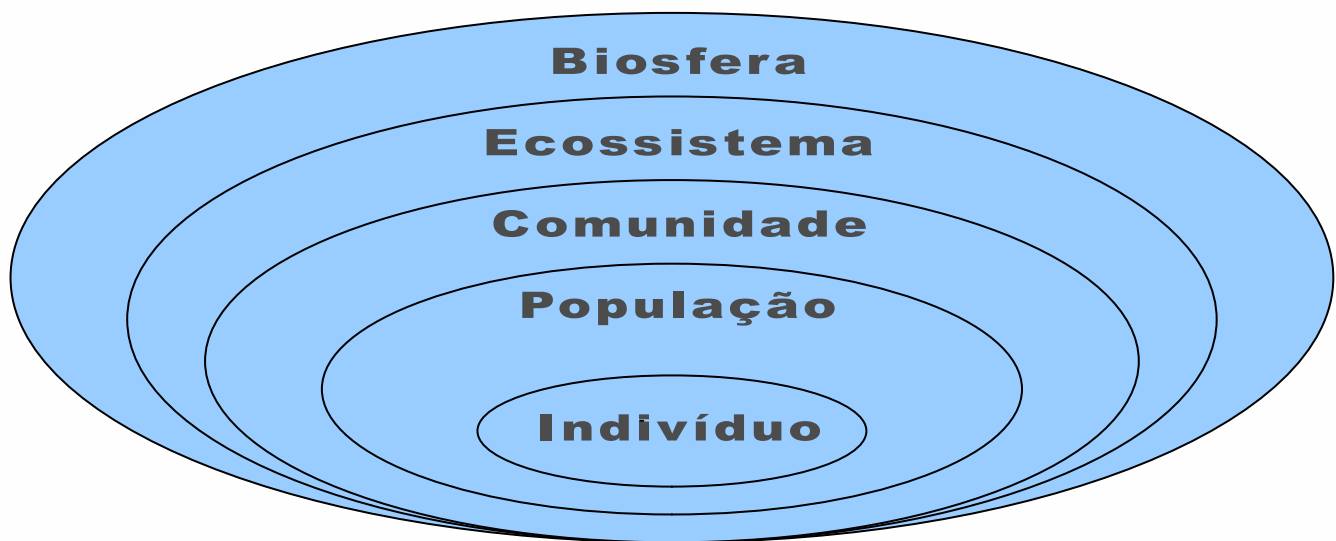


# Capítulo 1

## conceitos básicos em Ecologia e Fluxo de energia nos ecossistemas

### Níveis de organização

A unidade básica na ecologia é o indivíduo. Uma série de indivíduos de uma mesma espécie em um mesmo local formam uma população. Várias populações de diferentes espécies em um local formam uma comunidade biológica. As comunidades biológicas e seu meio físico, por sua vez, formam ecossistemas. Por sua vez, o conjunto de todos os diferentes ecossistemas na terra formam o que chamamos de biosfera.



### O que é um ecossistema?

- Definição de sistema: Componentes que interagem regularmente e interdependentemente entre si, formando um todo unificado.
- Ecossistema: sistema ecológico  
Componente biótico + Componente abiótico

Ou seja, por ecossistema entende-se o todo formado pelo componente biótico ( os seres vivos ) e o ambiente físico que estes ocupam. O componente biótico atua sobre o meio físico, da mesma forma que o meio físico atua sobre o componente biótico.



Observe a figura abaixo, e responda: Quantos ecossistemas você vê?



Foto: Paolo Neo, retirada de <http://www.public-domain-photos.com>

Podemos considerar um ecossistema aquático, o lago, e um ecossistema terrestre, certo? No entanto, será que os recursos do lago não estão disponíveis para os organismos do ecossistema terrestre? Será que os pássaros não se alimentam dos peixes ou de insetos aquáticos associados ao lago? Neste caso, poderíamos considerar tudo um único ecossistema, não?

Na verdade, existem ecossistemas em diversas escalas. Uma comunidade microbiana contida em um pouco de água em uma casca de noz pode ser considerada um ecossistema. Um copo de bromélia, cuja água propicia ambiente para girinos, insetos aquáticos e microorganismos, dentre outros, pode ser considerado um ecossistema, tanto quanto uma grande floresta tropical como a floresta amazônica pode ser considerada um ecossistema.



Foto: Paolo Neo, imagem retirada de <http://www.public-domain-photos.com>

## Quais são os componentes abióticos de um ecossistema?



Foto: Jon Sullivan, imagem retirada de <http://www.public-domain-photos.com>

O primeiro, e provavelmente mais importante fator abiótico é a luz. Ela proporciona toda a energia que vai sustentar um ecossistema, como será visto mais adiante.

Outros fatores abióticos relevantes são os nutrientes, o substrato (a superfície sobre a qual um organismo ocorre), quando este não é outro ser vivo, como no caso das epífitas (vegetais que crescem sobre outros vegetais, tais como as bromélias).

As substâncias orgânicas, como proteínas, carboidratos e lipídeos formam um elo entre os componentes biótico e abiótico do ecossistema.



## E quais são os componentes bióticos?

Sabemos que os componentes bióticos do ecossistema são os seres vivos, no entanto, estes podem ser subdivididos quanto a sua forma de obtenção de alimento e sua função dentro do ecossistema.

### Classificação quanto à forma de obtenção de energia:



Foto: Jon Sullivan, retirada de <http://www.public-domain-photos.com>

### **Organismos heterotróficos:**

São todos aqueles organismos que são incapazes de produzir seu próprio alimento, sejam eles carnívoros, herbívoros ou onívoros.



Foto: Paolo Neo, retirada de <http://www.public-domain-photos.com>

### **Organismos autotróficos:**

São aqueles capazes de sintetizar seu próprio alimento, no caso, todos os organismos fotossintetizantes ou quimiossintetizantes. Mas como isso ocorre?

Para entendermos melhor, é necessário primeiro conceituarmos energia.

### **O que é energia?**

Em geral, o conceito e uso da palavra **energia** se refere “ao potencial inato para executar trabalho ou realizar uma ação”.



**Todos os organismos demandam energia:** Energia para o Crescimento, reprodução, locomoção, etc...

### Tipos de energia:

Existem vários tipos de energia: Calorífica, mecânica, química, etc...

A energia química é de especial importância nos sistemas biológicos. Esta é a energia que é armazenada nas ligações químicas.

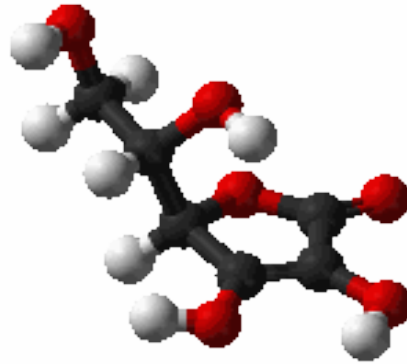


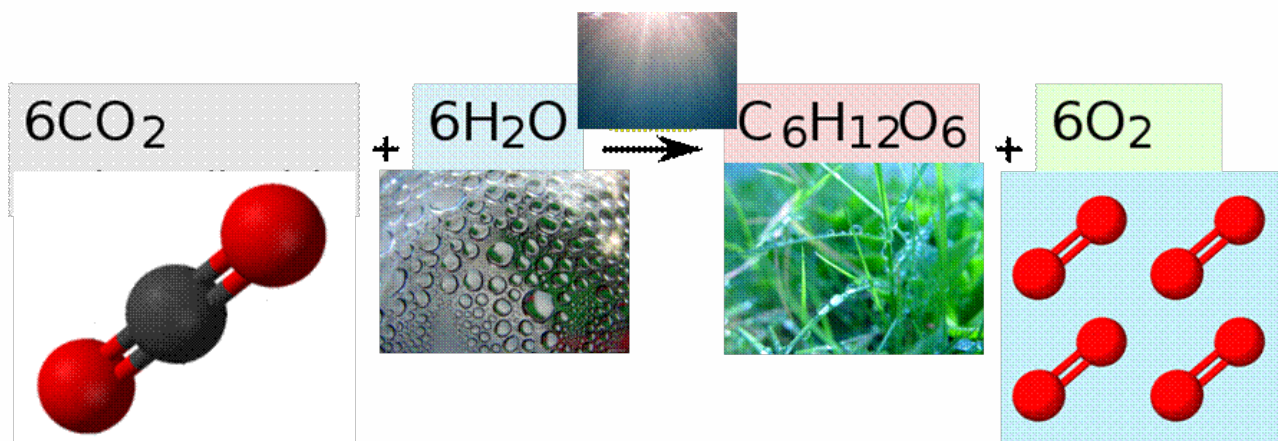
Imagem retirada de: <http://chemistry.about.com>

Porque a energia química é tão importante?

Anteriormente abordamos a forma de obtenção dos organismos. Em termos tróficos, podemos classificar os organismos heterotróficos como consumidores, e os organismos autotróficos como produtores.

### Produção primária

É o processo pelo qual os organismos autotróficos ( produtores ) armazenam a energia solar sobre a forma de energia nas ligações químicas de compostos orgânicos complexos. Para isto, estes absorvem compostos inorgânicos simples ( $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ ).



Esta energia armazenada na forma de ligações químicas pelos organismos autotróficos é o que vai sustentar todo o componente biótico do sistema.

Antes de seguirmos adiante, é necessário se diferenciar a **produção primária bruta** da **produção primária líquida**. Por **produção primária bruta** entende-se toda a energia armazenada pelos produtores primários. Já por **produção primária líquida**, entende-se a produção primária bruta menos a energia gasta pelos próprios produtores, ou seja, é a energia que de fato está disponível para os consumidores.

### Níveis tróficos:

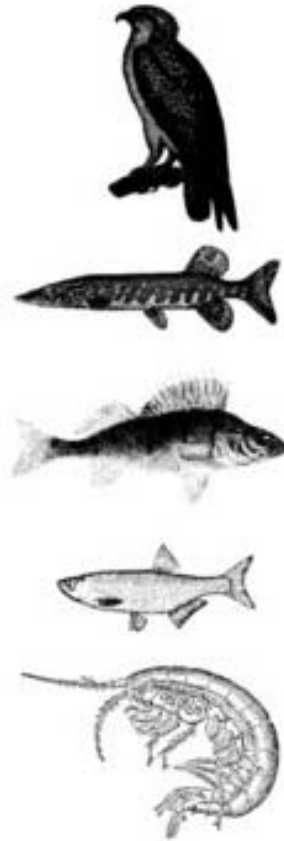


Imagem retirada de: [Nordisk familjebok](#) (1904–1926)

Como vimos anteriormente, os únicos organismos capazes de produzir seu próprio alimento são os produtores ( organismos autotróficos ). Todos os organismos heterotróficos ( Consumidores ), dependem de alguma forma dos produtores. São chamados de consumidores primários os herbívoros, ou seja, aqueles organismos que se alimentam diretamente dos produtores. No entanto, carnívoros (consumidores secundários, terciários, etc) também se beneficiam da energia fixada pelos produtores, pois suas presas ou são herbívoros, ou se alimentam de herbívoros, como demonstrado na figura acima.

A pergunta que podemos fazer ao observarmos esta cadeia acima é: na natureza as coisas são tão simples assim, tão lineares? A resposta é: não. Na natureza temos o que chamamos de teias tróficas, como está demonstrado na figura a seguir:

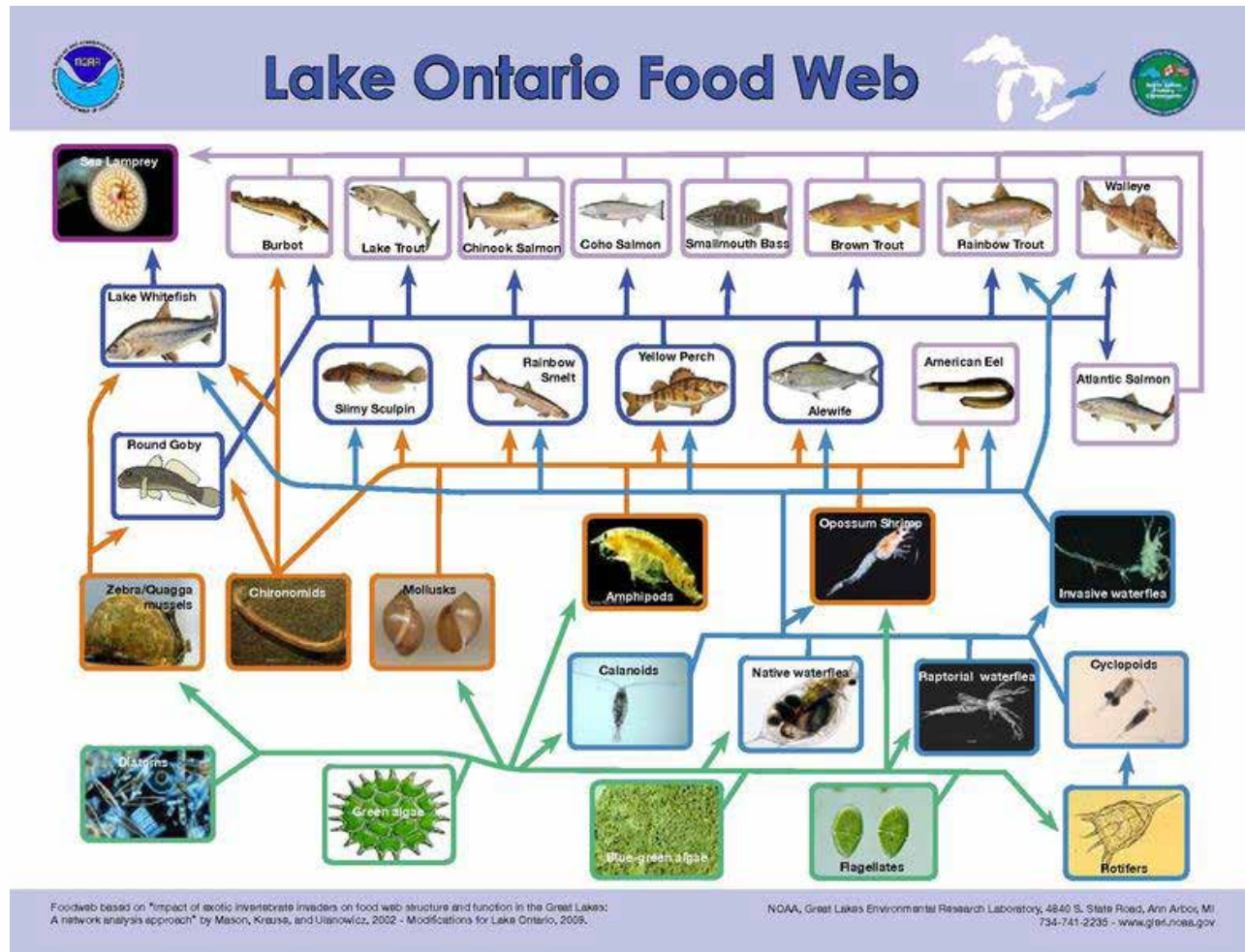


Imagem de: NOAA, Great Lakes Environmental Research Laboratory: Mason, Krause, and Ulanowicz, 2002 - Modifications for Lake Ontario, 2009.

**Segunda lei da termodinâmica:**

*“Em todas as trocas e conversões de energia - se nenhuma energia sai ou entra no sistema em estudo - o potencial energético do estado final será sempre menor que o potencial de energia do estado inicial ”*

Desta forma, a cada nível trófico temos uma perda de energia em relação ao anterior, formando o que denominamos pirâmide energética, ou seja, o predador de topo tem menos energia a seu dispor do que o consumidor primário.



## Biomassa

Vimos anteriormente o que são níveis tróficos, e como a energia flui através deles no ecossistema. Abaixo, temos níveis tróficos expressos de duas formas diferentes: primeiro, no número de indivíduos, e no segundo, na biomassa. É fácil notar que no segundo caso, temos algo que se assemelha a pirâmide energética apresentada anteriormente. Porque isso ocorre?



Comunidade de floresta



Comunidade de pradaria



Comunidade de pradaria (número de indivíduos)



Comunidade de pradaria (Biomassa)

Primeiramente, vamos definir o que é biomassa. Trata-se de toda a matéria viva presente no ecossistema, seja num nível trófico específico ou no total, excetuando-se o conteúdo de água desta. Porque a água não conta? Porque ela não pode ser convertida em energia.

Desta forma, podemos entender a biomassa como a energia armazenada num sistema vivo na forma de matéria orgânica! Por isso, na segunda representação gráfica, temos uma pirâmide.

Para finalizarmos essa introdução aos ecossistemas, apresentaremos duas propriedades básicas, que serão retomadas mais adiante, quando falarmos de comunidades:

- Resistência: O quão resistente um sistema é e, relação a sair de seu estado de equilíbrio
- Resiliência: O quão rápido um sistema volta ao seu estado de equilíbrio

**Estudo dirigido:**

- 1 ) O que é ecossistema?
- 2 ) O que são níveis tróficos, qual sua relação com a pirâmide energética?
- 3 ) Qual é a diferença entre resistência e resiliência?
- 4 ) O que é biomassa?
- 5) Diferencie produção primária líquida de produção primária bruta.

## Capítulo 2

# Introdução aos ciclos de nutrientes: Os caminhos da matéria pelo ecossistema

### O que são nutrientes?

Por nutriente se entendem todos os elementos químicos essenciais aos organismos.

Assim como a partir de tijolos podemos construir uma série de edificações diferentes, o mesmo acontece com os seres vivos em relação aos nutrientes.

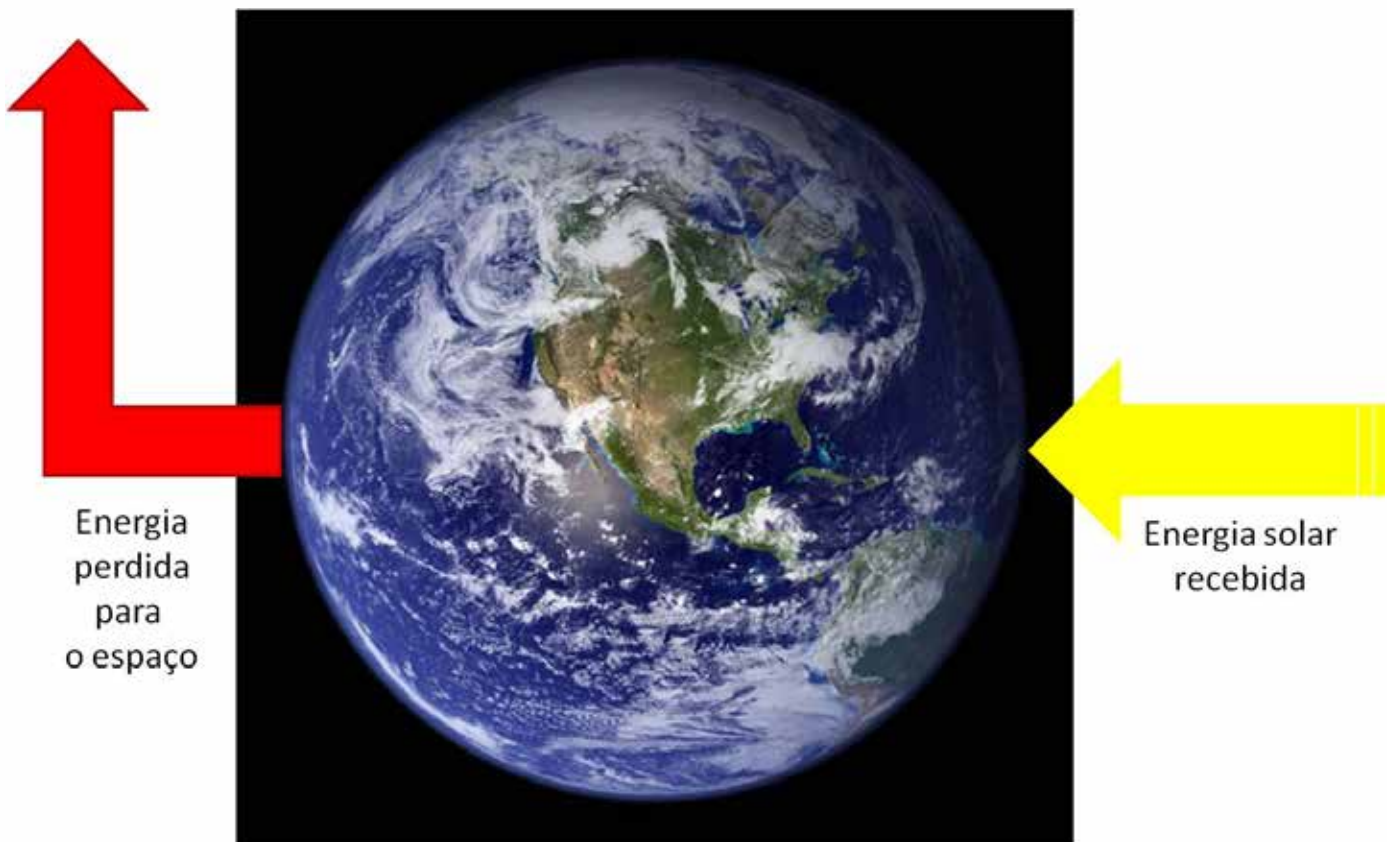


Foto de Peter Griffin, retirada de <http://www.publicdomainpictures.net>

## Energia X Nutrientes

Em relação a energia, a biosfera é um **sistema aberto**

- Energia do sol constantemente recebida
- Energia constantemente perdida pro espaço
- 1. Em relação aos nutrientes, a biosfera é um **sistema fechado**
- Não há fonte externa de nutrientes
- Todos os nutrientes são reciclados



Note que quando nos referimos à energia, falamos de fluxo, e quando falamos de nutrientes, falamos de ciclo!

