

LCB0217 - ECOLOGIA DE COMUNIDADES

# BIODIVERSIDADE E SUA DESCRIÇÃO

Profs. Flávio B. Gandara & Renato Lima



# PLANO DE AULA

- **Definições e conceitos**
- **Biodiversidade global, suas causas e distribuição**
- **Ameaças e conservação**
- **Medidas de biodiversidade**
- **Atividade prática**



# OBJETIVOS DA AULA

## **Dar elementos para responder:**

- O que é biodiversidade?
- Porque ela é importante?
- Quais são os seus fatores condicionantes?
- Como medir biodiversidade?
- Quais são suas principais ameaças?
- Como conservar biodiversidade?



# BIODIVERSIDADE

## PARTE 1

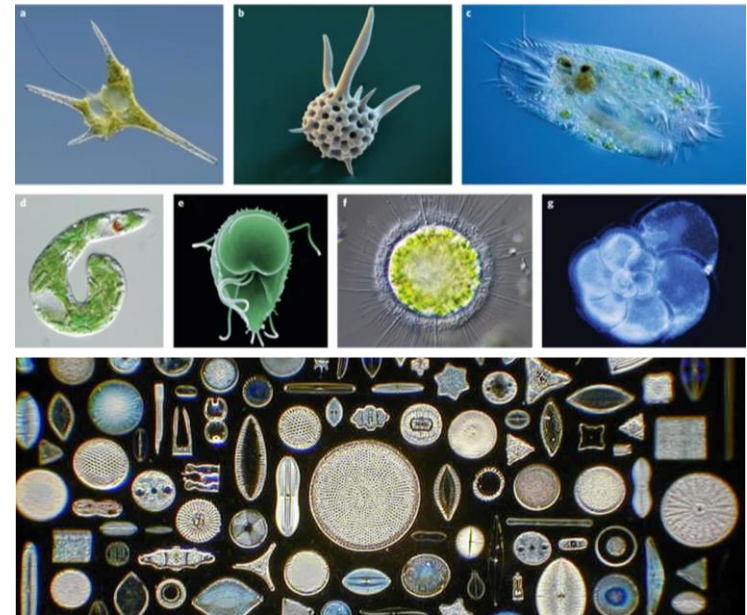


## DEFINIÇÕES E CONCEITOS

# DEFINIÇÕES E CONCEITOS

## O que é biodiversidade?

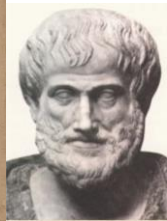
- **Variação e variabilidade da vida na Terra**
  - Engloba todos os níveis de organização
  - Variação pode ser no espaço ou no tempo
  - Biodiversidade = diversidade biológica



# DEFINIÇÕES E CONCEITOS

## O que é biodiversidade?

- **Conceito formalizado recentemente**
  - popularização com a Rio '92



Aristotle (384-322 av. JC)

Natural history,  
Natural diversity  
Taxonomy



T. Lovejoy  
(1941-)

“BioDiversity”



Ancient history

~ 1700-1900

1980

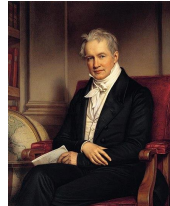
1985-1988

1992

Nature,  
History of living  
things



C. von Linné  
(1707-1778)



A. von Humboldt  
(1769-1859)

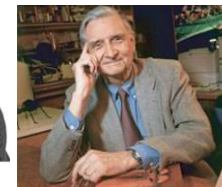


C. Darwin  
(1809-1882)

“Biological diversity”



W. G. Rosen



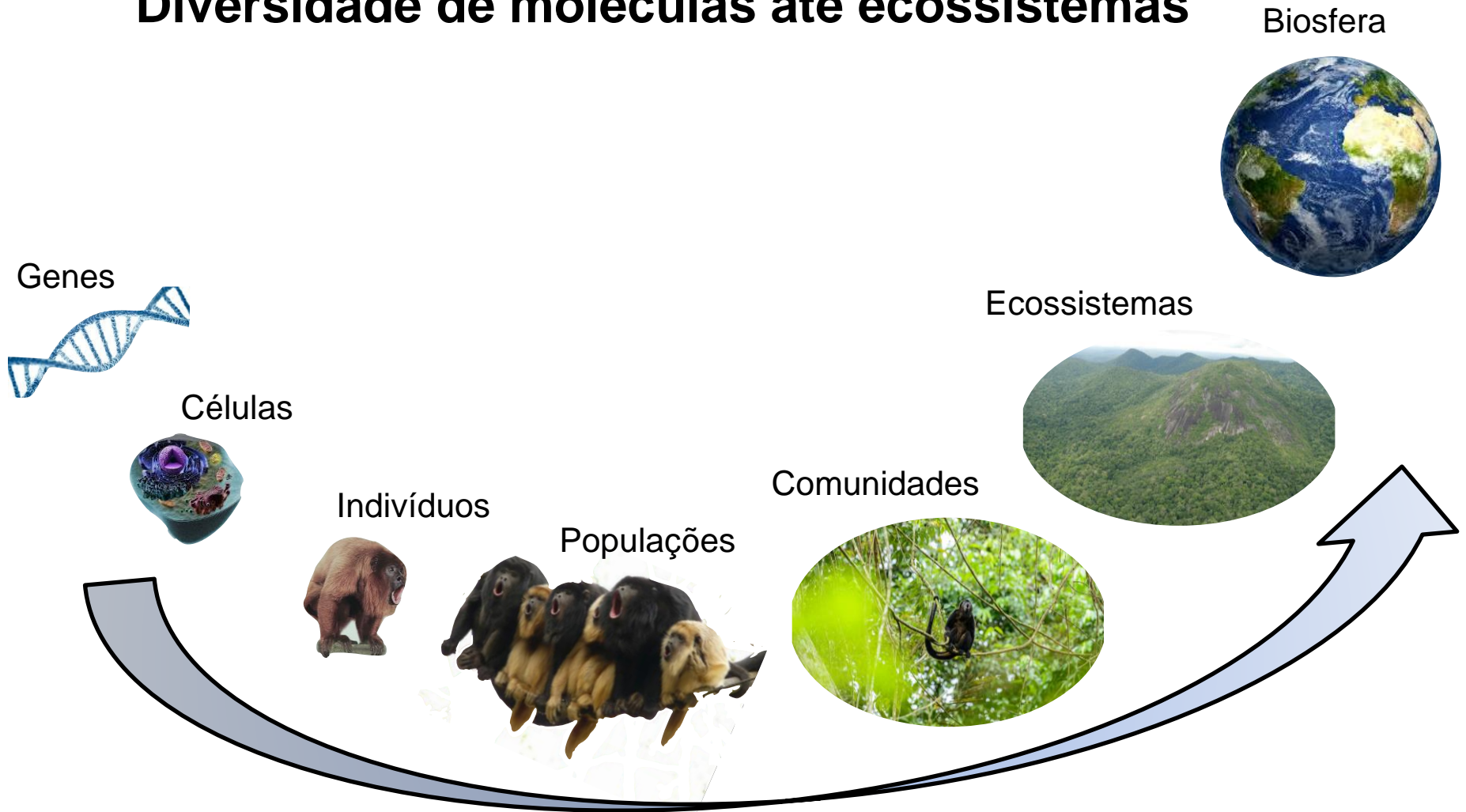
E. O. Wilson  
(1929-)

“Biodiversity”

# DEFINIÇÕES E CONCEITOS

## Níveis de organização biológica

Diversidade de moléculas até ecossistemas





# DEFINIÇÕES E CONCEITOS

## Populações

- **Dentro da mesma espécie**
  - Diversidade genética
  - Diversidade fenotípica



# DEFINIÇÕES E CONCEITOS

## Populações

- Dentro da mesma espécie
  - Diversidade genética
  - Diversidade fenotípica



*Solanum lycopersicum*



*Harmonia axyridis* (Joaninha asiática)

# DEFINIÇÕES E CONCEITOS

## Comunidades

- **Entre espécies diferentes**
  - Diversidade taxonômica, filogenética e funcional
  - Diversidade de interações ecológicas