Antes de seguirmos adiante, vamos falar um pouco sobre compostos químicos:

- **Compostos inorgânicos**– não incluem carbono (C) e hidrogênio (H)  
CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, PO<sub>4</sub>
- **Compostos orgânicos**– contém C e H  
açúcares, proteínas, aminoácidos, ácidos nucleicos (DNA & RNA)



Os nutrientes percorrem os diferentes componentes dos ecossistemas no que denominamos ciclos biogeoquímicos. Ao longo dos ciclos biogeoquímicos, em geral, os elementos se alternam entre suas formas orgânica e inorgânica.

**Assimilação** – incorporação de compostos inorgânicos em moléculas orgânicas

Ex: Fotossíntese:  $\text{CO}_2 \rightarrow$  Açúcar

**Desassimilação** – transformação de formas orgânicas em formas inorgânicas

Ex: Respiração: Açúcar  $\rightarrow \text{CO}_2$

A seguir, vamos abordar alguns dos ciclos biogeoquímicos mais relevantes:

### **Ciclo do Nitrogênio:**

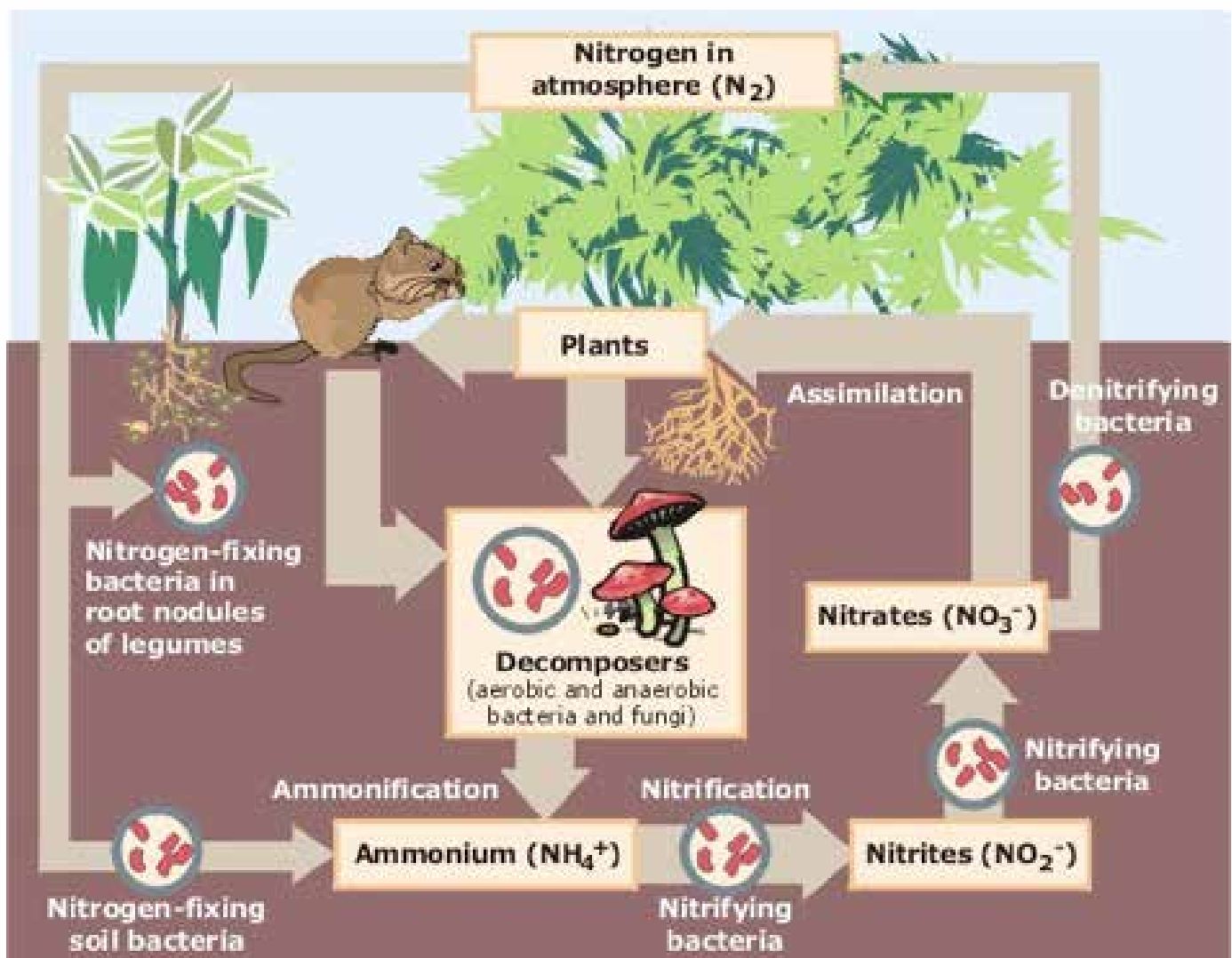


Imagem de domínio público retirada de <http://www.epa.gov>

Ciclo de extrema relevância por ser um elemento que está presente na formação dos ácidos nucléicos (DNA e RNA), além de estar relacionado ao crescimento vegetal.

### **Ciclo do fósforo:**

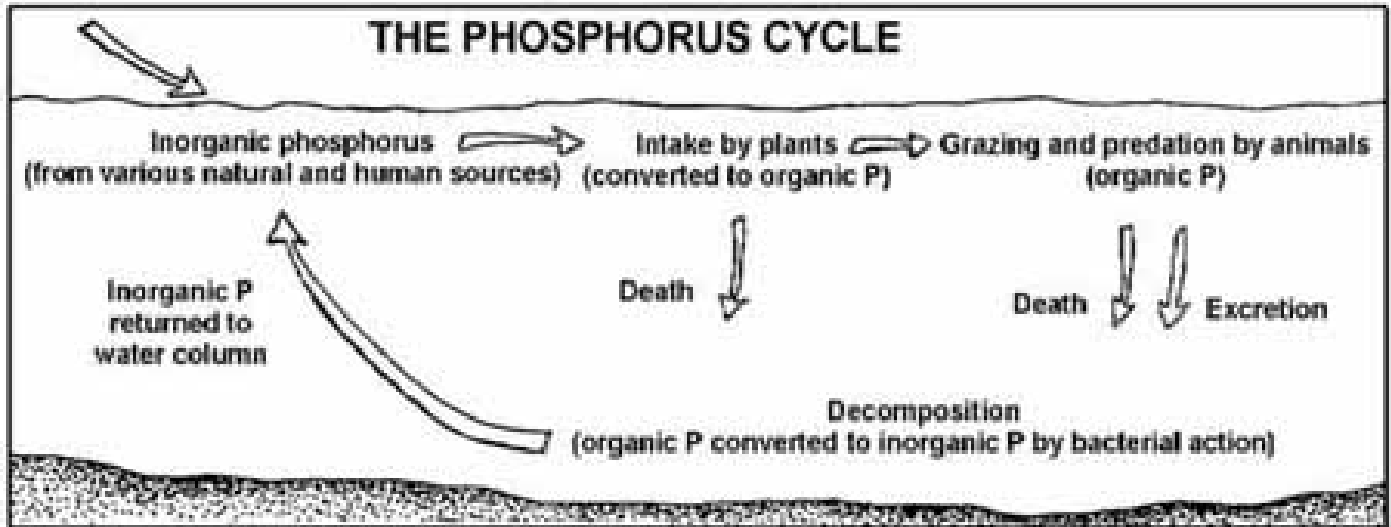
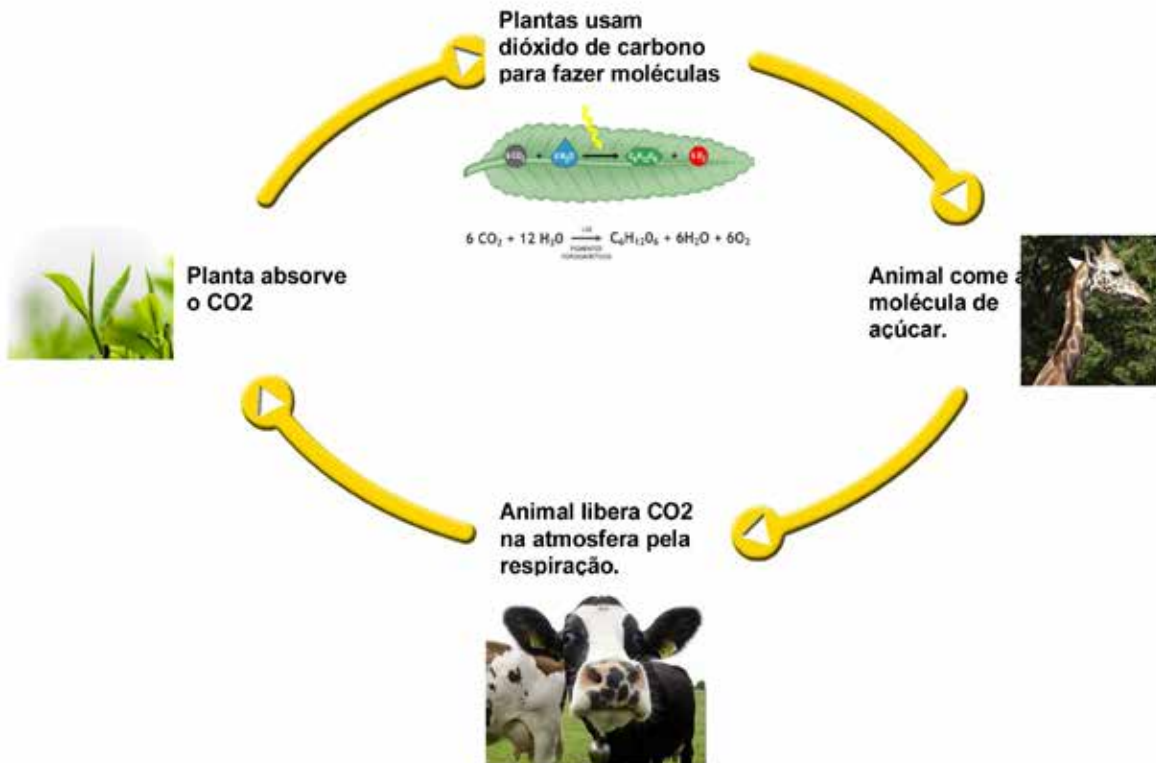


Figura indicando o ciclo do fósforo em ambientes aquáticos, retirada de <http://www.epa.gov>

Este ciclo é de extrema importância para os seres vivos por conta deste elemento ser parte do ATP, e devido à sua importância para os produtores primários: trata-se de um dos nutrientes relacionados ao crescimento vegetal.

### **Ciclo do Carbono**

Este talvez seja o ciclo mais relevante, pois desempenha dois papéis extremamente importantes no ecossistema. A reação da fotossíntese apresenta dois benefícios diretos: em primeiro lugar, as moléculas de dióxido de carbono são absorvidas e utilizadas para a síntese da glicose, que como foi discutido anteriormente, é a molécula orgânica complexa que tem a energia necessária a toda a comunidade biológica. O segundo benefício é que desta reação é liberado na atmosfera  $O_2$ , assim, renovando o  $O_2$  atmosférico.



## Ciclo da Água

O ciclo da água decorre da incidência da energia solar provocando a passagem da água de seu estado líquido para o gasoso (Evaporação), da transpiração dos organismos, que em sua respiração também expelem moléculas de água, e da sublimação, ou seja, passagem direta do estado sólido pro estado gasoso, que ocorre em geleiras. Este vapor de água, chegando na atmosfera irá se condensar, desta forma precipitando sobre os oceanos, lagos e rios, e parte dessa água penetrará pelo solo até o lençol freático, assim, reiniciando o ciclo.

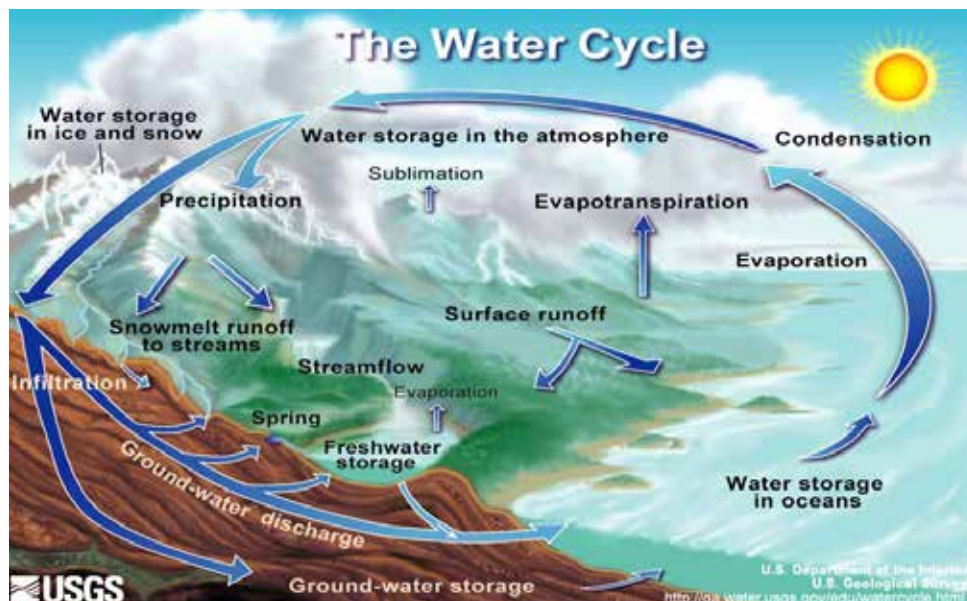


Imagem de domínio público, retirada de <http://ga.water.usgs.gov>

## **Estudo dirigido:**

- 1 ) O que são nutrientes, porque eles nunca se esgotam?
- 2 ) Quais são os dois fatores fundamentais que tornam o ciclo do carbono tão importante para a vida na terra?
- 3 ) O que são os processos de assimilação e desassimilação?
- 4 ) Qual é a grande importância do ciclo do nitrogênio?
- 5 ) Qual é a relação do ciclo do fósforo com os produtores primários?



# Capítulo 3: Adaptações, Estratégias Bionômicas e Especiações:

## As bases do processo evolutivo

### Seleção Natural e Fitness

- **O que é a seleção natural?** É a tendência dos genes que conferem adaptações mais vantajosas se tornarem mais comuns, e aqueles menos vantajosos se tornarem mais raros.



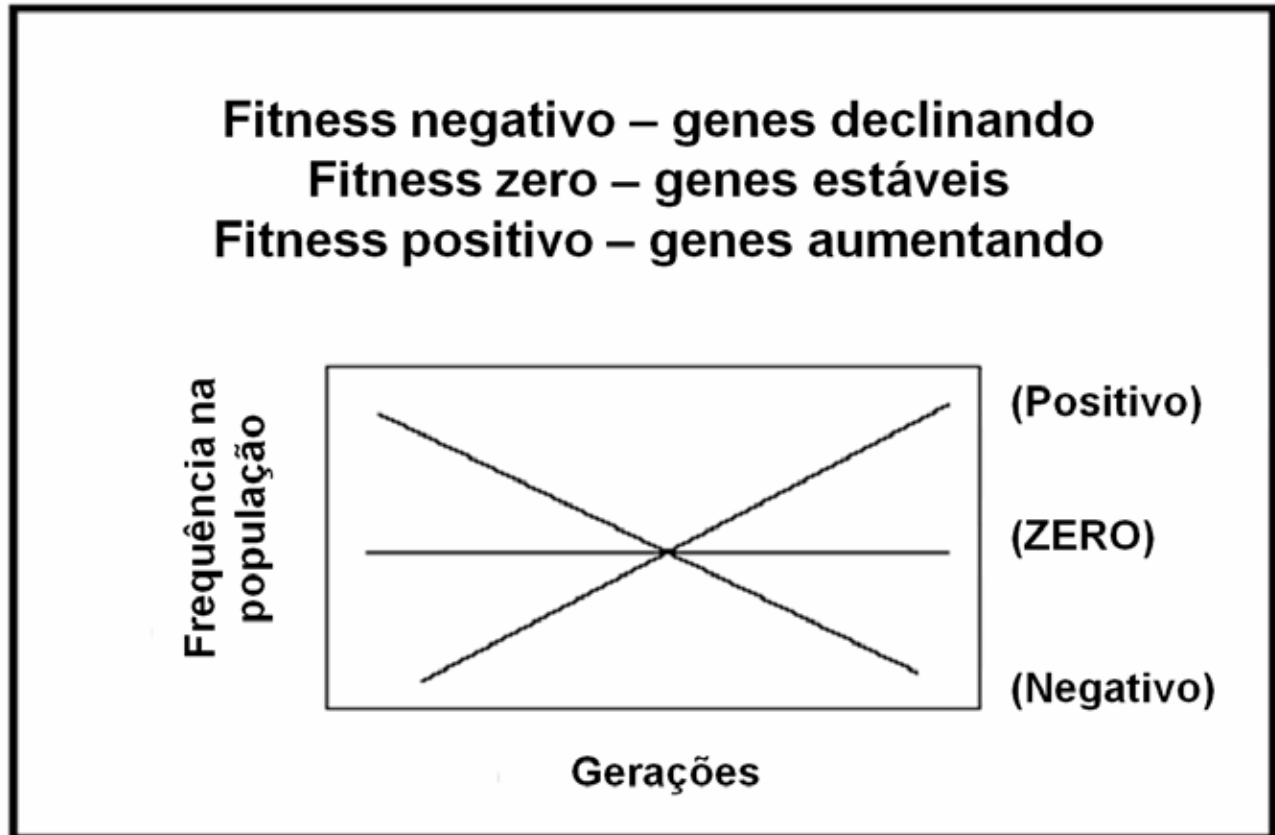
Imagem retirada de <http://commons.wikimedia.org>

Esta figura anterior ilustra um exemplo clássico de seleção natural, presente em quase todos os livros de ecologia. Antes da instalação de uma indústria num local, os troncos das árvores eram claros, e com isso, a variedade mais clara de uma espécie de mariposa era a mais abundante, pois se beneficiava de ficar “escondida” de seus predadores. Entretanto, após a instalação desta indústria, a emissão atmosférica da mesma provocou um escurecimento dos troncos das árvores, e com isso, a variedade mais rara, escura, daquela espécie de mariposa foi beneficiada, e em poucas gerações se tornou a mais comum.

## O que é Fitness?

- É a contribuição da prole (e conseqüentemente dos genes) de um indivíduo para as gerações futuras. Se pela seleção natural temos que os genes mais vantajosos tendem a se tornar cada vez mais comuns na população, em termos individuais isso significa um fitness positivo de um organismo.

■



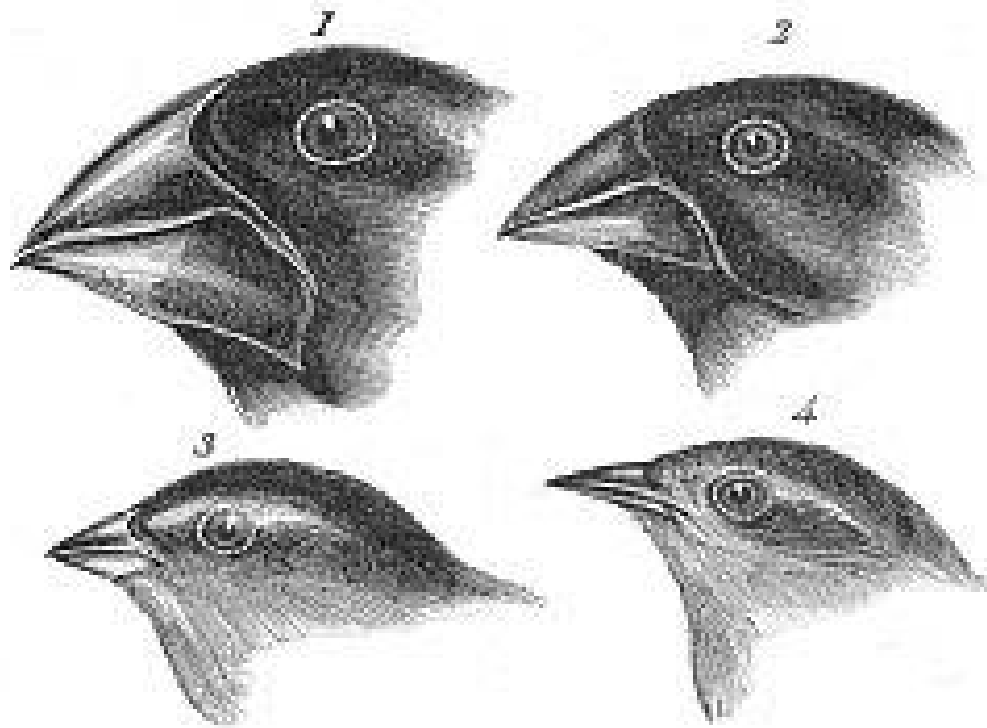
## O que é uma adaptação?