# DEFINIÇÕES E CONCEITOS

## Ecosystemas

- Comunidades e sue ambiente físico
  - Diversidade de (micro)habitats





# DEFINIÇÕES E CONCEITOS

## Paisagens

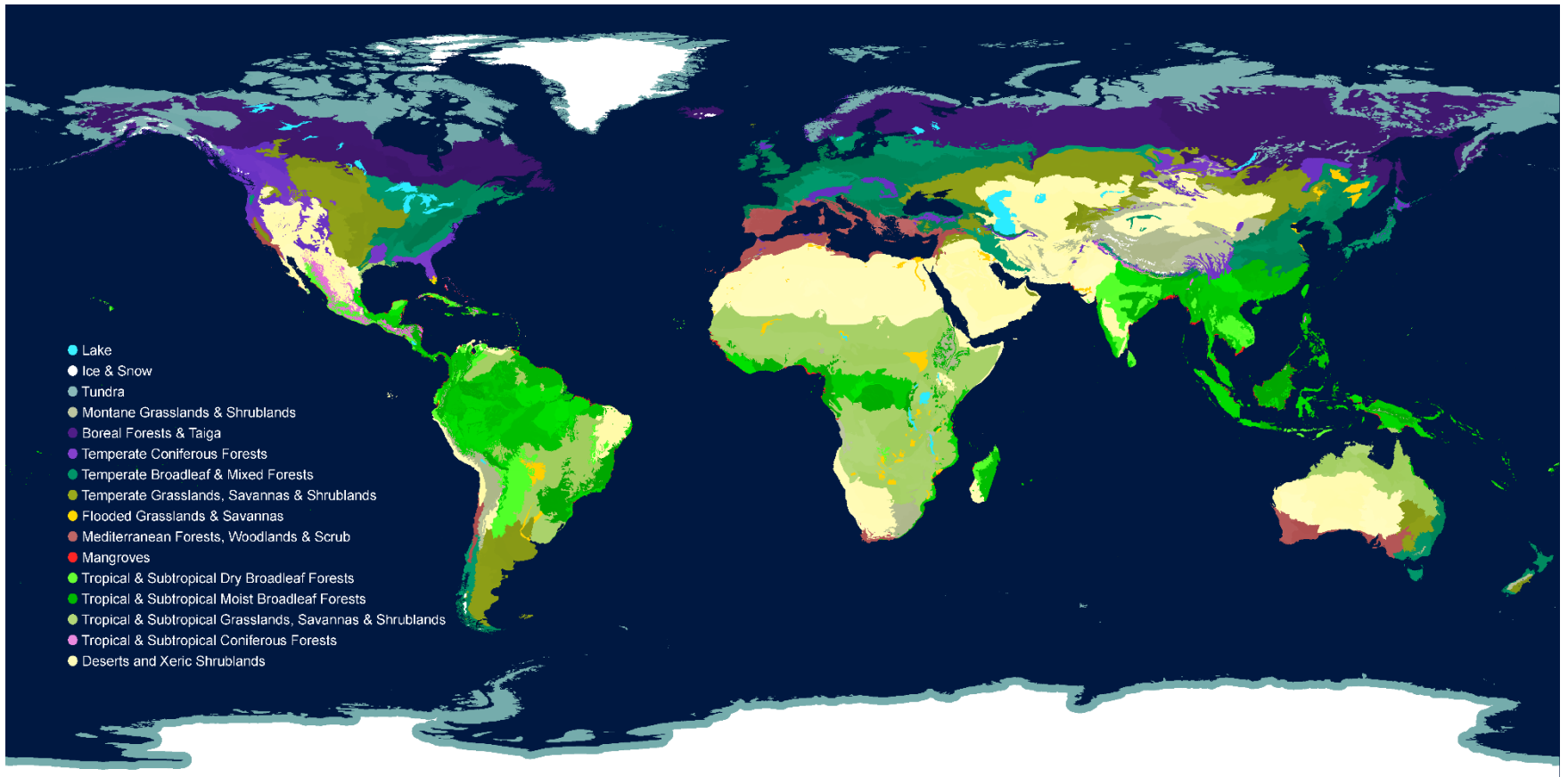
- **Ecosistemas interconectados no espaço**
  - Diversidade de (macro)habitats e ecossistemas



# DEFINIÇÕES E CONCEITOS

## Continentes ou biosfera

- **Conjunto de ecossistemas e paisagens**
  - Diversidade de biomas e eco-regiões



# DEFINIÇÕES E CONCEITOS

## Importância da biodiversidade

- **Valores intrínsecos** (independentes do homem)
  - Valor da biodiversidade por si só
  - Direito das espécies em existir, se reproduzir e evoluir
  - Compreensão da origem da vida e evolução

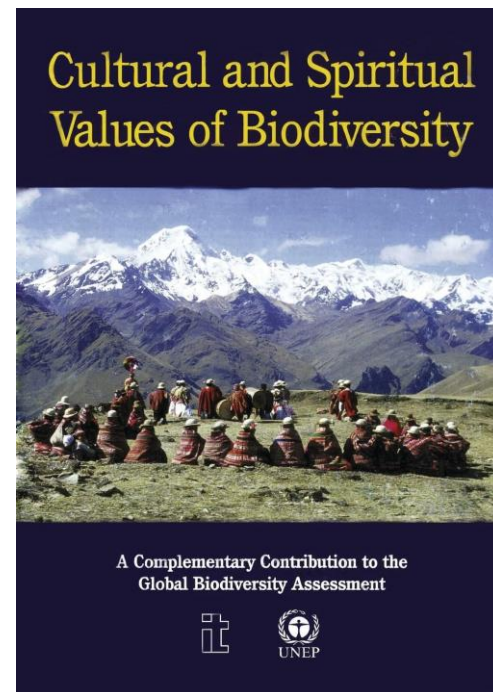




# DEFINIÇÕES E CONCEITOS

## Importância da biodiversidade

- **Valores relacionais**
  - Valores estéticos, culturais e espirituais
  - Bem estar humano, recreação e qualidade de vida
  - Saúde física, mental e emocional



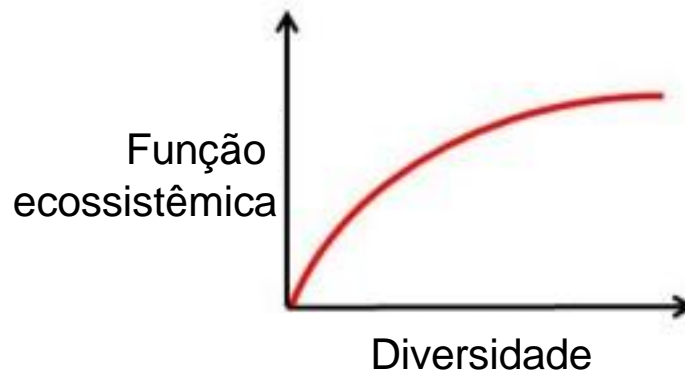


# DEFINIÇÕES E CONCEITOS

## Importância da biodiversidade

- **Valores instrumentais**

- Contribuições da natureza às pessoas
- Biodiversidade e funcionamento de ecossistemas: quanto maior a biodiversidade, melhor o funcionamento



# DEFINIÇÕES E CONCEITOS

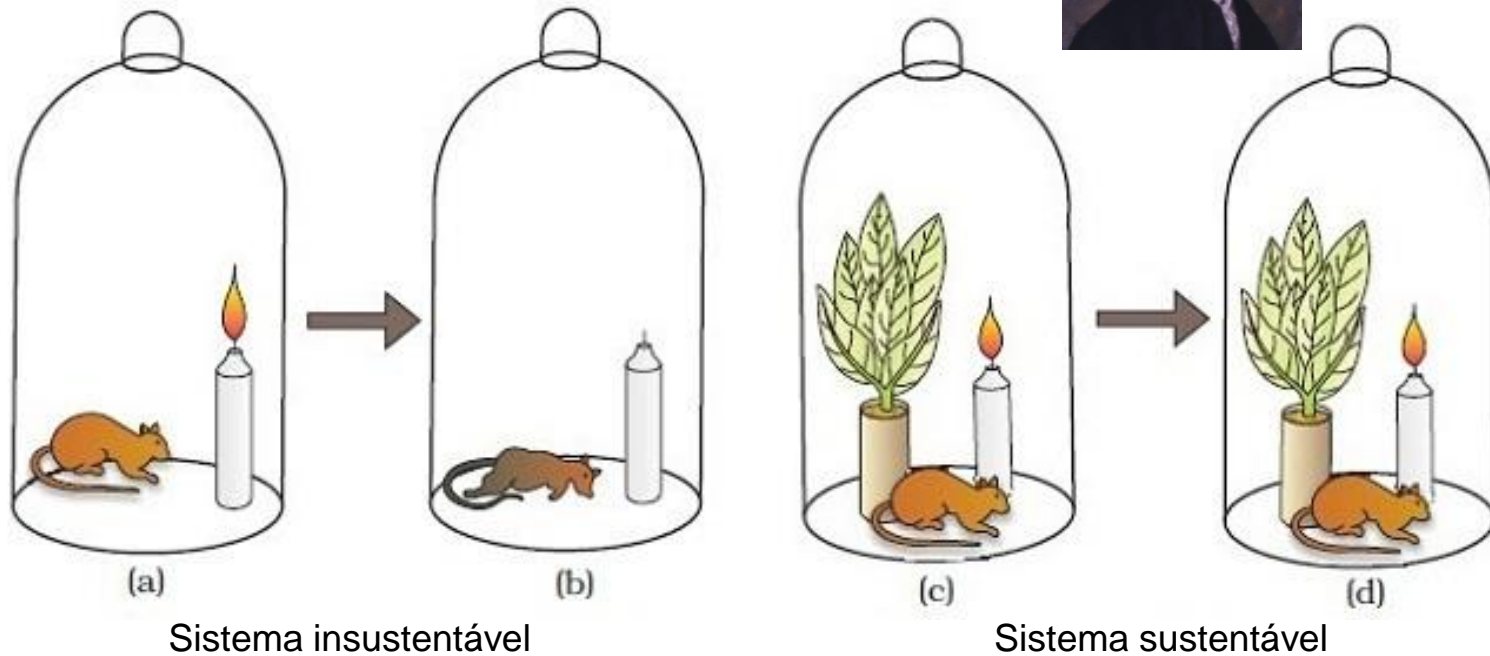