Uma adaptação é uma mudança na estrutura física ou comportamento que ajuda um organismo a sobreviver em seu habitat.

Exemplos: A forma do bico de um pássaro, dentição, cor da pele de um animal.

## O que é uma aclimatação?

É uma alteração fenotípica que não passará necessariamente aos descendentes, como as adaptações, por serem de natureza genotípica, passam. Ex: Plasticidade fenotípica em vegetais. Uma mesma espécie de planta pode ser uma grande árvore na mata atlântica e uma pequena planta de porte arbustivo numa restinga. Se a semente de um indivíduo da restinga for levada até a mata atlântica, ela terá a aparência de uma árvore, não de um arbusto como a planta mãe. Ou seja: são alterações reversíveis.



1. *Geospiza magnirostris*

2. *Geospiza fortis*

3. *Geospiza parvula*

4. *Certhidea olivacea*

## Finches from Galapagos Archipelago

Imagem retirada de <http://commons.wikimedia.org>

Na figura anterior, temos um exemplo de adaptação: pássaros com diferentes formatos de bico relacionados à sua dieta.

Abaixo, temos um carnívoro, com sua dentição afiada, adaptada para abater e cortar a carne de suas presas:



Imagem retirada de <http://commons.wikipedia.org/>

Até aqui foram vistas algumas adaptações relacionadas à dieta...mas existem alguns tipos bem característicos de adaptações para a defesa encontradas na natureza:



## ***Aposematismo***

Padrões de cores aberrantes na natureza quase sempre indicam organismos peçonhentos ou impalatáveis:



Foto de cobra coral mexicana. Imagem retirada de <http://commons.wikipedia.org/>

## ***Mimetismo***

E o que aconteceria se um organismo que fosse uma presa em potencial apresentasse uma adaptação que o fizesse se parecer com um outro organismo peçonhento, ou mesmo maior? A esse tipo de adaptação, damos o nome de mimetismo.



Imagem de borboleta monarca (direita), altamente impalatável, e borboleta vice-rei (esquerda), que a mimetiza. Imagem retirada de

<http://commons.wikipedia.org/>

E quando o organismo se confunde com o seu meio, e com isso, consegue proteção maior contra predadores, como o caso das mariposas do exemplo de seleção natural? Nesse caso temos a camuflagem.



Foto de peixe apresentando padrão de cores que o permite se confundir com o leito do rio. Imagem retirada de <http://commons.wikimedia.org/>

Adaptações não se instalam durante a vida de um indivíduo, mas sim ao longo de várias gerações!

### ***História de vida ou Estratégia bionômica:***

Trata-se da alocação de tempo e recursos para a sobrevivência e reprodução de um organismo.

Alguns dos aspectos mais relevantes da bionomia:

- Idade da primeira reprodução (**maturidade**)
- Tamanho da prole (**fecundidade**)
- Número de eventos reprodutivos (**paridade**)
- Envelhecimento (**Ciclo de vida**)



## **Trade-off**

Os recursos energéticos e o tempo dos organismos são limitados, logo, quando estes recursos são alocados em uma determinada função, não estarão disponíveis para outra.

Ex: Proles grandes X Cuidado Parental:

Em geral, organismos com proles muito grandes não exercem cuidado parental, enquanto que outros organismos tem proles pequenas e investem em cuidado parental, como os primatas, por exemplo.

## **Síndromes r e k, ou seleção r e k, ou r e k estrategistas**



Foto de pequeno roedor *Mus musculus* e grande paquiderme *Loxodonta africana* : exemplos de síndrome r e síndrome k. Imagens retiradas de: <http://commons.wikimedia.org>

Estes são dois padrões bem comuns de estratégias de vida encontrados na natureza. O termo síndrome se refere a uma série de características que ocorrem juntas, como veremos a seguir.

### **Síndrome r**

São organismos muitas vezes associados a ambientes instáveis, que possuem ciclos de vida curtos, grande potencial reprodutivo e capacidade de dispersão, e, em geral, tamanho do corpo reduzido. Ex: roedores, gramíneas...

### **Síndrome k**

Mais característica de ambientes estáveis, no qual há muita competição, possuem ciclos de vida mais longos, tem proles menores, investimento maior em estrutura do que em reprodução. Ex: Elefantes, carvalhos...

## E o ambiente, não muda?

Sabemos que ao longo da história geológica da terra as diferentes eras foram caracterizadas por condições bem diferentes de ambiente, e conseqüentemente, faunas bem distintas também.












ERA	PERIODO	LIMITES TEMPORALES APROXIMADOS (años)		FORMAS DE VIDA ORIGINADAS
		ÉPOCA		
CENOZOICO	CUATERNARIO	Reciente u holoceno	10.000	Seres humanos 
		Pleistoceno	2.500.000	
	TERCIARIO	Plioceno	12.000.000	Mamíferos rumiantes y carnívoros 
		Mioceno	26.000.000	
		Oligoceno	38.000.000	
		Eoceno	54.000.000	
MESOZOICO	Cretácico	136.000.000	Primates - Plantas con flor  	
	Jurásico	195.000.000		Aves 
	Triásico	225.000.000		
	PALEOZOICO	Pérmico		280.000.000
CARBONÍFERO			320.000.000	
			345.000.000	
Devónico		395.000.000	Anfibios - Insectos  	
Silúrico		430.000.000		Plantas terrestres vasculares 
Ordovícico	500.000.000	Peces - Cordados 		
Cámbrico	570.000.000		Crustáceos - Trilobites 	
PRECÁMBRICO		700.000.000	Algas 	
		1.500.000.000		
		3.500.000.000		
		4.650.000.000 + Formación de la Tierra		

Imagem de J. Angel Menéndez, retirada de <http://commons.wikimedia.org>.





Ilustração de John Tenniel (1820-1914) retirada do livro “Alice através do espelho” de Lewis Carrol. Imagem retirada de <http://commons.wikimedia.org>.

*“Neste país, Alice, é necessário se correr muito para se continuar onde está”*

A hipótese da rainha vermelha é uma hipótese evolutiva que toma emprestado a imagem do livro de Lewis Carrol, Alice no País das Maravilhas, para traçar uma analogia com o que acontece na natureza: o ambiente está sempre mudando! Como tal, as espécies tem que estar sempre acompanhando essas mudanças. Por isso temos tantas variações na biota da terra ao longo das eras geológicas!

Desta forma, utilizando-se de uma metáfora, é como se as espécies estivessem “correndo atrás” de acompanhar as mudanças no ambiente. Pelo princípio da seleção natural é sabido que o que de fato acontece é que mutações que existam nas populações e que possam ser benéficas em novas condições tendem a ser selecionadas. Ou seja: espécies com maior variabilidade tem maior probabilidade de sobreviver a mudanças no ambiente.

## Especiação

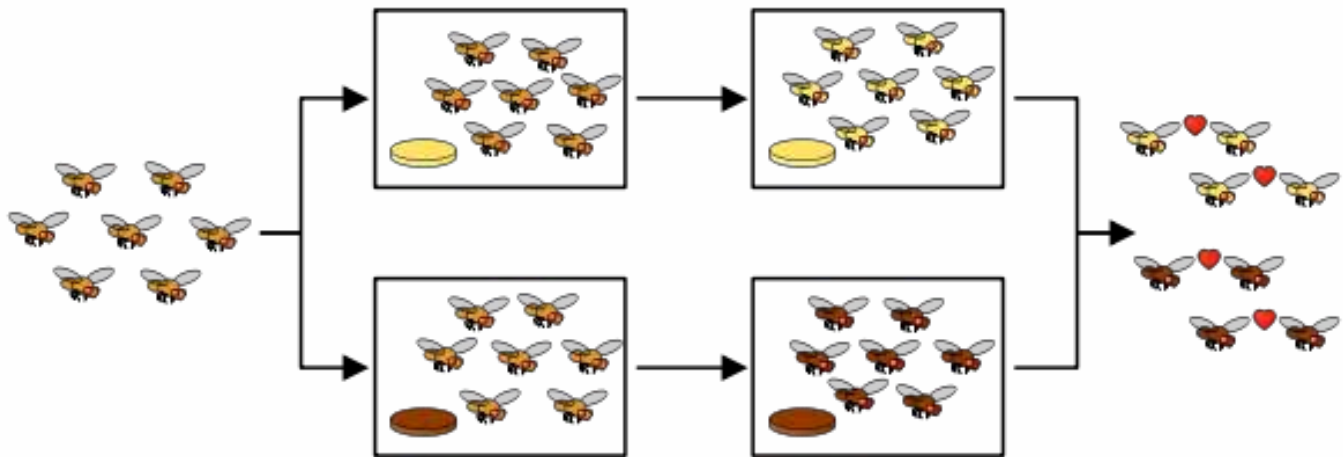


Ilustração demonstrando o experimento com *Drosophilas*, no qual populações de uma mesma espécie separadas em laboratório divergiram em espécies diferentes. Imagem retirada de <http://commons.wikimedia.org>.

É o processo pelo qual uma população original dá origem a duas espécies distintas. As duas formas mais comuns de especiação são a especiação alopátrica, quando o surgimento de uma barreira geográfica promove o isolamento reprodutivo entre duas partes da população original, e a especiação simpátrica, na qual mesmo sem isolamento geográfico ocorre um isolamento reprodutivo, no caso de animais, muitas vezes por questões comportamentais. É importante ressaltar que trata-se de um processo que ocorre em escala de tempo geológico! Existem ainda outros dois tipos de especiação:

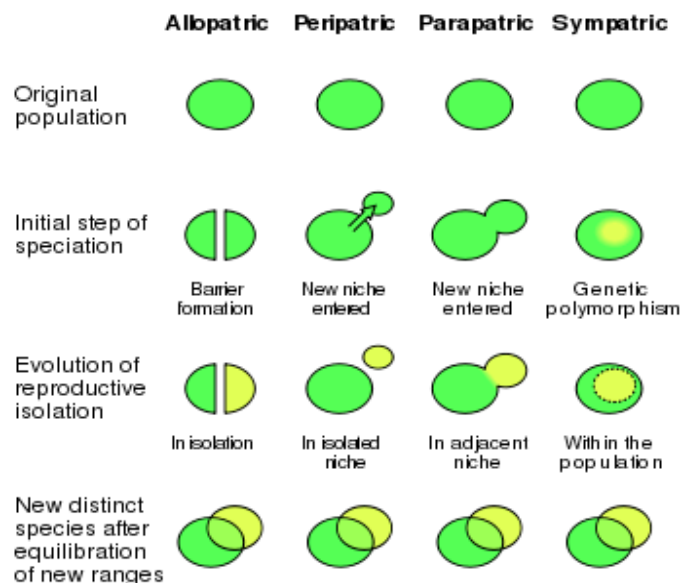


Figura indicando os diferentes tipos de especiação, imagem retirada de <http://commons.wikimedia.org>.

Na especiação parapátrica, alguns indivíduos da população original conseguem alcançar um novo nicho, que é próximo ao da população original, e com isso, após o processo de especiação temos duas espécies ocupando nichos adjacentes.

O processo de especiação peripátrica é semelhante, no entanto, o novo nicho ocupado é isolado do original. Ou seja, as distribuições das duas espécies resultantes não se encontram.

### **Radiação adaptativa**

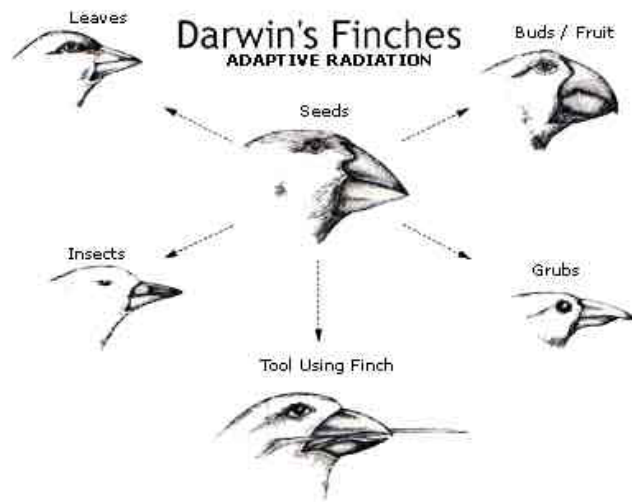


Imagem retirada de <http://www.biology-online.org>

É o processo pelo qual uma única espécie dá origem a um grande número de espécies diferentes numa escala de tempo geológico relativamente pequena. Este processo é muito comum em ilhas.

### **Convergência adaptativa**

Processo que ocorre quando pressões semelhantes do meio levam a seleção de características parecidas em organismos que não são próximos ( Por ex: não pertencem a mesma ordem, gênero, família... )



Dois gêneros de plantas distintos, *Euphorbia* e *Astrophytum*, que evoluíram independentemente para um formato similar. Imagens

retiradas de <http://commons.wikimedia.org>

## Estudo dirigido:

- 1) O que são adaptações? E aclimações?
- 2) O que é aposematismo? E mimetismo? Explique.
- 3) O que é história de vida? E trade-off?
- 4) Exemplifique adaptações ao ambiente.
- 5) O que são as síndromes r e k? Quais são suas características?

## Capítulo 4: Introdução à Ecologia de Populações

### **Populações**

São conjuntos de indivíduos de uma mesma espécie que ocorrem em um mesmo local, se reproduzindo entre si.

### **Distribuição geográfica**

É a extensão territorial na qual uma espécie ocorre.

Cosmopolita: Distribuição extremamente ampla:



Foto de adulto de *Aedes aegypti*, imagem retirada de <http://commons.wikimedia.org>  
Endêmica: Restrita a uma área geográfica:



Foto de *Leontopithecus rosalia*, de autoria de Mistvan, I. Retirada de <http://commons.wikimedia.org>

### **Fatores que influenciam a distribuição geográfica**

#### **Fatores históricos:**

Eventos geológicos, como a deriva continental, glaciações, soergimento de cadeias de montanhas influenciaram as distribuições de espécies que temos hoje.

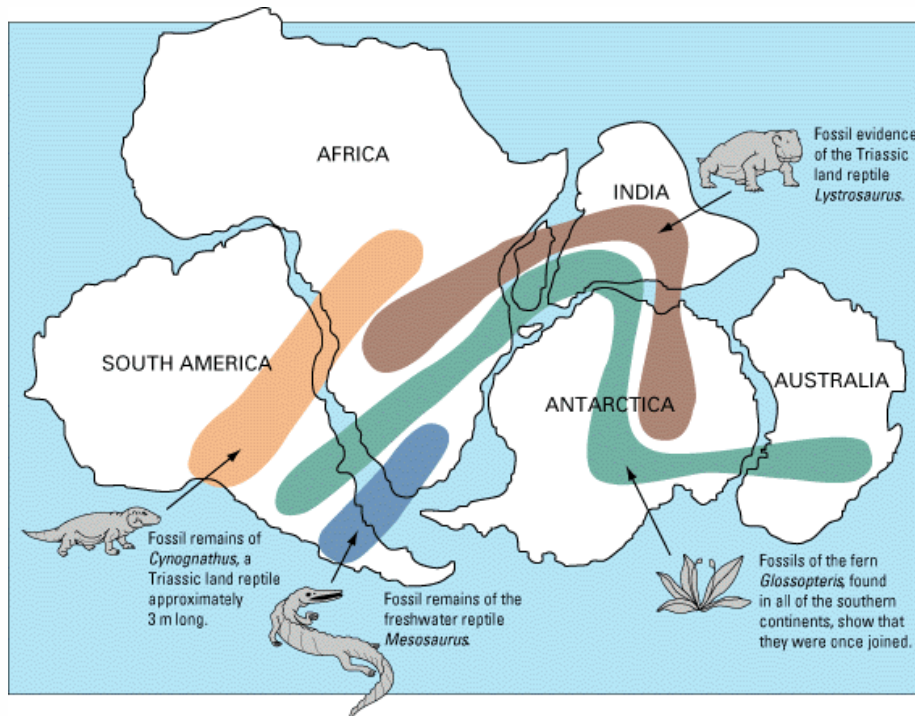


Ilustração do fenômeno da deriva continental, imagem de United States Geological Survey.



### **Tolerâncias biológicas:**

Limitações impostas pelo clima, condições do ambiente, ou pela disponibilidade de um recurso específico. Por exemplo: ursos polares estão restritos a região polar, pelo clima. São adaptados para aquele clima. Insetos em geral são fitófagos, ou seja, alimentam-se de plantas, e em geral, tem um grau de especificidade que limita sua ocorrência aos locais onde existem as espécies de plantas das quais eles se alimentam.



Foto de urso polar *Ursus maritimus* (autor: Alan Wilson ) e besouro *Protaetia aeruginosa* (autor: Evkomarov). Imagens retiradas de <http://commons.wikimedia.org>

### **Nenhuma espécie está em todos os lugares!**

Habitats tendem a ser distribuídos de forma descontínua dentro da distribuição geográfica de uma espécie, desta forma, a maioria das espécies são formadas por grupos discretos chamados populações.

Por exemplo: sabemos que uma determinada espécie de peixe de rios ocorre em todo o Brasil. Mas na verdade, nós só o encontraremos onde existirem rios, não?

### **Propriedades emergentes das populações**

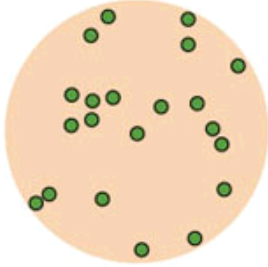
#### **Tamanho X Densidade**

*Tamanho (N)*: O tamanho se refere à abundância total, o número total de indivíduos.

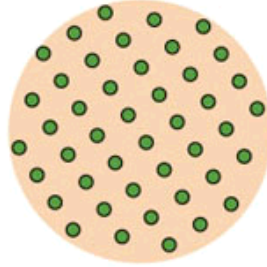
*Densidade*: A densidade é a relação média entre o número de indivíduos e a área.

## **Padrões de distribuição**

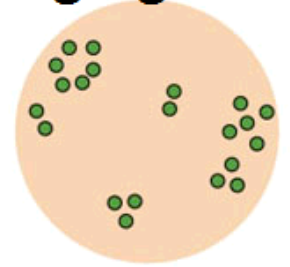
### **Aleatório**



### **Uniforme**



### **Agregado**



**Aleatório (Randômico):** Pouco comum na natureza, ocorre quando não há tendência ao comportamento gregário (andar em grupos), e os recursos estão distribuídos de maneira uniforme pelo ambiente.

**Uniforme:** Muito comum em organismos que apresentam hábito solitário e territorialismo. Os indivíduos se distribuem de maneira uniforme pelo ambiente.

**Agregada:** Comum em organismos que tem hábitos gregários, como lobos que formam alcateias, por exemplo.

### **Como se estima o N?**

**Contagem:** contagem de todos os indivíduos da população, geralmente este método não é viável.

**Censo de uma parcela:** Método utilizado para a estimativa de populações vegetais. Se amostra uma área menor e se estima a quantidade de indivíduos numa área maior por extrapolação.

**Marcação e recaptura:** Método muito utilizado com animais, alguns indivíduos são capturados e marcados, e então, numa nova captura, a partir da quantidade de indivíduos não marcados coletados se estima o tamanho total da população.

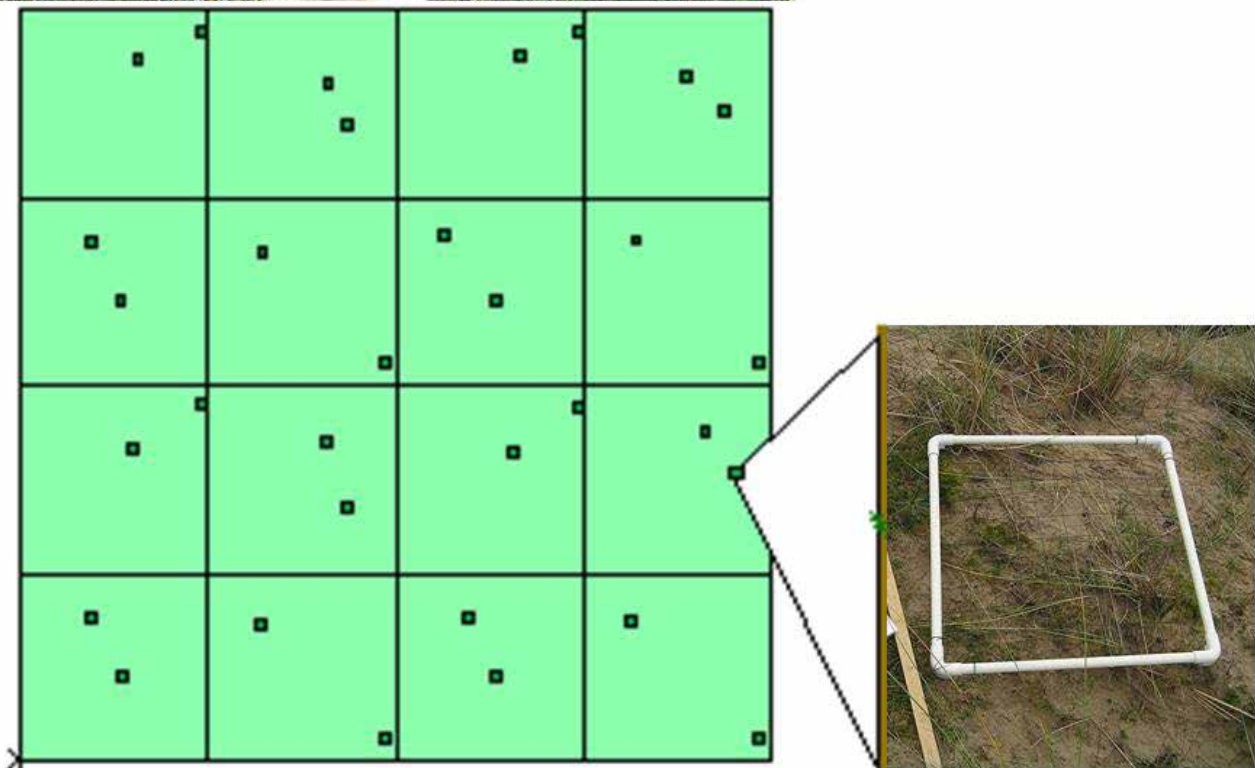


Ilustração demonstrando um método de subamostragem para estimativa populacional



## Estrutura etária

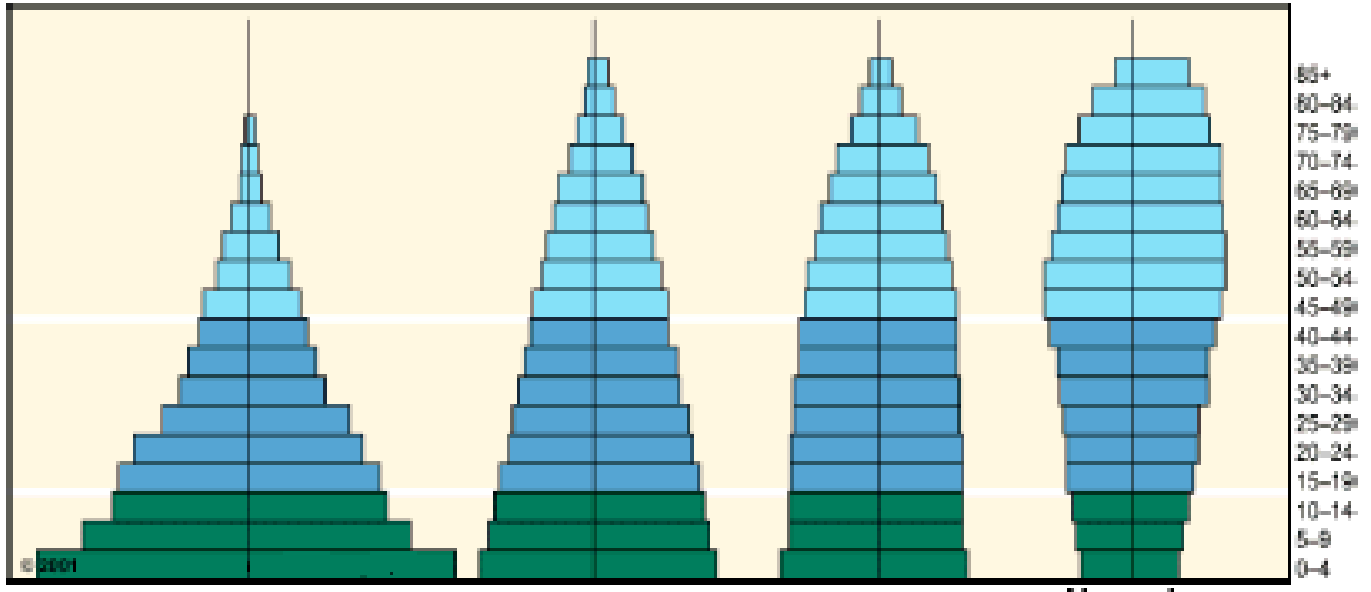


Gráfico demonstrando a distribuição da população pelas diferentes faixas etárias entre humanos.

A estrutura etária de uma população é a forma que estão distribuídas as proporções de indivíduos em diferentes faixas etárias. Nas figuras, as faixas azuis são as principais idades reprodutivas. Temos um gradiente: de uma população com crescimento rápido ( muitas crianças e muitos indivíduos na idade reprodutiva ), na esquerda, para uma população com crescimento negativo, com mais indivíduos que passaram da idade reprodutiva do que jovens reprodutivos e crianças, na direita.

## Razão sexual

É a proporção de machos e fêmeas em uma população. Em geral, o padrão encontrado na natureza é 1:1.

## Variabilidade genética

Você se lembra do que falamos anteriormente sobre variabilidade?

**Maior variabilidade** = melhor resposta a variações do ambiente ( Você se lembra da hipótese da rainha vermelha? )

**Menor variabilidade** = maior vulnerabilidade a mudanças ambientais, maior risco de extinções locais.



Imagem de panda gigante *Ailuropoda melanoleuca* retirada de <http://commons.wikimedia.org>

### **Note que falamos de extinção local...o que é extinção local?**

Vimos anteriormente que as espécies tem sua distribuição descontínua, compostas de unidades menores que são as populações, certo? Quando uma dessas unidades menores, ou seja, uma população, desaparece em um local, temos uma extinção local.

Exemplo: O tico-tico. Estes pássaros desapareceram da maioria das grandes cidades devido ao processo de urbanização ter destruído os habitats necessários para sua nidificação. Esta espécie ainda é encontrada, longe dos grandes centros urbanos.





Imagem de Tico-Tico (*Zonotrichia capensis*), foto de Dario Sanches. Retirada de <http://commons.wikimedia.org>

### **Efeito gargalo**

Ocorre quando uma população sofre uma redução drástica no seu tamanho, reduzindo assim de forma dramática sua variabilidade genética. Mesmo que a população atinja um tamanho similar ao original em poucas gerações, seriam necessárias centenas ou milhares de anos para que a variabilidade genética fosse restaurada. Por isso populações pequenas correm tanto risco.

### **Dinâmica de populações**

Tamanho populacional, razão sexual, estrutura etária, dispersão... todos esses parâmetros podem variar no tempo.

Os principais fatores que influenciam a dinâmica de populações podem ser divididos em dois conjuntos:

## Fatores denso-independentes

Eventos catastróficos, de ação localizada no tempo: grandes tempestades, terremotos, incêndios florestais...atuam no tamanho e na estrutura da população.



Foto do grande incêndio no Parque de Yellowstone em 1988. Imagem retirada de <http://commons.wikimedia.org>



## **Fatores denso-dependentes**

São fatores que atuam com mais intensidade a medida que a população se torna mais numerosa, limitando seu crescimento. Em essência, se referem a escassez de recursos e as interações com outras espécies.



Imagem retirada do USDA Wildlife Research Center media database

## **Dinâmica Predador X Presa:**

Nesta dinâmica, o tamanho de uma população atua diretamente sobre a outra, promovendo assim uma regulação populacional. A medida que a população de presas aumenta, a de predadores acompanha, até que chega a um ponto no qual a ação dos predadores diminui a população de presas, e com isso, o recurso para a população de predadores fica escasso, e essa começa a diminuir também...e com essa diminuição, o que acontece? A população de presas, com uma pressão menor, vai voltar a crescer, e o ciclo se reinicia.

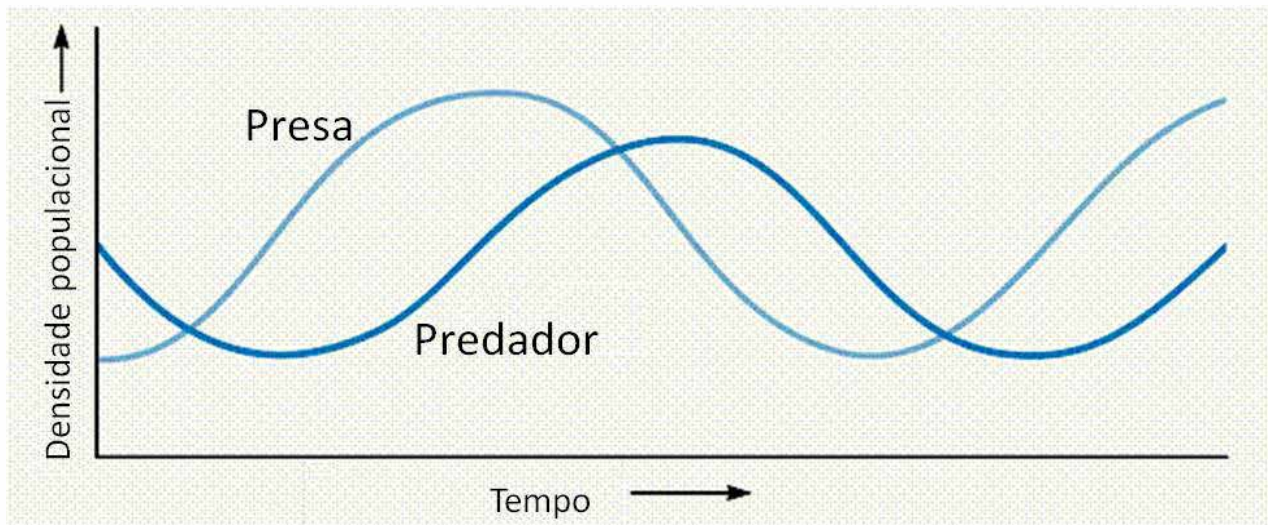


Gráfico ilustrativo de como ocorre a dinâmica predador X presa na natureza.

**Tabela de vida:** É um sumário da sobrevivência em diferentes faixas etárias. São construídas em geral acompanhando-se uma coorte.

**Table 1. Life table for the total population: United States, 2004**

Age	Probability of dying between ages $X$ to $X-1$	Number surviving to age $X$	Number dying between ages $X$ to $X-1$	Person-years lived between ages $X$ to $X-1$	Total number of person-years lived above age $X$	Expectation of life at age $X$
	$q_x$	$l_x$	$d_x$	$L_x$	$T_x$	$e_x$
0-1	0.000799	100,000	690	99,400	7,703,712	77.0
1-2	0.000493	99,310	49	99,260	7,604,309	77.4
2-3	0.000297	99,272	29	99,257	7,505,013	76.4
3-4	0.000224	99,243	22	99,232	7,405,755	75.4
4-5	0.000188	99,220	19	99,218	7,306,524	74.4
5-6	0.000171	99,202	17	99,193	7,207,313	73.5
6-7	0.000161	99,185	16	99,177	7,108,119	72.5
7-8	0.000151	99,169	15	99,161	7,008,943	71.5
8-9	0.000136	99,154	14	99,147	6,909,781	70.5
9-10	0.000119	99,140	12	99,134	6,810,634	69.5
10-11	0.000106	99,129	11	99,123	6,711,500	68.5
11-12	0.000112	99,118	11	99,112	6,612,377	67.5
12-13	0.000149	99,107	15	99,100	6,513,264	66.5
13-14	0.000227	99,092	23	99,081	6,414,164	65.5
14-15	0.000337	99,070	33	99,053	6,315,084	64.6
15-16	0.000490	99,036	49	99,014	6,216,031	63.6
16-17	0.000779	99,001	77	99,002	6,117,017	62.6
17-18	0.000994	99,000	99	99,000	6,018,020	61.6
18-19	0.000763	99,000	75	99,000	5,919,039	60.7
19-20	0.000819	99,000	81	99,000	5,820,067	59.7
20-21	0.000873	99,000	86	99,000	5,721,109	58.8
21-22	0.000926	99,000	91	99,000	5,622,164	57.8
22-23	0.000980	99,000	96	99,000	5,523,231	56.9
23-24	0.000972	99,000	96	99,000	5,424,310	55.9
24-25	0.000969	99,000	96	99,000	5,325,400	55.0
25-26	0.000960	99,000	94	99,000	5,226,500	54.0
26-27	0.000954	99,000	94	99,000	5,127,607	53.1
27-28	0.000952	99,000	93	99,000	5,028,722	52.1
28-29	0.000958	99,000	94	99,000	4,929,844	51.2
29-30	0.000973	99,000	96	99,000	4,830,972	50.2
30-31	0.000994	99,000	97	99,000	4,732,109	49.3
31-32	0.001022	99,000	100	99,000	4,633,252	48.3
32-33	0.001063	99,000	104	99,000	4,534,400	47.4
33-34	0.001119	99,000	109	99,000	4,435,552	46.4
34-35	0.001192	99,000	118	99,000	4,336,709	45.5
35-36	0.001273	99,000	124	99,000	4,237,872	44.5
36-37	0.001373	99,000	133	99,000	4,139,040	43.6
37-38	0.001490	99,000	146	99,000	4,040,210	42.7
38-39	0.001634	99,000	162	99,000	3,941,380	41.7
39-40	0.001799	99,000	173	99,000	3,842,552	40.8
40-41	0.001945	99,000	188	99,000	3,743,724	39.9
41-42	0.002107	99,000	203	99,000	3,644,896	39.0
42-43	0.002287	99,000	220	99,000	3,546,068	38.0
43-44	0.002494	99,000	239	99,000	3,447,240	37.1
44-45	0.002727	99,000	261	99,000	3,348,412	36.2
45-46	0.002992	99,000	284	99,000	3,249,584	35.3
46-47	0.003246	99,000	309	99,000	3,150,756	34.4
47-48	0.003530	94,613	334	94,646	3,051,928	33.5
48-49	0.003799	94,479	359	94,300	3,002,092	32.6
49-50	0.004098	94,120	385	93,929	2,903,264	31.7
50-51	0.004404	93,735	413	93,529	2,804,436	30.9
51-52	0.004750	93,322	440	93,101	2,705,608	30.0
52-53	0.005113	92,879	475	92,642	2,606,780	29.1
53-54	0.005498	92,404	507	92,151	2,507,952	28.2
54-55	0.005907	91,897	540	91,627	2,409,124	27.4
55-56	0.006336	91,357	575	91,070	2,310,296	26.6
56-57	0.006794	90,782	613	90,475	2,211,468	25.8
57-58	0.007280	90,169	656	89,841	2,112,640	24.9
58-59	0.007803	89,512	707	89,129	2,013,812	24.1
59-60	0.008363	88,805	767	88,422	1,914,984	23.3
60-61	0.008960	88,038	836	87,621	1,816,156	22.5
61-62	0.010449	87,202	911	86,747	1,717,328	21.7
62-63	0.011447	86,291	980	85,790	1,618,500	20.9
63-64	0.012428	85,304	1060	84,774	1,519,672	20.2
64-65	0.013402	84,244	1130	83,679	1,420,844	19.4

Tabela de vida da população dos E.U.A. em 2004, fonte: National Center of Health Statistics

## E o que é uma Coorte?

É um grupo de indivíduos da mesma faixa etária acompanhado em uma pesquisa.

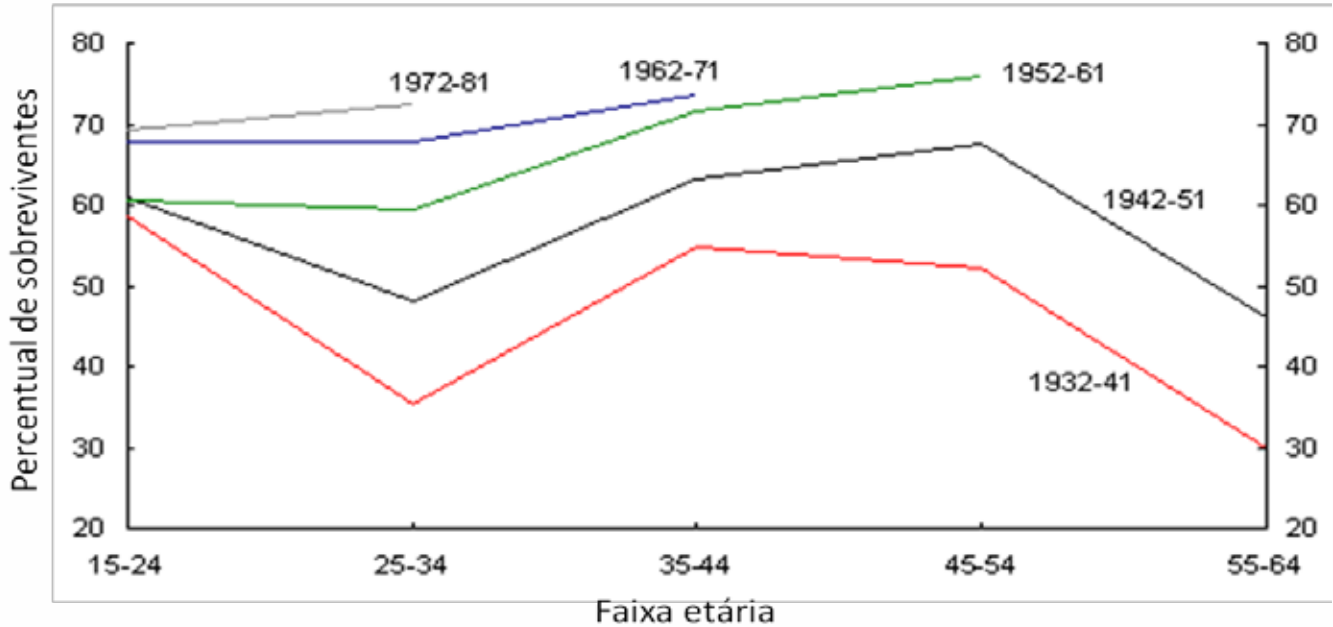
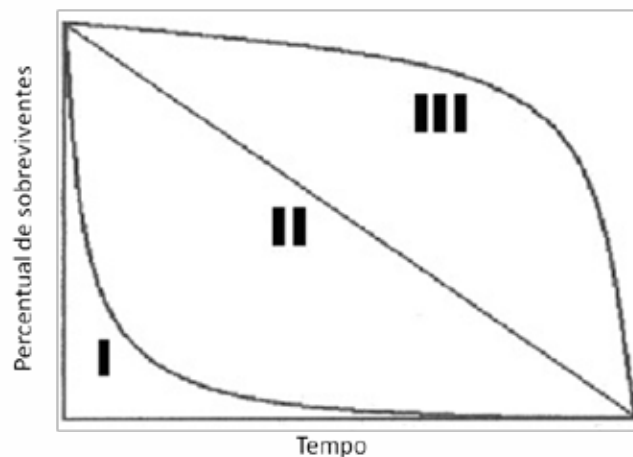


Gráfico apresentando diferentes coortes, com conjuntos de indivíduos nascidos em diferentes períodos temporais indicados na figura e percentuais de sobreviventes

## Curva de sobrevivência

É uma curva que representa a proporção de indivíduos de uma coorte vivos em cada faixa etária.

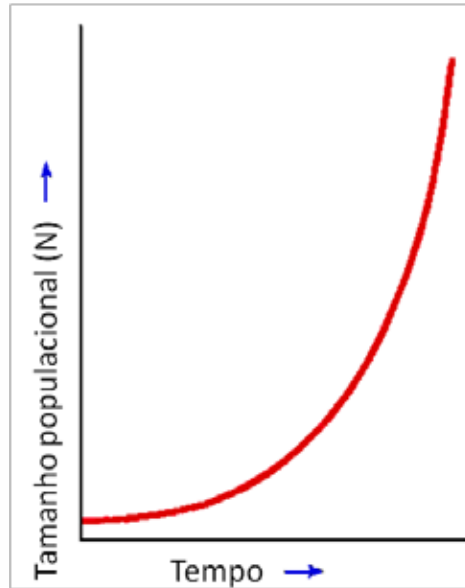


Nesta figura, observamos três tipos diferentes de curva de sobrevivência. A curva tipo

1, característica de organismos longevos, que tem ciclos de vida longo, com taxas de mortalidade acentuadas somente em idades mais avançadas, uma curva tipo II, no qual a taxa de mortalidade é constante em todas as faixas etárias, e uma curva tipo III, de um organismo cuja expectativa de vida é muito curta.