## Importância da biodiversidade

- Biodiversidade e funcionamento de ecossistemas

- O experimento de Priestley



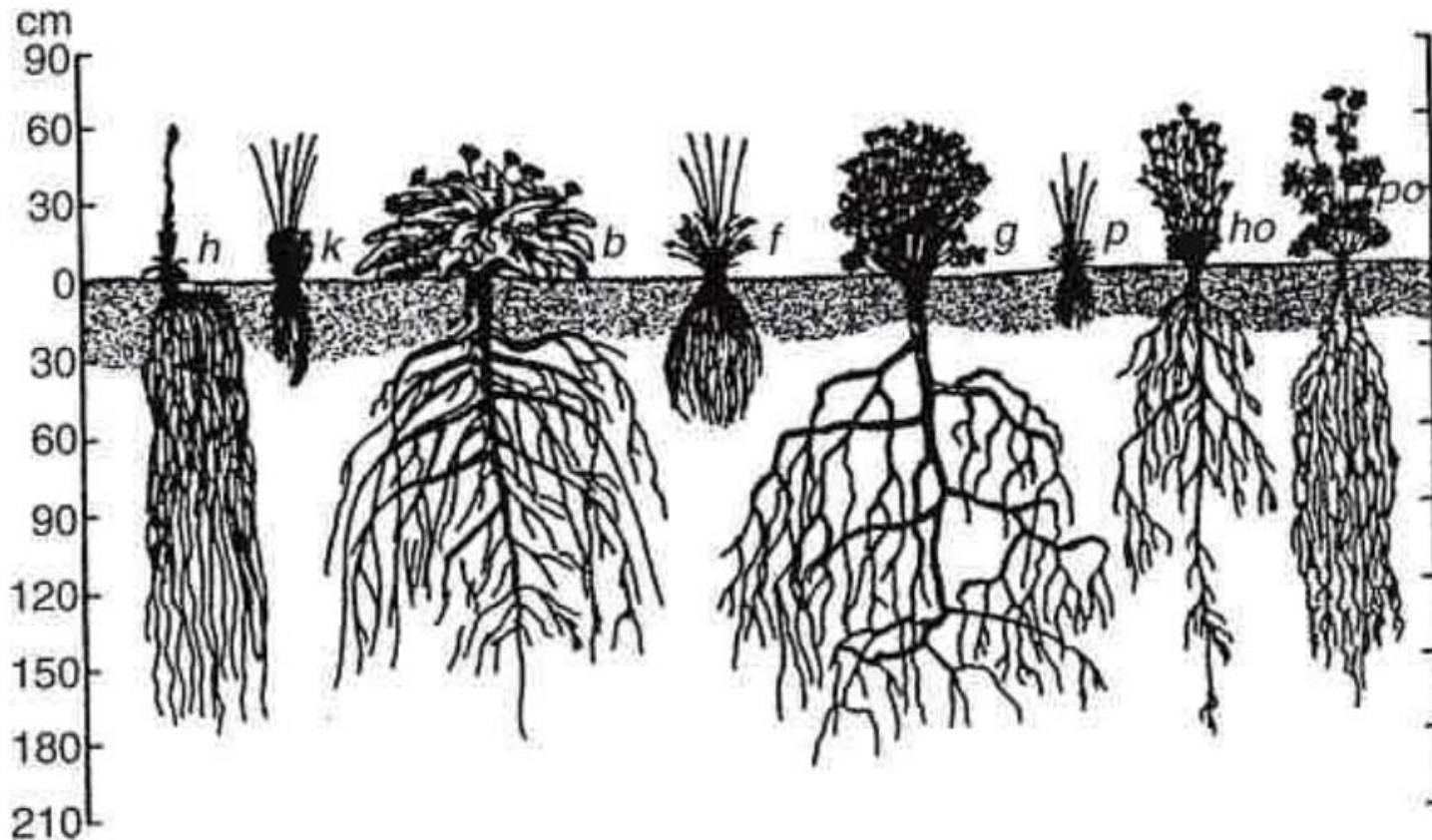
J. Priestley  
(1733-1804)



# PROPRIEDADES DE COMUNIDADES

## Importância da biodiversidade

- **Biodiversidade e funcionamento de ecossistemas**
  - Diversidade de espécies e de suas funções