## Modelos de crescimento populacional

### Crescimento exponencia



$$\Delta N/\Delta T = (b - d) N$$

B= Nascimentos

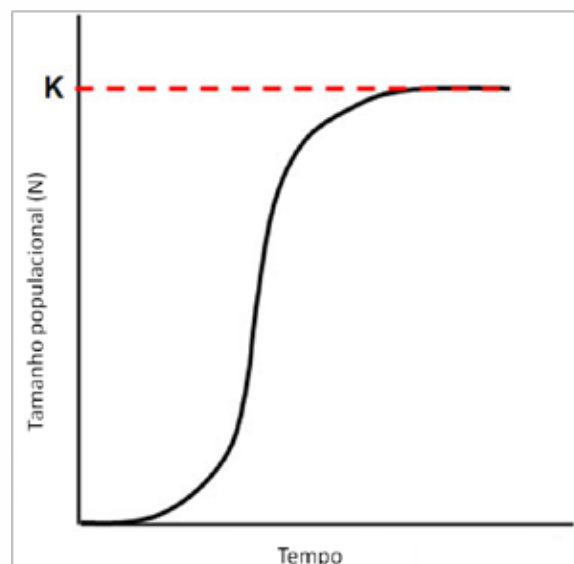
D=Mortes

N=Tamanho populacional

O termo  $(b - d)$  também pode ser expresso como  $r_{max}$  ou  $r$ . Este  $r$  é a taxa de crescimento intrínseco, que varia de organismo para organismo, e de população para população.

Este modelo não incorpora limitação de recursos, mas na natureza, geralmente não é tão simples assim, não?

### Crescimento logístico





Neste modelo, é incorporado o conceito de capacidade de suporte (K), que nada mais é do que a limitação de recursos no ambiente. Por capacidade de suporte entendemos o tamanho máximo que uma população pode atingir, baseado nos recursos de seu ambiente.

$$\Delta N/\Delta T = r (K - N/K) N$$

Notem que a medida que o tamanho populacional aumenta, o crescimento ( $\Delta N/\Delta$ ) diminui, pois o termo  $(K-N/K)$  se aproxima de zero. No momento em que N for igual a K, a população tem crescimento zero. Ou seja, este modelo incorpora a ação dos fatores denso-dependentes e a regulação populacional.

### **Meta-populações**

São populações fragmentadas, mas que como há dispersão de indivíduos entre as diferentes “manchas” de habitat, elas se comportam como uma população só. Uma forma simplista de se definir meta-população seria: uma população de populações. As “sub populações” podem eventualmente sofrer extinções locais, mas a migração de outras manchas provoca a “recolonização” dos habitats, e o reestabelecimento das subpopulações que eventualmente se extinguam.

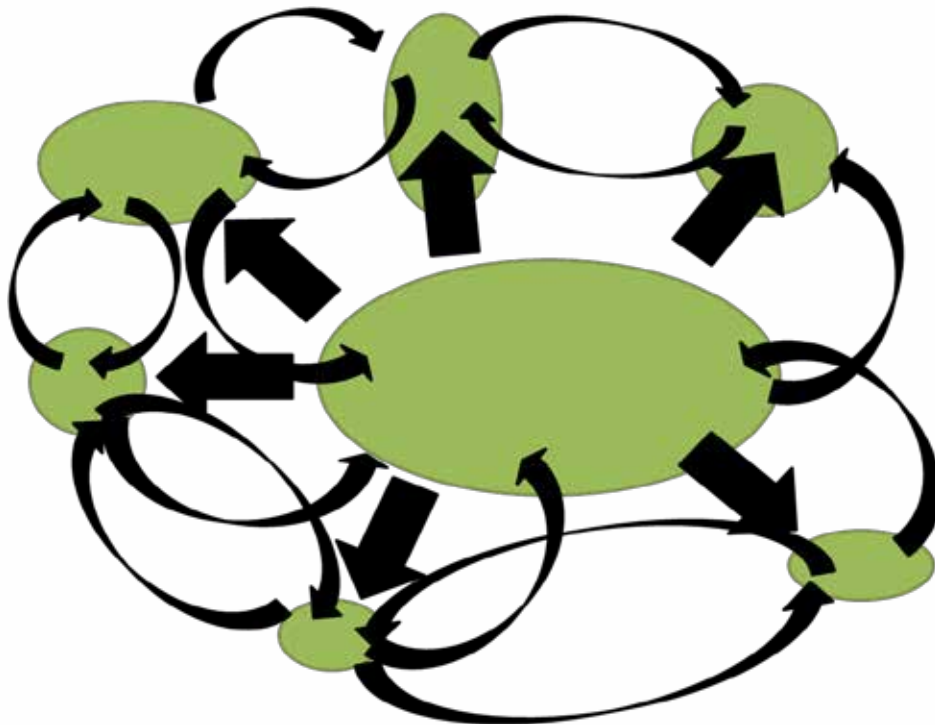


Figura ilustrativa dos movimentos de dispersão entre indivíduos de diferentes subpopulações em uma área fragmentada.

*Metapopulações são extremamente comuns na natureza, em habitats fragmentados, como a mata atlântica, por exemplo.*

## Estudo dirigido:

- 1) O que são populações?
- 2) O que é capacidade de suporte?
- 3) Explique a diferença entre fatores denso-dependentes e denso-independentes, Exemplifique.
- 4) O que é regulação populacional?
- 5) Explique como funciona uma dinâmica Predador X Presa.

## Capítulo 5: Noções de biogeografia de ilhas e suas aplicações na conservação

### *Curva espécie X área*

É a relação entre o número de espécies e a área amostrada. Também conhecida como curva do coleto, serve para se estabelecer uma boa amostragem para inventariar as espécies em um determinado local.

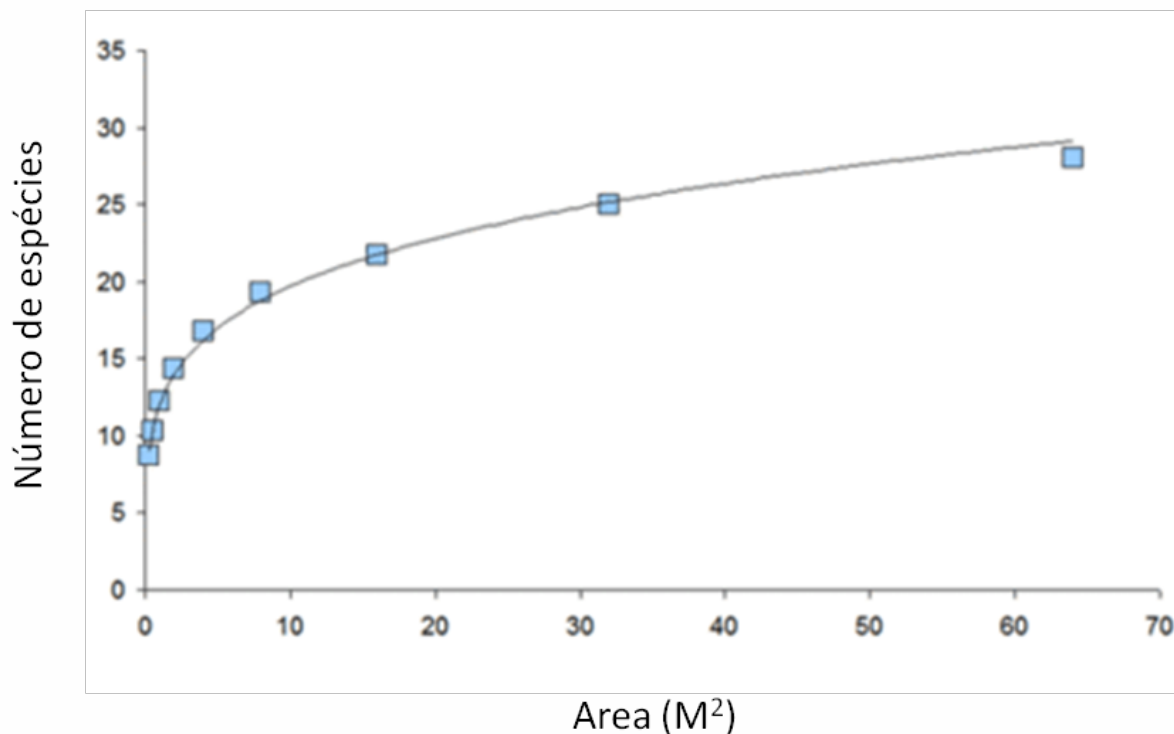


Gráfico apresentando a curva espécie X área, demonstrando que áreas maiores suportam um número maior de espécies

## Teoria da biogeografia de ilhas

Surgiu para responder a pergunta: porque temos menos espécies numa ilha do que em uma área de tamanho equivalente do continente?

A teoria da biogeografia de ilhas postula:

- 1) Ilhas menores terão menos espécies que ilhas maiores
- 2) Ilhas mais próximas do continente terão mais espécies que ilhas mais distantes ( Maior facilidade de migração)
- 3) A medida que mais espécies habitam uma ilha, as taxas de migração se tornarão menores.

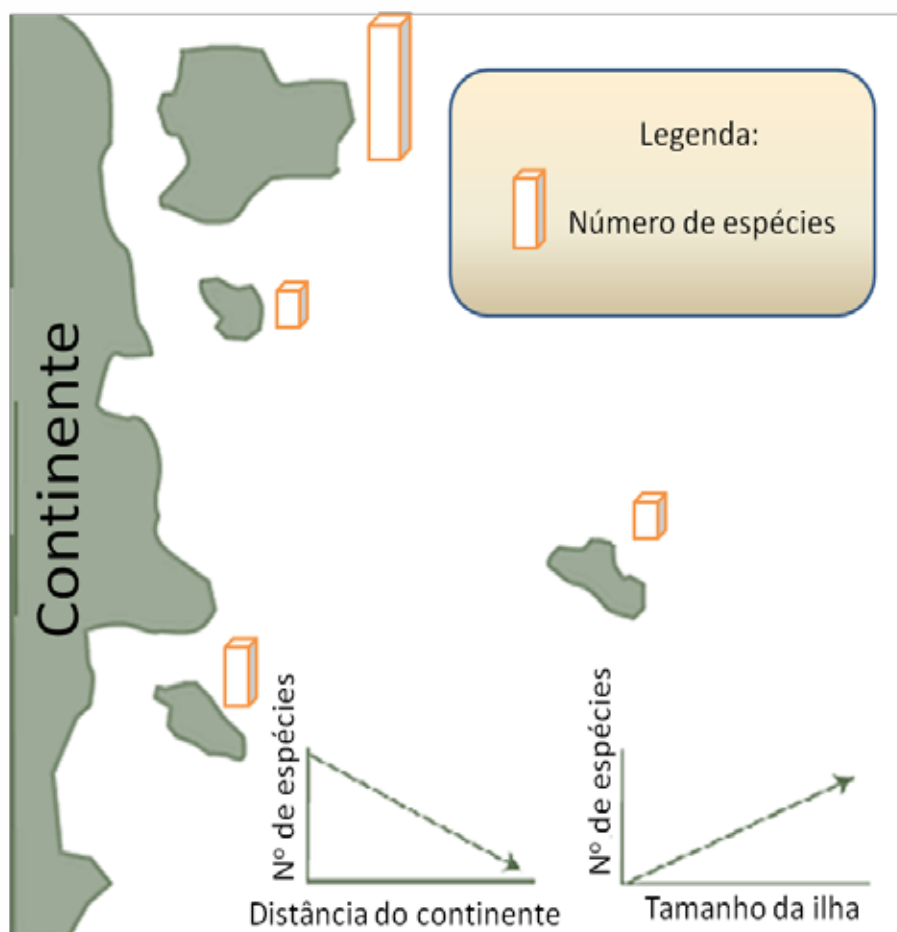
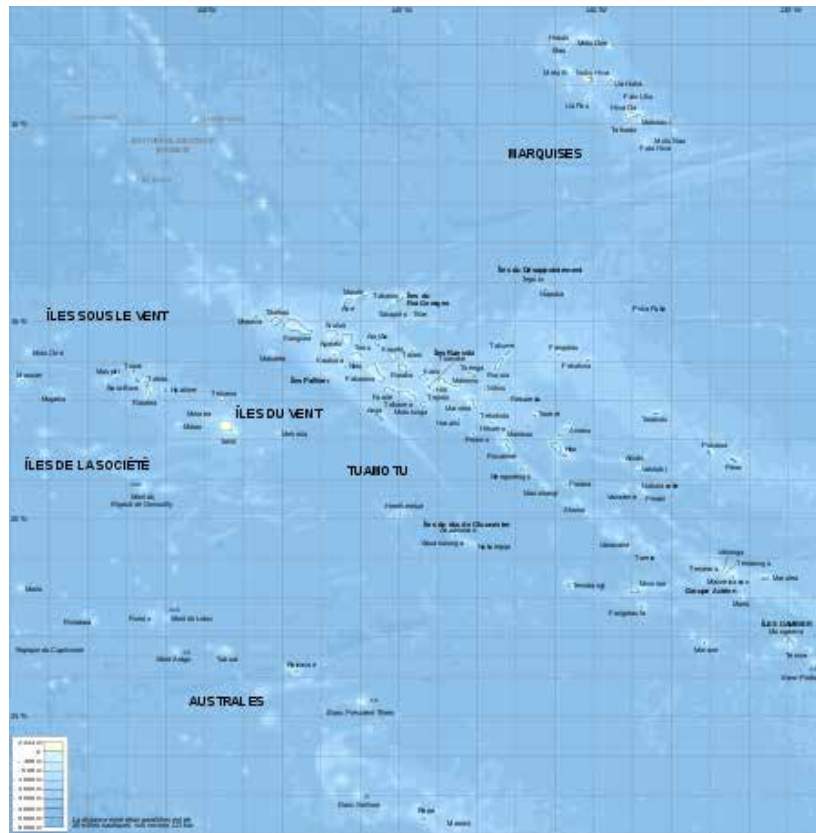


Figura demonstrando os padrões de riqueza de espécies de acordo com a teoria da biogeografia de ilhas

### Ilhas “stepping-stone”

São ilhas muito próximas, que formam um “caminho” aumentando a taxa de migração, desta maneira tornando ilhas mais distantes do continente mais acessíveis para as espécies.



Mapa da Polinésia Francesa, exemplo de ilhas “stepping-stone”. Imagem retirada de <http://commons.wikimedia.org>

***Ilhas são parecidas com fragmentos florestais, não?***

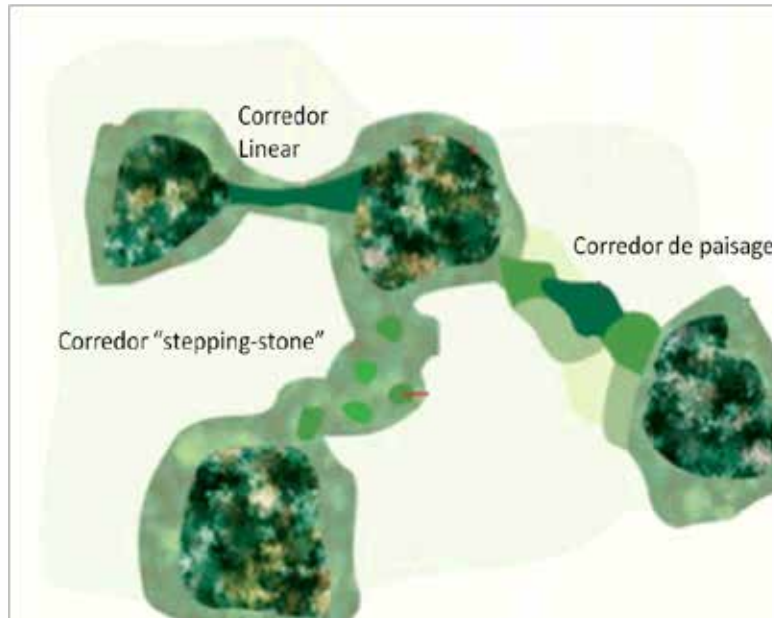


Foto do Parque Indiana Dunes National Lakeshore nos E.U.A. demonstrando a fragmentação de habitat. Retirada de <http://commons.wikimedia.org>



Então, podemos aplicar os princípios da biogeografia de ilhas a ambientes fragmentados!

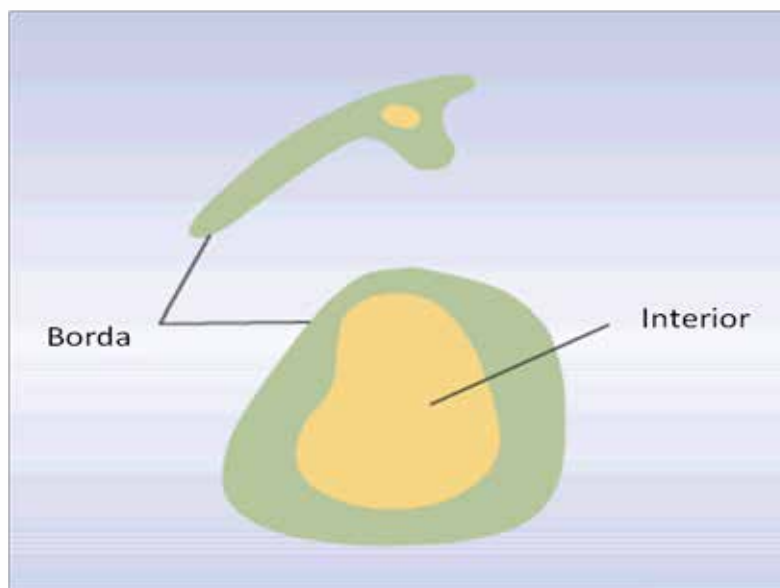
### **Corredores Ecológicos**



São “corredores” florestais plantados para ligar fragmentos de floresta, dessa forma aumentando a circulação de indivíduos entre as subpopulações da metapopulação.

### **Efeito de borda**

A diversidade é sempre menor nas bordas, fronteiras de qualquer habitat. Por essa razão, fragmentos muito pequenos ou muito compridos tendem a ser pouco diversos.



**Estudo dirigido:**

- 1 ) O que é a curva espécie-área?
- 2 ) Como a teoria da biogeografia de ilhas está relacionada ao conceito de meta-populações?
- 3 ) Porque ilhas mais distantes tem menos espécies do que ilhas mais próximas do continente?
- 4 ) Qual é a aplicação da teoria da biogeografia de ilhas na conservação biológica?
- 5 ) O que é melhor: uma área grande contínua, ou uma área de tamanho similar fragmentada? Explique com base nos conceitos apresentados nesse capítulo.

## Capítulo 6: Introdução à Ecologia de Comunidades

O que são comunidades biológicas?

Comunidades são conjuntos de populações de diferentes espécies que ocorrem em uma mesma área e interagem entre si.

**Vocês se lembram do conceito de ecossistema?**

*“A biocenose e seu biótopo constituem dois elementos inseparáveis que reagem um sobre o outro para produzir um sistema mais ou menos estável que recebe o nome de ecossistema” (Tansley, 1935)*

Em outras palavras, o ecossistema é o todo formado pelo componente biótico ( que são os seres vivos ) e pelo componente abiótico ( o meio físico no qual esses seres vivos ocorrem ), e as interações destes componentes entre si.



Foto de Kent Simmons, retirada de <http://kentsimmons.uwinnipeg.ca>

***Logo...comunidades biológicas são o componente biótico do ecossistema!***

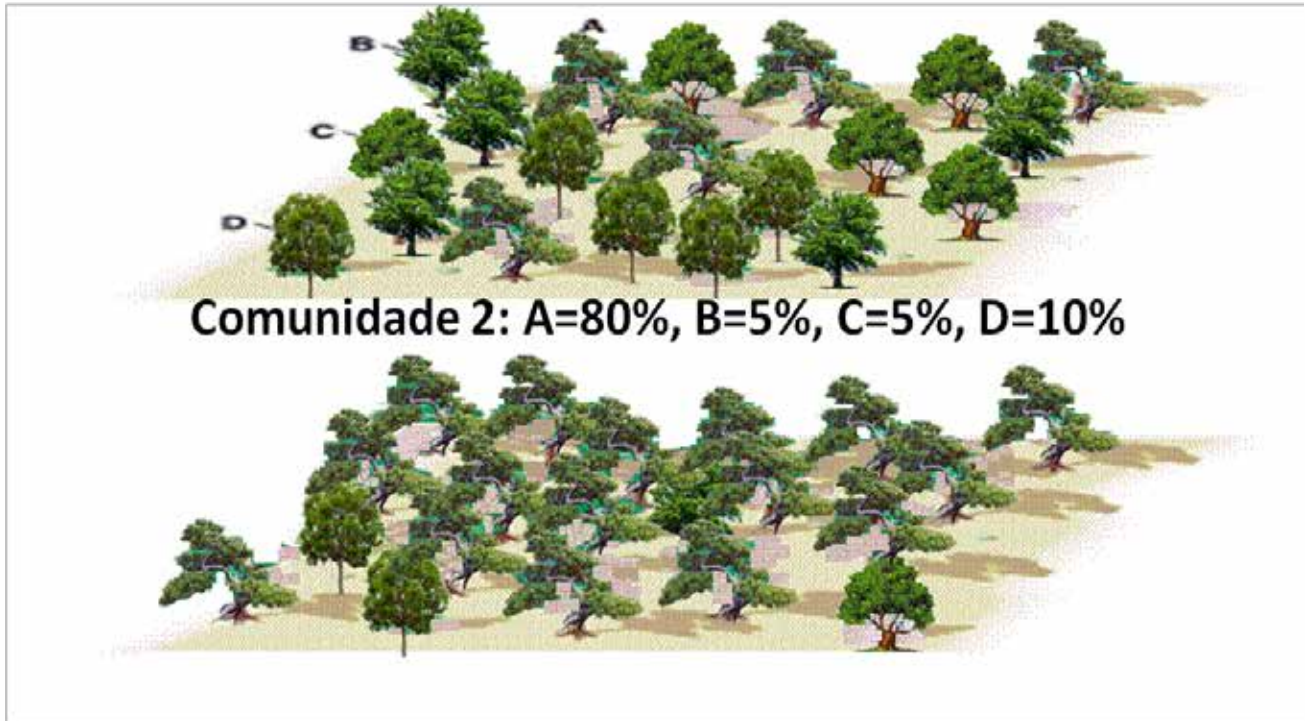
Vamos agora às propriedades emergentes das comunidades:

- ▶ **Riqueza de espécies** = Trata-se do número absoluto de espécies encontradas em uma comunidade biológica
  
- ▶ **Equitabilidade** = Se refere a o quanto semelhantes entre si são as abundâncias relativas das espécies que estão compreendidas na comunidade biológica.
  
- ▶ **Diversidade** = Trata-se de uma medida que leva em conta não somente o número absoluto de espécies da comunidade, mas também sua equitabilidade, ou seja, qual é a representatividade das espécies dentro da comunidade.
  
- ▶ **Índices de diversidade**= Tratam-se de medidas matemáticas que são calculadas levando-se em conta a riqueza de espécies e as suas abundâncias (equitabilidade entre elas), servindo de ferramenta para comparação entre comunidades biológicas.

Na figura a seguir podemos observar duas comunidades vegetais hipotéticas. Nelas, podemos ver que

estão presentes as mesmas espécies, logo, suas respectivas riquezas de espécies são iguais, certo? Mas e sua diversidade? A diversidade leva em conta a equitabilidade, certo? Então, qual das duas comunidades apresentadas é a mais diversa?

**Comunidade 1: A=25%, B=25%, C=25%, D=25%**



A Resposta é simples, é a comunidade 1. Todas suas espécies tem abundâncias iguais, representam 25% da comunidade cada, enquanto que, na comunidade 2, temos abundâncias extremamente desproporcionais entre si.

Uma vez apresentadas essas propriedades emergentes, e esses exemplos, podemos pensar em termos da representatividade de uma espécie dentro de uma comunidade. Todos sabemos que existem espécies raras, certo? Uma espécie rara nada mais é do que uma espécie que possui uma abundância muito pequena em relação ao resto da comunidade.

Mas o contrário também ocorre! Ao outro extremo, denominamos de espécies dominantes, que são aquelas cuja abundância é maior do que a das demais espécies da comunidade.



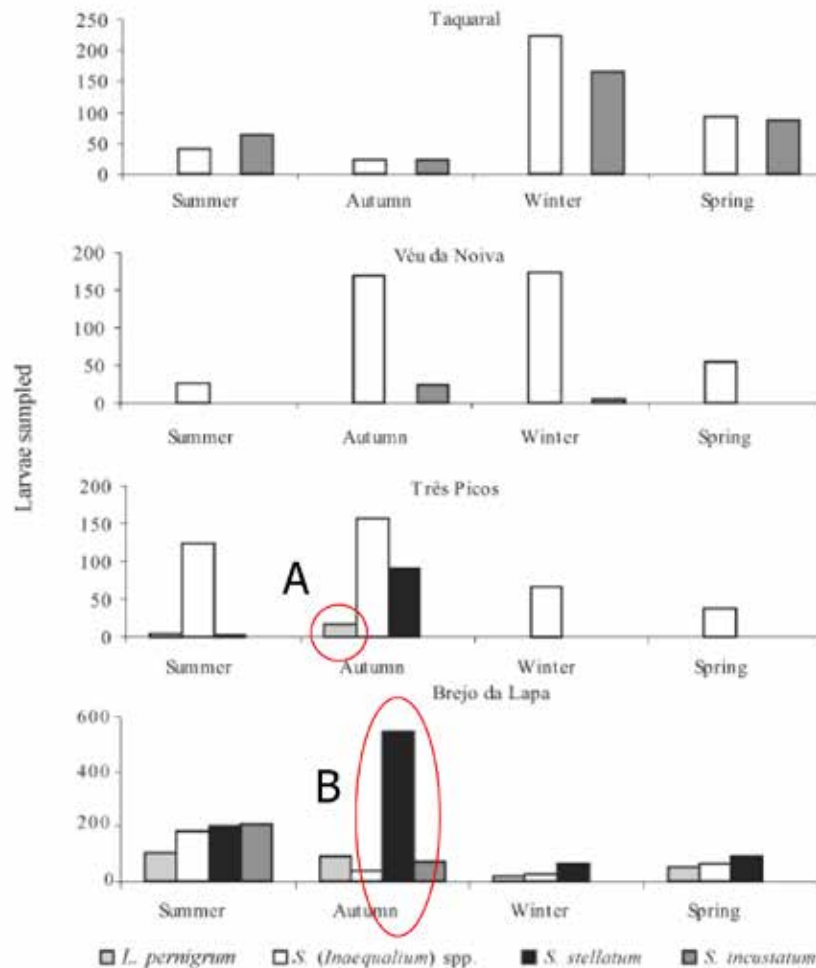


Figure 3. Seasonal larval abundance per sampling area.

Gráficos das abundâncias relativas de larvas de Diptera: Simuliidae em diferentes altitudes ao longo das quatro estações do ano no Parque Nacional do Itatiaia, RJ. Retirada de Figueiró et al 2006.

Observem a figura acima. Nesta figura temos as abundâncias de diferentes espécies de insetos (Diptera: Simuliidae), em diferentes estações do ano. Podemos observar exemplos de espécie rara (A – *Lutzsimulium pernigrum*) e dominante (B – *Simulium stellatum*) nas estações do ano assinaladas.

### Modelos de comunidade biológica

Existem basicamente dois modelos de comunidade biológica, que apresentam visões antagônicas para as razões de um determinado conjunto de espécies (comunidade biológica) co-ocorrer num dado local.

#### ► Gleason – Comunidade aberta

Para este autor, cada população que ocorre em uma determinada comunidade só está lá devido às suas necessidades abióticas, que são encontradas em um habitat desta comunidade.

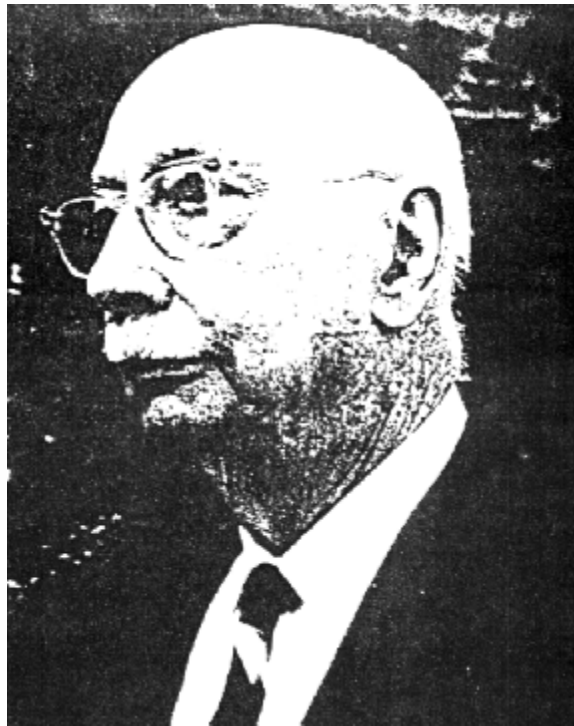


Foto de Gleason, retirada de commons.wikimedia.org

- Há um contínuo de condições abióticas ao longo do globo, desta forma, as espécies se distribuem pela ocorrência das condições adequadas para elas. Por este conceito, as comunidades são fruto apenas do encontro das distribuições individuais das espécies que as compõe.

#### ► Clements – Comunidade fechada

Para Clements, as comunidades funcionam como um “superorganismo”, razão pela qual este conceito é também conhecido por conceito holístico de comunidade. Para entender melhor esse conceito, podemos fazer uma analogia com o corpo humano: temos vários órgãos internos, os quais são interdependentes entre si, da mesma forma, pelo conceito de Clements, as várias espécies são como os órgãos, são interdependentes entre si! **Espécies são dependentes das interações bióticas!!**

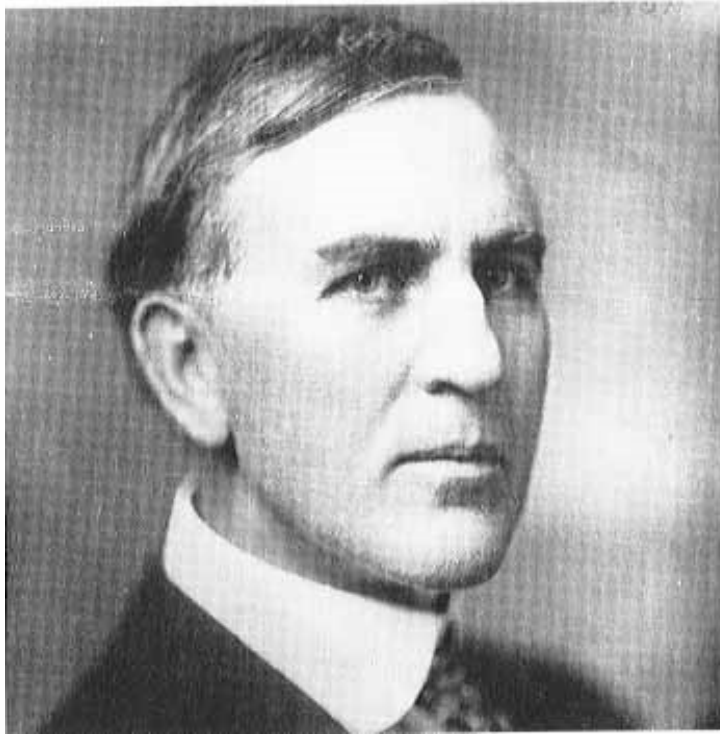
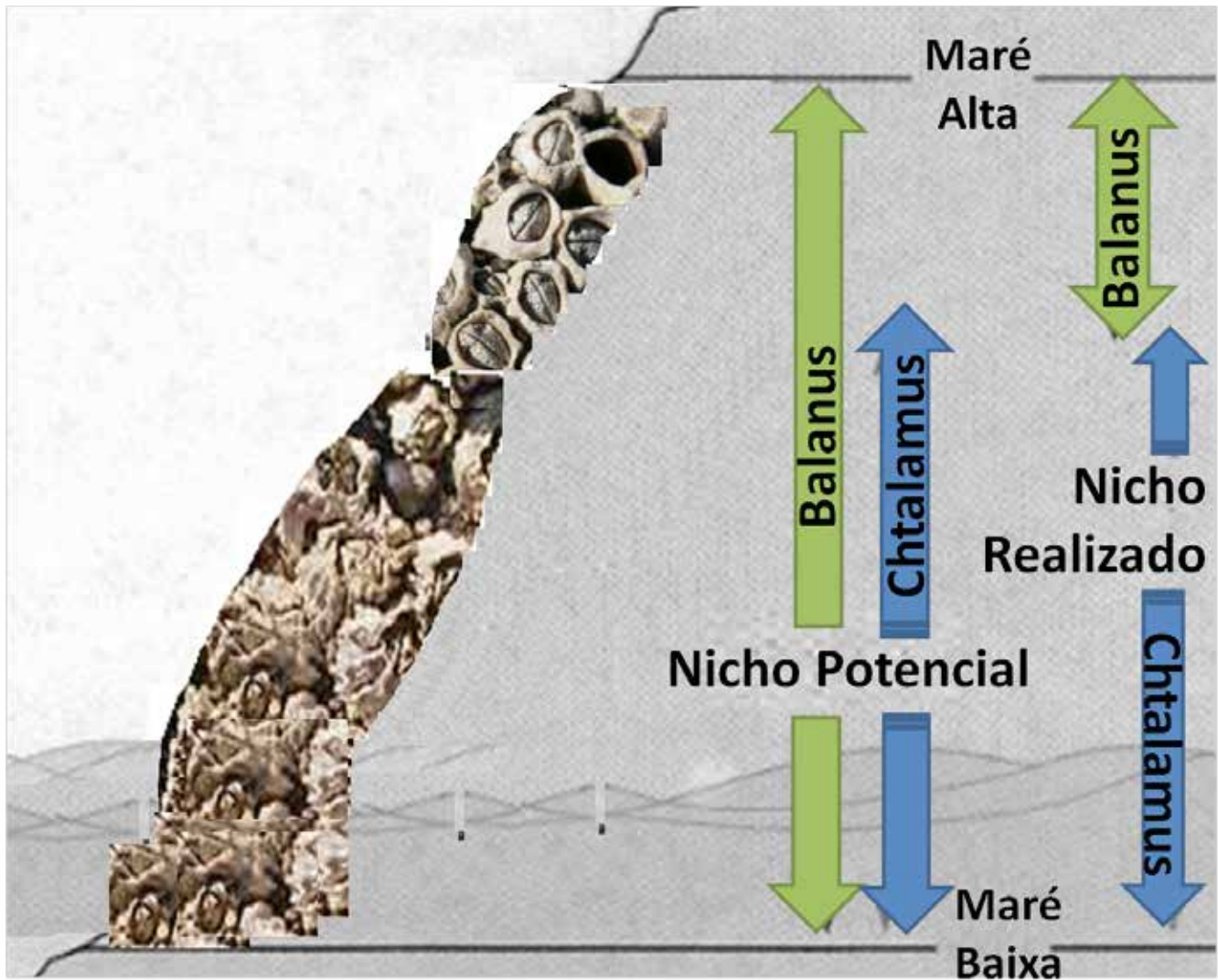


Foto de Clements, retirada de commons.wikimedia.org

- ▶ As partes não fazem sentido analisadas separadamente. A comunidade funciona de forma similar a um organismo, o chamado “superorganismo”, as espécies são como órgãos, necessitam umas das outras formando um todo.

**Antes de prosseguirmos, vamos relembrar o conceito de nicho:**

- ▶ **Nicho potencial:** Seria a extensão dos recursos do ambiente, no espaço e no tempo, que uma dada espécie poderia ocupar na ausência de competição
- ▶ **Nicho realizado:** O nicho que o organismo de fato ocupa em um local, devido às pressões competitivas de outras espécies.

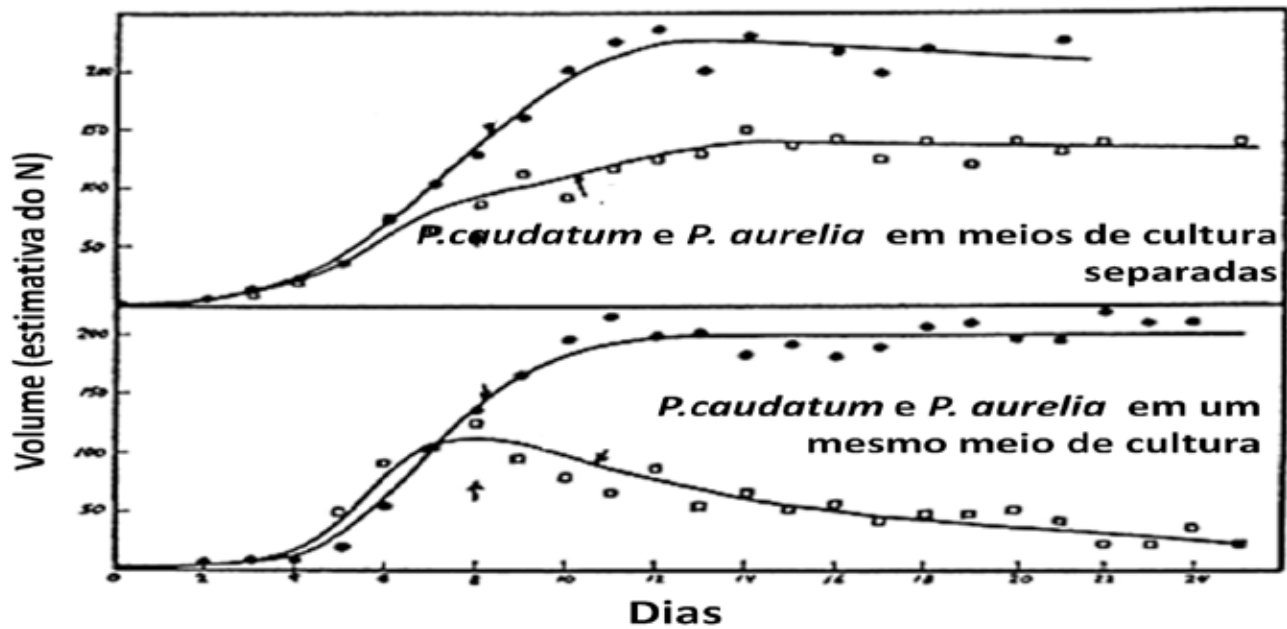


Na figura acima, podemos observar dois gêneros diferentes de cracas (Crustacea: Cirripedia), sendo possível se perceber os respectivos nichos potencial e realizado. Enquanto o gênero *Balanus* apresenta um nicho potencial que lhe permitira colonizar todo o costão rochoso, na presença de cracas do gênero *Chtalamus* o seu nicho realizado se restringe à uma parte do mesmo.

### Princípio da exclusão competitiva

O biólogo russo Georgii Frantsevich Gause realizou experimentos com duas espécies de protozoários de um mesmo gênero, que tinham demandas biológicas extremamente similares. Em seus experimentos, criou essas duas espécies de protozoários separadamente, e observou curvas de crescimento populacional semelhantes, como pode ser observado na figura abaixo. Entretanto, quando ambas espécies eram criadas em um mesmo meio, *P.aurelia* levava *P.caudatum* à extinção naquele meio. A partir desses resultados foi postulado o Princípio de Gause, ou, Princípio da exclusão competitiva: duas espécies que compitam exatamente pelos mesmos recursos não podem existir em um mesmo local.





**Logo...duas espécies não podem ocupar exatamente o mesmo nicho!**

**Você se lembra das teias tróficas?**

Elas nada mais são do que comunidades biológicas abordadas a partir de suas interações tróficas (alimentares).

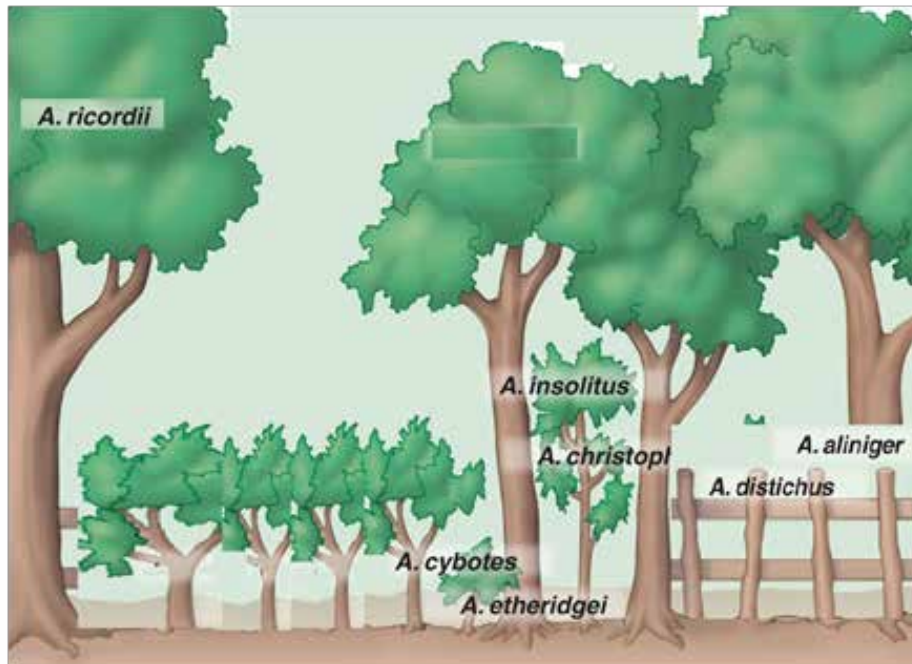
### **Interações interespecíficas**

Entretanto, sabemos que as interações tróficas não são o único tipo de interação que ocorrem, certo? Sabemos que além das interações dentro de uma das populações que compõe a comunidade, temos interações entre essas diferentes espécies, de diferentes populações, as quais chamamos de interações interespecíficas.