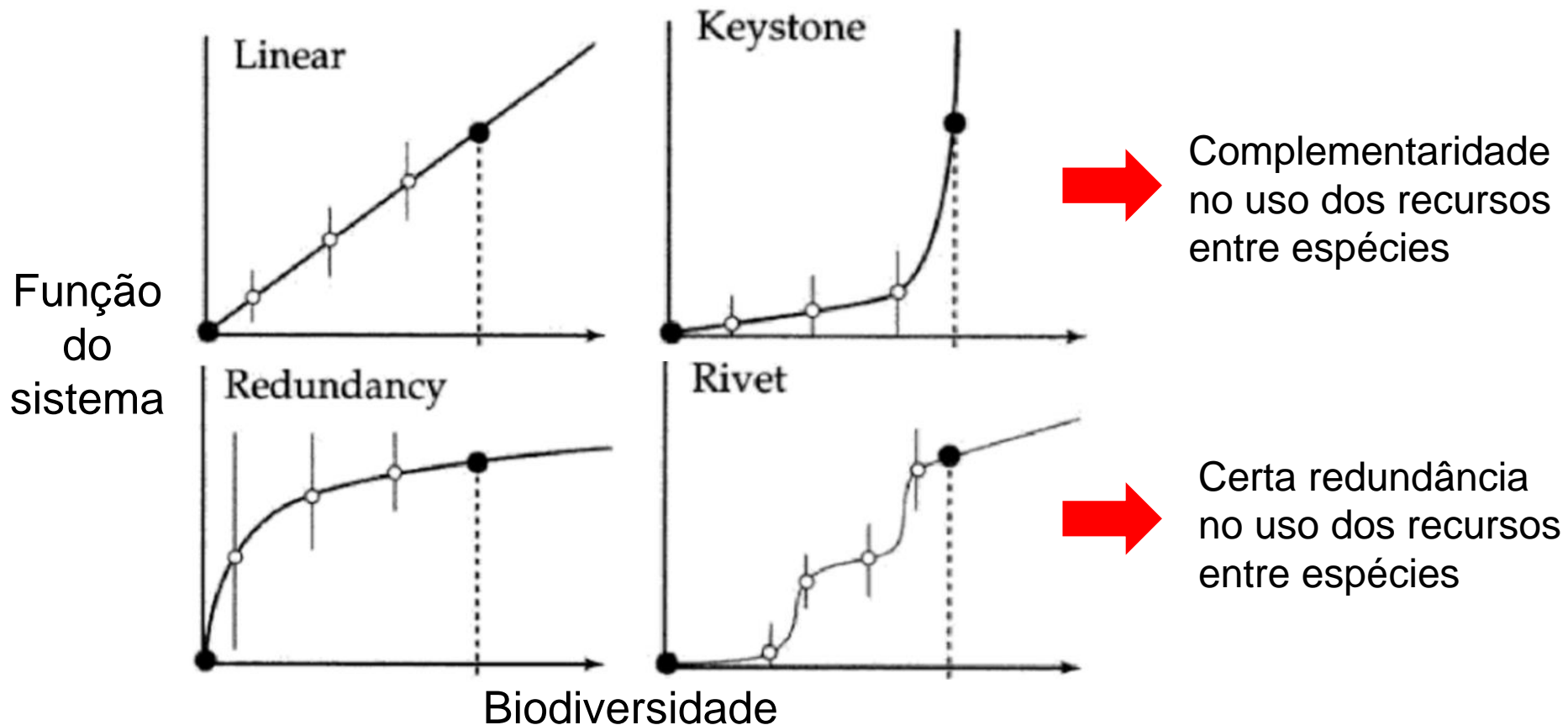


8 espécies com arquitetura de copas e raízes distintas

# DEFINIÇÕES E CONCEITOS

## Importância da biodiversidade

- Biodiversidade e funcionamento de ecossistemas





# DEFINIÇÕES E CONCEITOS

## Importância da biodiversidade

- **Biodiversidade e funcionamento de ecossistemas**
  - Espécies usam recursos diferentes ou usam o mesmo recurso de maneira distinta (complementaridade)
  - Maior número de espécies aumenta a chance de alguma delas contribuir a uma certa função (seleção)
  - Espécies são funcionalmente redundantes; espécie adicional pode ou não aumentar a função (redundância)



Função  
ecossistêmica

## Importância da biodiversidade

- **Biodiversidade e funcionamento de ecossistemas**
  - Exemplo: Incorporação de matéria orgânica ao solo



# DEFINIÇÕES E CONCEITOS

## Importância da biodiversidade

- **Serviços ecossistêmicos**

- Provisionamento, Regulação e Suporte

- Floresta Amazônica: R\$ 3.500/ha ano (BPBES 2019)





# DEFINIÇÕES E CONCEITOS

## Importância da biodiversidade

- **Serviços ecossistêmicos**
  - Provisionamento: alimentos, água potável, combustível, remédios, matéria-prima, etc



# DEFINIÇÕES E CONCEITOS

## Importância da biodiversidade

- **Serviços ecossistêmicos**
  - Regulação: controle de erosão, qualidade da água e ar, clima, sequestro de  $\text{CO}_2$ , controle de pragas/doenças, etc.