- ▶ **Interações entre organismos de diferentes espécies recebem o nome de interações interespecíficas.**
- **Exemplos:** competição, predação, parasitismo, herbivoria, mutualismo e doenças.

## Particionamento de nicho

Até aqui, vimos que duas espécies não podem ocupar um mesmo nicho em um determinado local... então, como podem diferentes espécies coexistem em um mesmo local?



Acima, temos o exemplo de lagartos do gênero Anolis. Todas essas espécies apresentadas na figura apresentam tamanhos e tipos de presa extremamente similares.

Então...se elas ocupassem o mesmo habitat, elas competiriam pelo mesmo nicho, certo? E pelo princípio da exclusão competitiva, sabemos que isso não é possível, correto?

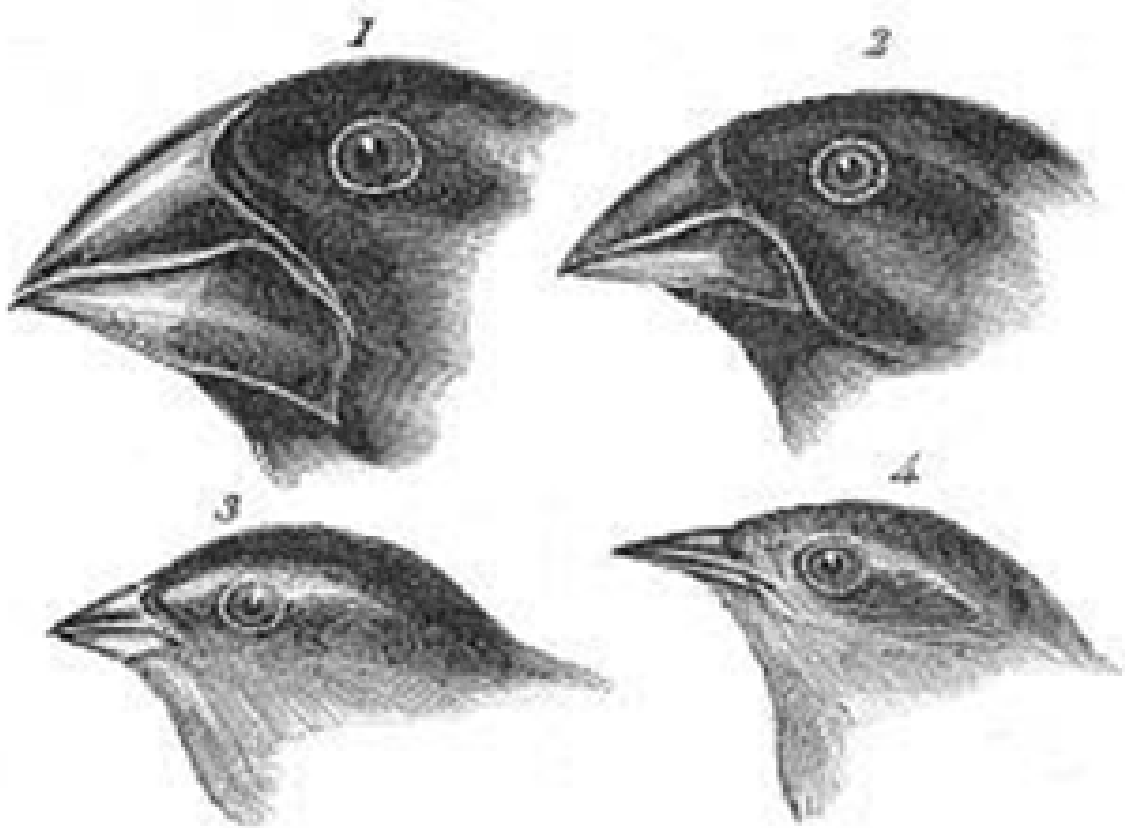
Logo, a seleção natural favorece a ocupação de diferentes habitats por espécies que em um mesmo habitat ocupariam o mesmo nicho ecológico, no processo que chamamos de partilhamento de nicho. Na figura, é evidente que temos espécies associada às copas das árvores, outras ao sub-bosque, e outras associadas ao solo.

Entretanto, se pararmos para pensar, dificilmente seria possível que não houvesse qualquer sobreposição de nicho entre as espécies da comunidade. **A sobreposição total não é possível, mas a parcial é possível e extremamente comum.**

## Deslocamento de caracteres

Espécies similares, com nichos similares, que quando ocorrem juntas tendem a apresentar um deslocamento de caracteres, ou seja, uma alteração de um caráter morfológico que permita uma menor sobreposição de nicho, e assim, a coexistência. Ex: Pássaros que exibem tamanhos de bico diferentes do seu normal quando

coexistem em um local com competidores próximos.



1. *Geospiza magnirostris*  
3. *Geospiza parvula*

2. *Geospiza fortis*  
4. *Certhidea olivacea*

## Finches from Galapagos Archipelago

Imagem retirada de <http://commons.wikimedia.org>

### *Diferentes escalas:*

Assim como nos ecossistemas, as comunidades biológicas também podem ser abordadas em diferentes escalas de estudo. Sua diversidade pode ser estimada em três escalas distintas, basicamente:

- ▶ **Diversidade  $\alpha$**  = diversidade local em uma área de habitat mais ou menos contínuo
- ▶ **Diversidade  $\beta$**  = diferenças entre um habitat e o seguinte
- ▶ **Diversidade  $\gamma$**  = diversidade regional através de todos os habitats dentro de uma área geográfica



Figura ilustrativa baseada no conceito de Rio Contínuo, demonstrando as diferentes composições de seres vivos ao longo dos trechos de um rio.

***Baseada em um importante artigo de Ecologia de Comunidades, “The river continuum concept”, de autoria de Vannote et al. 1980, apresenta um rio, desde sua nascente até o ponto do seu curso no qual a contribuição de outros tributários e a menor inclinação do terreno fazem sua calha ser maior e com menos velocidade de correnteza. Podemos imaginar que ao longo de um rio, temos um gradiente de diferentes condições físicas do ambiente, certo? Velocidade da correnteza, sombreamento, tipo do leito do rio...logo, as comunidades biológicas que observaremos ao longo do rio serão diferentes, certo? É possível se estudar a comunidade em sua totalidade?***



A princípio, a menos que estejamos falando de uma comunidade microbiana criada e acompanhada em laboratório, não. Para estudar comunidades, em geral, se trabalha com partes menores delas, as quais podem ser:

1. Guildas : São grupos de organismos que exporam os recursos de uma mesma maneira.
  1. Ex: Herbívoros
2. Taxocenoses: São grupos de organismos de um determinado táxon, escolhidos arbitrariamente.
  1. Ex: Besouros, aves, peixes, insetos
3. Grupos funcionais: São os conjuntos funcionais que compõe a estrutura trófica: produtores, consumidores, decompositores.

## Regulação de uma comunidade

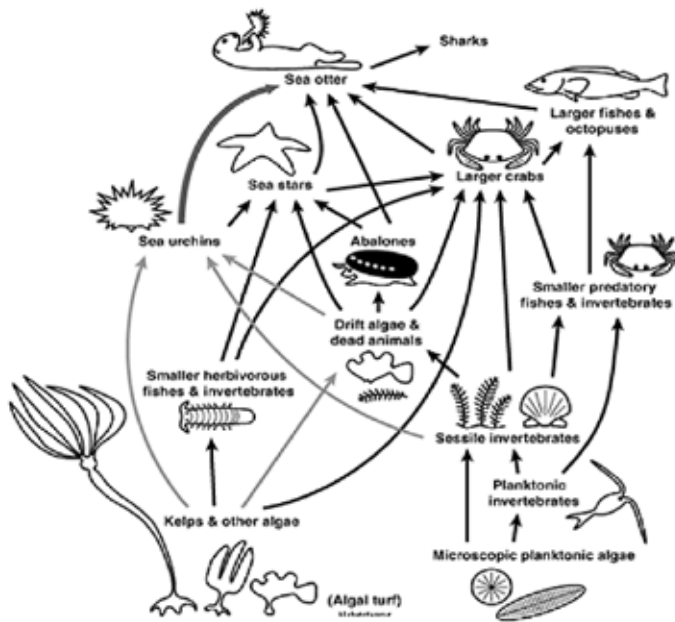
Assim como ocorre com as populações, as comunidades também sofrem regulação, que pode ser de dois tipos, os quais em geral agem em conjunto.

- **Modelo “Bottom up”** – A regulação vem de baixo para cima: disponibilidade de nutrientes. A organização e o crescimento são controlados pela quantidade de nutrientes disponíveis para os produtores primários.
- **Modelo Top down** – Predação. Modelo da “Cascata trófica”: efeitos de qualquer manipulação nos níveis tróficos superiores influenciará todos os níveis inferiores.

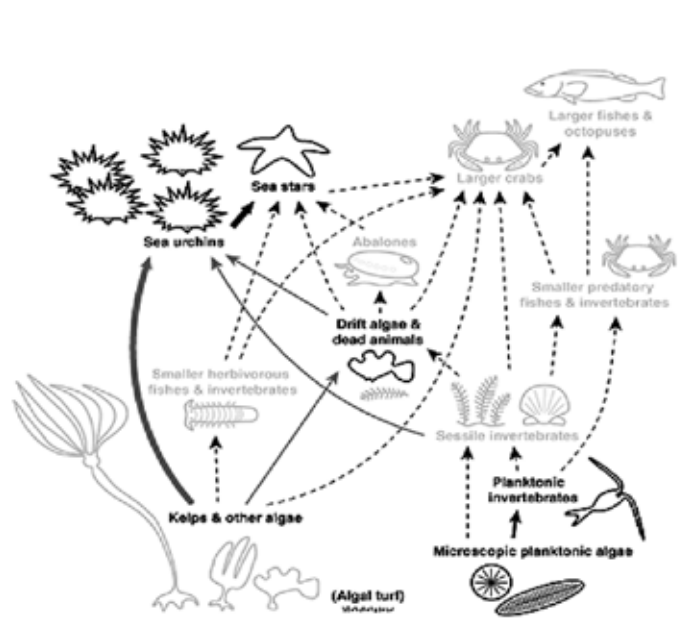
### Falando em regulação top-down...

**Predador-chave:** O conceito de predador-chave, que depois foi ampliado para espécie-chave, se refere a uma espécie que tem papel fundamental na manutenção da diversidade biológica em uma comunidade.

A. With sea otters, kelp forest food web



B. Without sea otters, urchin barren food web



Imagens retiradas do Center for Biodiversity and Conservation – American Museum of National History

Acima, temos o exemplo de *Enhydra lutris*, também chamada de lontra-marinha. Na presença dessa espécie, que é um predador chave, a comunidade biológica é a que vemos à esquerda. Já na ausência dessa espécie, temos uma comunidade mais simples, uma perda marcante de diversidade ( os organismos menos opacos na figura da direita são aqueles que se extinguem na ausência da lontra-marinha).

Porque isso ocorre? Porque a ação dessa espécie sobre vários predadores de um nível trófico abaixo do seu impede que essas espécies compitam de forma mais efetiva entre si pelas presas, e com isso, o princípio da exclusão competitiva atue.

### Relação Diversidade X Estabilidade

É relativamente bem estabelecido na literatura científica que comunidades mais diversas são mais estáveis, no entanto, as razões dessa maior estabilidade ainda são discutidas. A seguir, são apresentadas duas hipóteses vigentes para esta relação:

#### Hipótese das juntas :

- Tem este nome devido à analogia que é empregada pelos autores. As espécies são comparadas a juntas em um avião. A cada junta removida de um avião, isto comprometeria mais sua estabilidade, até que o mesmo eventualmente entrasse em colapso. O mesmo ocorre com as comunidades. Quantas juntas, ou melhor, quantas espécies podem ser perdidas até o colapso da comunidade?

**Perda de diversidade danifica progressivamente as funções do ecossistema, até que este entre em colapso!**

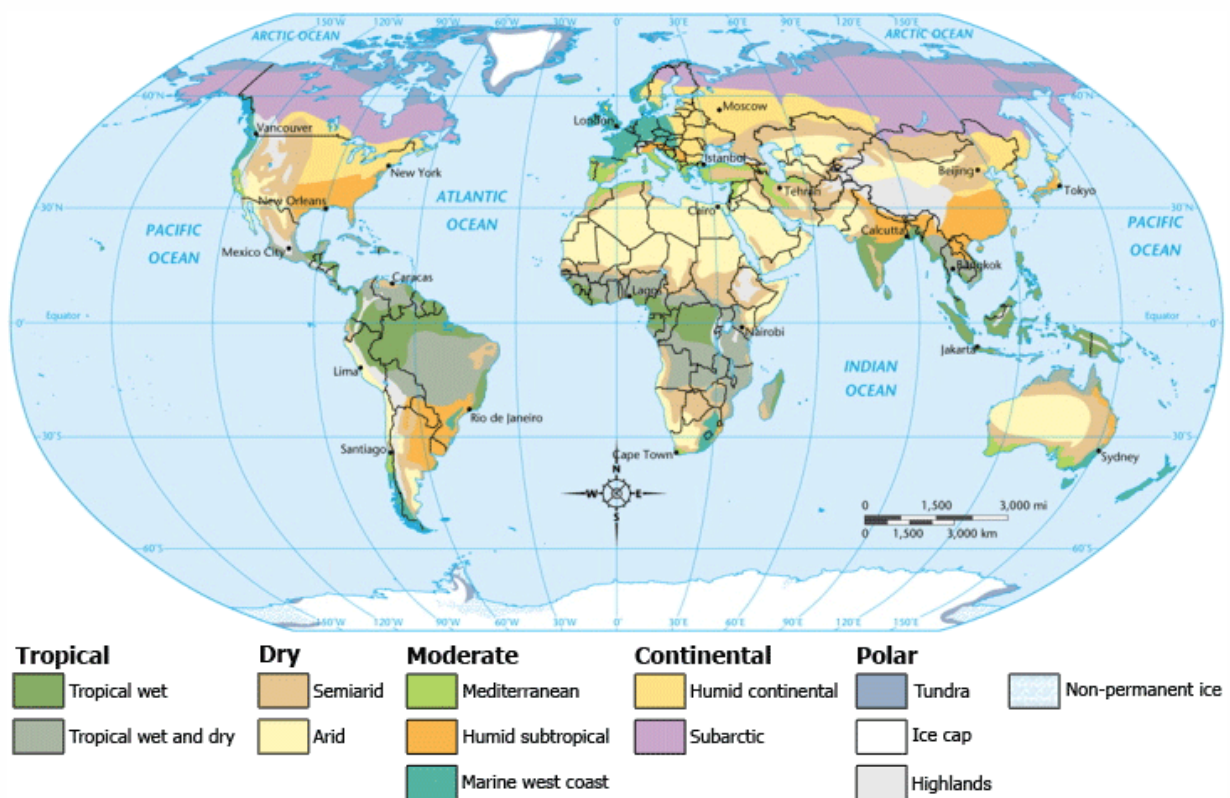
### Hipótese da redundância:

Outra hipótese para esta relação, antagônica à hipótese do rebite, é a hipótese da redundância funcional:

- ▶ O que seria mais relevante para a estabilidade da comunidade não seria a riqueza de espécies e a diversidade, mas sim que as respectivas biomassas dos grupos funcionais: produtores, consumidores, decompositores, etc. seja mantida.

### Padrões globais de diversidade

Porque temos mais diversidade biológica nos trópicos?



Mapa climático extraído de <http://commons.wikimedia.org>

Até aqui, vimos que as diferentes espécies que fazem parte da biosfera apresentam diferentes nichos, diferentes tolerâncias ecológicas, correto? Então, um local com maior diversidade de habitats resultaria em uma maior diversidade biológica, não? É isto o que ocorre nos trópicos: existe uma variabilidade muito maior de condições climáticas, que resulta em uma heterogeneidade maior de habitat, que por sua vez resulta em uma maior diversidade biológica.

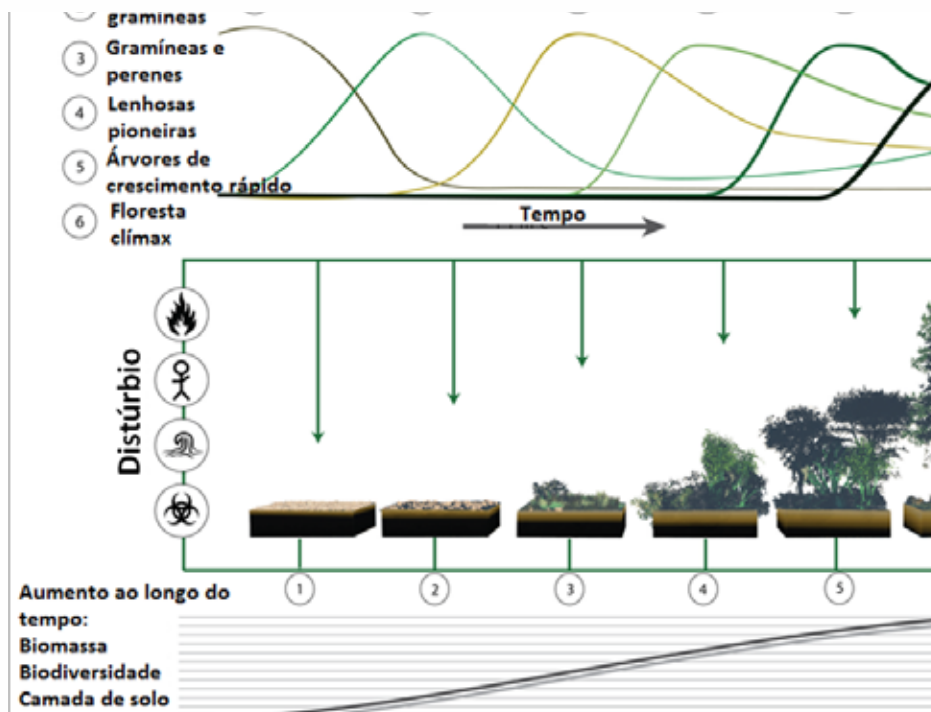
## Estudo dirigido:

- 1) O que é uma comunidade biológica?
- 2) Quais são as propriedades emergentes das comunidades? Explique cada uma.
- 3) Quais são as diferenças entre os modelos de comunidade de Gleason e de Clements? Explique comparando os dois conceitos.
- 4) Qual é a diferença entre nicho potencial e nicho realizado?
- 5) O que é o princípio da exclusão competitiva? Quais são suas implicações para a coexistência de espécies?

## Capítulo 7: Sucessão Ecológica

As comunidades são constantes ao longo do tempo?

A resposta para essa pergunta é não. As comunidades “evoluem” ao longo do tempo, no processo denominado Sucessão Ecológica.



Esquemática do processo de sucessão ecológica. Autor: Lucas Martin Frey. Retirada de <http://commons.wikimedia.org>



- E porque ocorre esse processo? **Porque os organismos alteram a estrutura do solo, sua química e microclimas do habitat, e com isso, a composição de comunidades biológicas muda constantemente ao longo do tempo, até atingir seu estado final...a comunidade clímax.**

### ***E o que é a comunidade clímax?***

Trata-se da comunidade madura, estável, que é o estágio final da sucessão ecológica.

- ***Qualquer região em particular tem seu próprio conjunto de espécies de clímax, que são plantas que são melhor adaptadas à área e que irão persistir ao final do processo sucessional, até que um distúrbio limpe a área.***

Todas essas figuras abaixo são de comunidades clímax. Mas porque elas são tão diferentes? ***Porque a comunidade clímax está diretamente relacionada ao clima e às condições abióticas do seu ambiente.***



Fotos de diferentes comunidades clímax. Autor: Ronaldo Figueiró

### ***Síndromes r e k***

***Pelo que aprendemos até aqui, qual síndrome seria característica dos primeiros momentos da sucessão, e qual seria característica do clímax?***

Vamos lembrar: síndrome r são organismos de grande potencial de reprodução, ciclos de vida curtos, e pouca capacidade competitiva, logo...são espécies pioneiras!

E a síndrome k? Essas espécies tem um investimento maior em estruturas para resistirem melhor a competição...em que momento temos mais competição? Nos primórdios da sucessão ou no clímax? No clímax, não?

### ***Tipos de sucessão ecológica***

Existem basicamente dois tipos de sucessão ecológica:

#### **Sucessão primária**

A sucessão primária é o processo pelo qual uma comunidade se estabelece onde até então não havia vida, ou em locais nos quais distúrbios catastróficos eliminaram toda a comunidade biológica e **destruíram o solo**.

E o que é um distúrbio catastrófico?



Foto da erupção de 1980 no Monte St. Helens, Washington, E.U.A. que devastou uma das faces da montanha, destruindo também o solo. Imagem retirada de USGS.

Por distúrbio catastrófico, denominamos um distúrbio que **elimina toda a comunidade biológica** de um determinado local.

### **Sucessão secundária**

É aquela que ocorre quando eventos criam novo habitat, mas sem destruir o solo, como por exemplo, a formação de uma clareira na floresta. Como o solo já está presente, pode ser até dez vezes mais rápida do que a sucessão primária.



Foto de sucessão secundária ocorrendo em campos de cultivo abandonados na Polônia. Autor: Tomasz Kuran. Imagem retirada de

<http://commons.wikimedia.org>

### **A sucessão primária passo a passo:**

Em primeiro lugar, líquens colonizam uma rocha. A ação do intemperismo vai fazer com que essa rocha, ao longo do tempo, vá dando origem a partículas menores, que por sua vez, vão se misturar com a matéria orgânica dos líquens que forem morrendo, e com isso, se formará uma fina camada de solo.





Imagem de líquens crescendo sobre substrato rochoso. Autor: Roantrum. Imagem retirada de <http://commons.wikimedia.org>

Essa fina camada de solo recém-formada vai permitir a chegada de plantas primitivas, como as pteridófitas e musgos.



Imagem em close de Pteridófitas. Autor: Sanjay Ach. Retirada de <http://commons.wikimedia.org>





Imagem em close de musgos. Autor: KirinX. Imagem retirada de <http://commons.wikimedia.org>

Esses vegetais, por sua vez, também vão morrer e se decompor, o que junto com a ação do intemperismo sobre as rochas vai produzir mais solo, com uma camada de matéria orgânica mais espessa. Essa camada mais espessa vai possibilitar o estabelecimento de gramíneas, flores silvestres, e outras plantas de pequeno porte, que aos poucos vão dominar a paisagem.



Foto de flor de asteraceae, de autoria de Marshman. Retirada de <http://commons.wikimedia.org>

Com o passar do tempo, à medida que essas plantas forem morrendo e se decompondo, vai ser adicionada mais matéria orgânica ao solo, o que irá permitir o surgimento das primeiras árvores e arbustos.

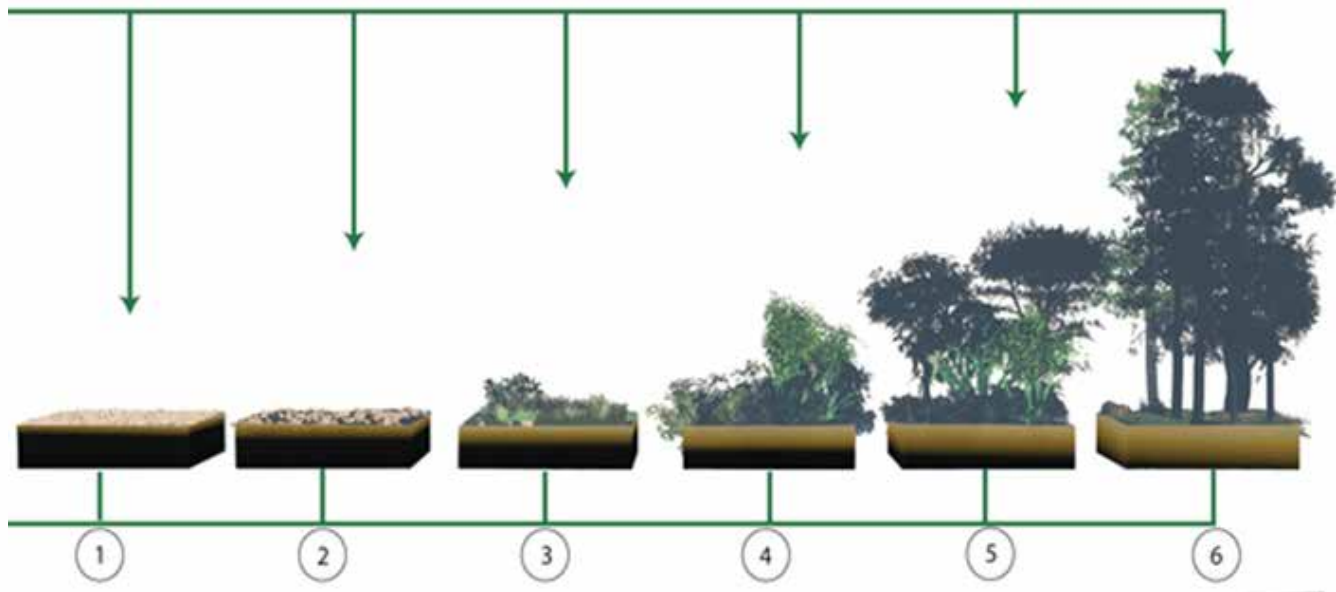


Foto de floresta em Illinois. Autor: Dustin M. Ramsey. Imagem retirada de <http://commons.wikimedia.org>

Então, acabamos de ver fases bem distintas do processo sucessional. A comunidade biológica é bem diferente nesses estágios, não? A esses estágios da sucessão, damos o nome de **SERES ECOLÓGICAS**.

Mas quanto tempo leva esse processo todo? Quanto tempo dura uma sere, esse tempo é igual para todas as comunidades biológicas? Bem, vimos anteriormente que as comunidades de clímax estão intimamente relacionadas às questões climáticas e abióticas em geral, logo, os tempos de sucessão também são variáveis. Mas a sucessão ecológica não é um processo rápido, pode levar uma centena de anos ou mais para que uma comunidade chegue ao seu clímax.





Esquemática do processo de sucessão ecológica, cada número corresponde a uma sere, que pode durar alguns anos ou mesmo décadas. Autor: Lucas Martin Frey. Retirada de <http://commons.wikimedia.org>

Hoje, existem basicamente três modelos propostos para se explicar o funcionamento do processo de sucessão:

**Facilitação** – É o modelo clássico de sucessão, no qual é postulado que as espécies pioneiras criam as condições para a chegada de outras espécies.

**Tolerância** – Neste modelo, todas as espécies teriam igual possibilidade de ocupar um habitat recém-criado, porém com diferentes graus de sucesso. As espécies pioneiras não facilitariam a chegada de outras espécies. Neste modelo, a tolerância a competição seria o determinante para a ocorrência das espécies ao longo do processo sucessional. Espécies mais intolerantes a competição seriam mais comuns nas primeiras seres.

**Inibição** – Assim como o modelo da tolerância, parte do pressuposto que todas as espécies tem igual possibilidade de colonizar um habitat recém-criado. Entretanto, ao contrário do modelo da facilitação, postula que algumas espécies pioneiras dificultariam o estabelecimento de espécies tardias, por alelopatia (processo pelo qual algumas espécies vegetais conseguem inibir o desenvolvimento de outras, a partir de substâncias liberadas por estas no solo), por exemplo.

Até aqui falamos só de vegetais, até porque o conceito de sucessão ecológica foi desenvolvido para espécies vegetais, mas e a fauna? A fauna é fortemente associada à sua comunidade vegetal, logo, a comunidade animal acompanha as mudanças na comunidade vegetal. O conceito de sucessão ecológica pode ser aplicado a quaisquer organismos que vão colonizar e se estabelecer em um novo habitat, como por exemplo, microorganismos, ou organismos aquáticos em um rio que acabou de sofrer a ação de uma “cabeça d’água”.

### **Sucessão degradativa**

Esse é reconhecido como um terceiro tipo de sucessão ecológica por alguns autores, e trata-se da ocupação e utilização de um cadáver por organismos decompositores e saprófagos ( que se alimentam de matéria orgânica morta ). Esse tipo de sucessão é a base da entomologia forense, que se utiliza de insetos como indicadores do tempo decorrido desde a morte.

### **Estudo dirigido:**

- 1 ) O que é uma sucessão ecológica?
- 2 ) Quais são as diferenças entre sucessão primária e sucessão secundária?
- 3 ) Quais são os três modelos que explicam o funcionamento da sucessão ecológica? Explique comparativamente.
- 4 ) O que são seres ecológicas?
- 5 ) Diferencie distúrbio catastrófico de distúrbio não-catastrófico.



## Capítulo 8: Interações ecológicas

As interações entre as espécies que estão compreendidas em uma comunidade, podem ser basicamente de dois tipos:

- Intra-específicas: ocorrem entre indivíduos da mesma espécie.
- Interespecíficas: envolvem indivíduos de espécies diferentes.



Matilha de lobos (*Canis lupus*) cerca Bisão (*Bison bison*), exemplo de interações intraespecíficas (matilha) e interespecíficas (lobos tentando predar o bisão). Autor: Doug Smith. Foto retirada de <http://www.nps.gov>

Sabemos que existem diversos tipos de interações entre os seres vivos, e sabemos que nem sempre elas são benéficas para as partes envolvidas, correto?

- Interações Harmônicas ou Positivas: um ou ambos os participantes se beneficiam
  - Intraespecíficas: entre organismos da mesma espécie
    - Ex: Insetos sociais, animais que tem distribuição agrupada.

## Harmônicas inter-específicas

- Comensalismo: Apenas uma das espécies é beneficiada, mas a outra não é prejudicada.
  - Ex: Epifitismo (uma planta que usa a outra como substrato para crescer), peixe rêmora ( se alimenta dos restos das refeições dos tubarões).



Tubarão com peixes-rêmora. Foto: Duncan Wright. Extraída de <http://commons.wikimedia.org>

- **Mutualismo:** As duas espécies se beneficiam da interação, sendo indispensável para as duas.  
**Ex: Líquens, micorrizas, cupins e protozoários**



Colônia de cupins, insetos sociais que necessitam de sua interação mutualística com protozoários. Foto: Scott Bauer.

Retirada de <http://commons.wikimedia.org> , domínio público USGov-USDA-ARS

Cupins e protozoários:

Cupins se alimentam de madeira, no entanto, não possuem enzimas para digerir a celulose. Por isso, tem uma relação de mutualismo com um protozoário que habita seu trato digestivo, desta forma estando protegido contra predação e proporcionando ao cupim a possibilidade de se alimentar de matéria vegetal.

**Desarmônicas ou Negativas:** pelo menos um dos participantes é prejudicado.

**Competição:** Os dois organismos são prejudicados, concorrência por recursos similares. No caso da competição interespecífica, se dá entre organismos de diferentes espécies, mas pode ocorrer dentre organismos da mesma espécie, sendo chamada de competição intraespecífica.

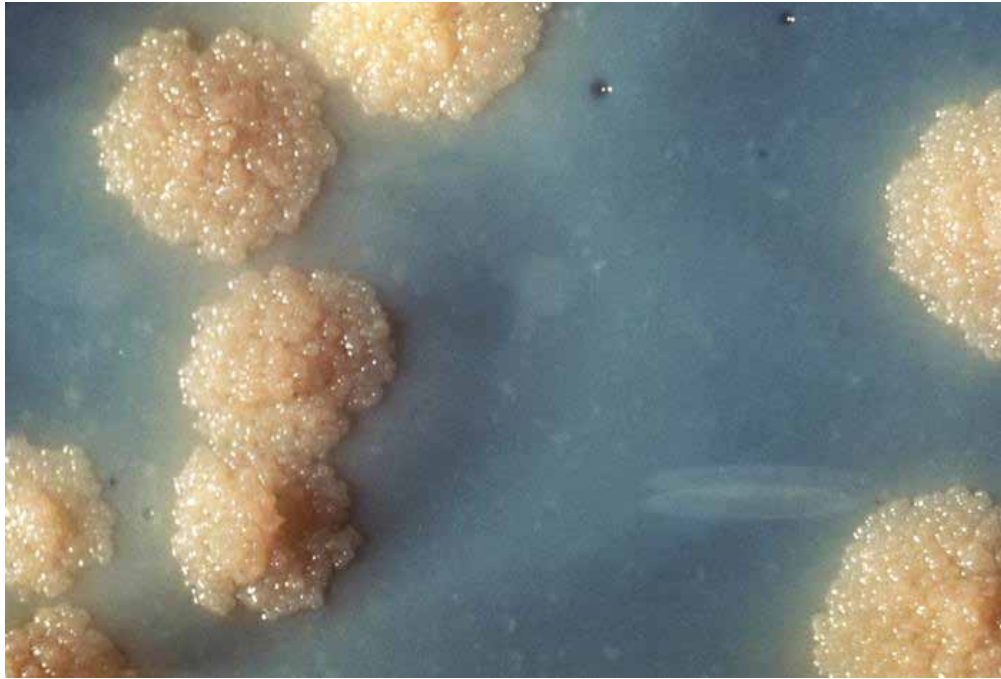


Competição intraespecífica entre indivíduos de *Cervus elaphus*. Foto: Heinz Seehagel . Fonte: <http://commons.wikimedia.org>



### **Parasitismo:**

Uma espécie (parasita) se utiliza de outro organismo como recurso (hospedeiro). As doenças que não são de origem genética tem origem parasítica.



Colônias de *Mycobacterium tuberculosis*, agente etiológico da Tuberculose, exemplo de endoparasita. imagem retirada de Centers for Disease Control and Prevention's Public Health Image Library

### **Existem basicamente dois tipos de parasitas:**

Os **ectoparasitas** são aqueles que habitam o exterior do corpo do hospedeiro, como por exemplo, os insetos hematofágicos. Os vetores de doenças são ectoparasitas. Esses parasitas normalmente fazem a **transmissão** do **endoparasita**.

O segundo tipo são os **endoparasitas**, que são parasitas que habitam o interior de outros organismos. Esses parasitas são os que **provocam** as doenças.

### **Predação:**

Nesta relação, um organismo (predador) se alimenta do outro (presa). Para que seja considerada uma predação, é necessário que a presa seja abatida.





Leopardo (*Panthera pardus*) abatendo sua presa, exemplo de predação. Foto: NJR ZA. Retirada de <http://commons.wikimedia.org>

***Se para que ocorra uma predação é necessária a morte da presa, herbívoros são predadores?***

Isso vai depender se o herbívoro se alimenta das folhas, frutos, ou sementes. Nos dois primeiros casos, não ocorre a morte, então, não se trata de uma predação, mas sim de um parasitismo. No último caso, como uma semente é como se fosse um embrião vegetal, ocorre a morte do indivíduo vegetal, logo, é uma predação.

**Parasitóides**

São organismos que em parte do seu ciclo de vida parasitam outro organismo, mas que ao final de seu desenvolvimento, matam seu hospedeiro. O exemplo fica por conta das vespas da família brachonidae, cujas fêmeas colocam seus ovos nas lagartas de borboletas, e suas larvas se desenvolvem no interior da lagarta, consumindo aos poucos suas estruturas internas até eventualmente matar o hospedeiro, e a partir desse momento emergirem os adultos da vespa, organismos de vida livre que não dependem mais de um hospedeiro.



Foto de lagarta exibindo casulos de parasitóides em seu exterior. Nesse ponto, o hospedeiro já está morto, pois quando o parasitóide empupa, ele já se alimentou das estruturas vitais do seu hospedeiro. Foto: GothMoths. Retirada de <http://commons.wikimedia.org>.

## **Coevolução**

Ocorre quando duas espécies que interagem ecologicamente exercem pressão seletiva uma sobre a outra e esta resposta é hereditária.

Exemplos de pressão seletiva recíproca:

- Parasita e hospedeiro
- Competidores
- Predador e presa
- Mutualistas
- Hospedeiro e simbiote

## **Corrida armamentista:**

É o nome que se dá comumente ao processo de co-evolução entre mecanismos de defesa de hospedeiros / presas e os mecanismos de ataque de parasitas / predadores.

Exemplo: Compostos secundários em plantas (substâncias cuja única função é a defesa contra o ataque de fitófagos) e a evolução de insetos resistentes aos efeitos desses compostos.

Estudo dirigido:

- 1 ) Explique o que são interações biológicas harmônicas inter e intraespecíficas e dê exemplos de ambos os tipos.
- 2 ) Qual é a diferença entre mutualismo e comensalismo?
- 3 ) O que é um parasitóide?
- 4 ) O que é o particionamento de nicho?
- 5 ) Explique o que é coevolução.

## Capítulo 9: Tipos de Poluição e Impactos no Ambiente

### Poluição

Por poluição, entende-se o evento de substâncias danosas contaminarem o ambiente. Existem vários tipos de poluição, mas os três que veremos a seguir são de particular importância para a ecologia:

#### Poluição atmosférica:

As principais fontes desse tipo de poluição são as indústrias e todos os veículos que se utilizam de combustíveis fósseis. Desde a revolução industrial o homem tem contribuído cada vez com uma quantidade crescente de poluentes lançados na atmosfera.



Foto de emissão de gases de uma fábrica de armas durante a II Guerra Mundial. Autor: Alfred Palmer. Retirada da biblioteca do congresso americano.

#### Problemas da poluição atmosférica:

Intensificação do efeito estufa, que leva ao aquecimento global.

Doenças respiratórias no ser humano.



## Poluição hídrica:

As principais fontes de poluição hídrica são os resíduos químicos industriais e o esgoto doméstico.



Foto de curso d'água exibindo sinais de poluição. Autor: Calexico New River Committee. Retirada de <http://commons.wikimedia.org>

## Problemas da poluição hídrica:

Doenças provocadas por microorganismos associados à água poluída.

Ex: febre tifóide e o cólera.

**Eutrofização:** É o processo que ocorre quando o excesso de aporte de nutrientes em um ecossistema aquático provoca um aumento excessivo do número de algas, desta forma intensificando a produção primária e estimulando o aumento de consumidores. Após um tempo, essas algas morrem e sua decomposição, por ser uma reação química que consome oxigênio, aliado ao número aumentado de consumidores, leva a água a uma condição anóxica, ou seja, pobre em oxigênio dissolvido, o que leva à grande mortandade de organismos aquáticos.



Foto do rio Potomac, E.U.A., exibindo coloração esverdeada característica de um processo de eutrofização. U.S. [National Oceanic and Atmospheric Administration](#)

### **Poluição do solo**

Consiste na presença indevida, no solo, de elementos químicos estranhos, como os resíduos sólidos ou efluentes líquidos de origem antrópica. As principais fontes de poluição são o lixo doméstico, o uso de agrotóxicos e vazamentos de aterros sanitários.



Contaminação do solo provocada pelo rompimento de tanques subterrâneos. Foto: Dumelow. Imagem retirada de: <http://commons.wikimedia.org>

## **Problemas da poluição do solo:**

Inviabilização de atividades agrícolas

Contaminação do lençol freático

## **Bioacumulação**

Agora, abordaremos um tema diretamente relacionado à poluição: a bioacumulação. Este é o nome que se dá ao processo pelo qual os seres vivos acumulam poluentes em seu organismo. Existem duas formas básicas de bioacumulação:

**Bioconcentração:** Poluentes são absorvidos pelo organismo diretamente do seu ambiente

**Biomagnificação:** Poluentes são adquiridos através da alimentação

Mas porque o nome biomagnificação? Bem, vocês se lembram da pirâmide energética, na qual devido às perdas de energia a cada nível trófico, a maior parte da energia estava na base da pirâmide ( os produtores ) e a menor parte no topo ( predadores de topo )? Pois bem, com a biomagnificação acontece o contrário: como o nome diz, a acumulação aumenta a cada nível trófico.

## **Qual é a importância de se estudar a bioacumulação?**

O caso histórico da Doença de Minamata: Trata-se de uma enfermidade que acometeu os japoneses, provocando convulsões e debilidade, atingindo grande parte da população. Esta enfermidade foi causada por intoxicação por mercúrio, mas como isso foi possível?

As instalações de uma fábrica japonesa lançavam mercúrio na baía, e esta substância, por ser bioacumulável, era absorvida pelos seres aquáticos e passada pelos níveis tróficos, desta forma chegando aos peixes, base da culinária japonesa.

## **A Primavera Silenciosa, de Rachel Carson:**

A autora demonstrou que a bioacumulação de DDT pelos pássaros ( dos quais os insetos, principal alvo do ddt, são parte da dieta ) levava à ovos com cascas mais finas, aumentando drasticamente a mortalidade dos jovens e com isso diminuindo radicalmente o tamanho populacional, levando à primavera silenciosa do título.



imagem retirada de United States Fish and Wildlife Service.

### **Estudo Dirigido:**

- 1 ) O que é eutrofização? Quais são suas causas, e quais são suas consequências?
- 2 ) O que é bioacumulação?
- 3 ) Diferencie bioconcentração de biomagnificação.
- 4 ) Cite consequências da poluição hídrica, e como a mesma pode ser prevenida.
- 5 ) Quais são as implicações de substâncias bioacumuláveis para a saúde humana?