# DEFINIÇÕES E CONCEITOS

## Importância da biodiversidade

- **Serviços ecossistêmicos**
  - Regulação: co-benefícios biodiversidade-agricultura

Aves  
insetívoras



Polinizadores

Fonte:  
<https://revistabioika.org/pt/o-leitor-escreve/post?id=111>



# DEFINIÇÕES E CONCEITOS

## Importância da biodiversidade

- **Serviços ecossistêmicos**
  - Suporte: ciclo da água, formação do solo, produção primária (fotossíntese), ciclagem de nutrientes, etc.



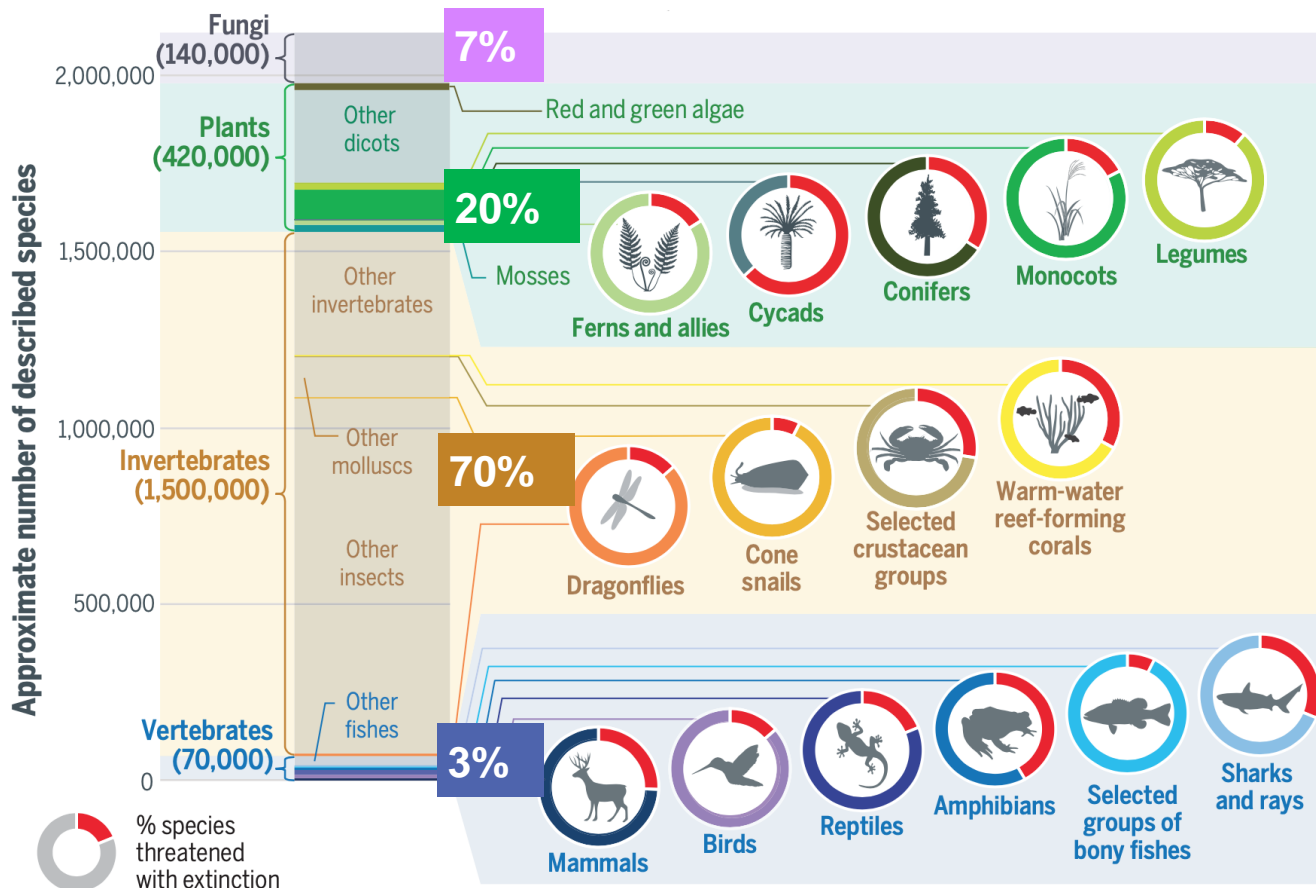


## **BIODIVERSIDADE GLOBAL: CAUSAS E DISTRIBUIÇÃO**

# BIODIVERSIDADE GLOBAL

## O que sabemos?

- **Espécies já descritas: ~2,1 milhões**
  - 18 mil espécies novas descritas por ano



## O que não sabemos?

- *Terra incognita*

- Grandes incertezas: estimativas de 3-80 milhões de spp

Table 4.5. Estimates of Number of Species Worldwide

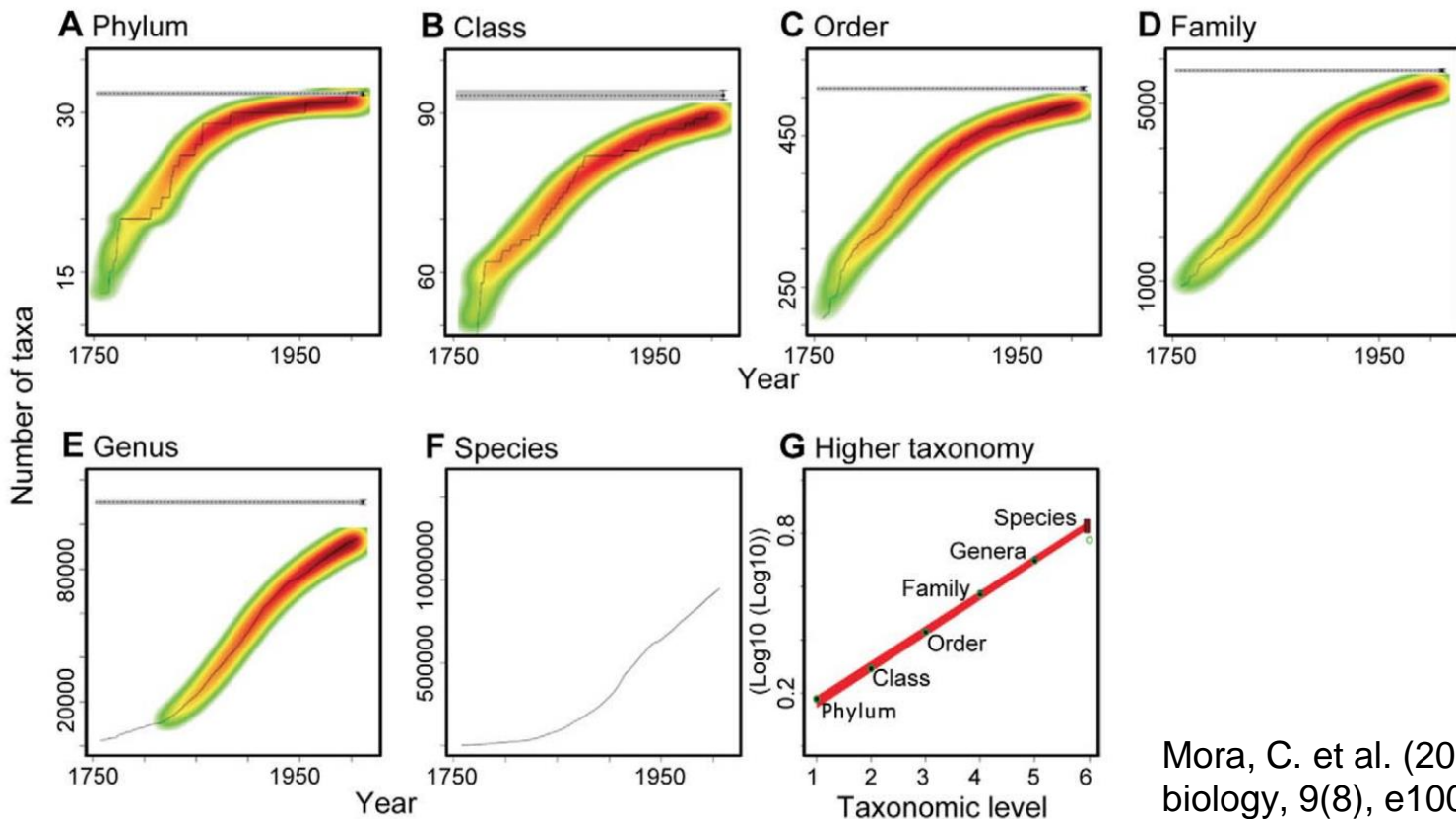
Estimate	Reference	Method
30 million	Erwin 1982	extrapolation from samples
3–5 million	Raven 1983	ratios known:unknown species
10–80 million	Stork 1988	extrapolation from samples
4.9–6.6 million	Stork and Gaston 1990	ratios known:unknown species
1.84–2.57 million	Hodkinson and Casson 1991	ratios known:unknown species
5 million	Hodkinson 1992	ratios known:unknown species
4–6 million	Novotny et al. 2002	extrapolation from samples

# BIODIVERSIDADE GLOBAL

## O que não sabemos?

- *Terra incognita*

- Estimativas baseadas na taxa de descrição de spp
- Total de 8.7 milhões: 86% das espécies não descritas!



Mora, C. et al. (2011). PLoS biology, 9(8), e1001127.



# BIODIVERSIDADE GLOBAL

## O que não sabemos?

- **Não conhecemos a maioria da biodiversidade!**
  - Boa parte foi ou será extinta antes de sua descrição

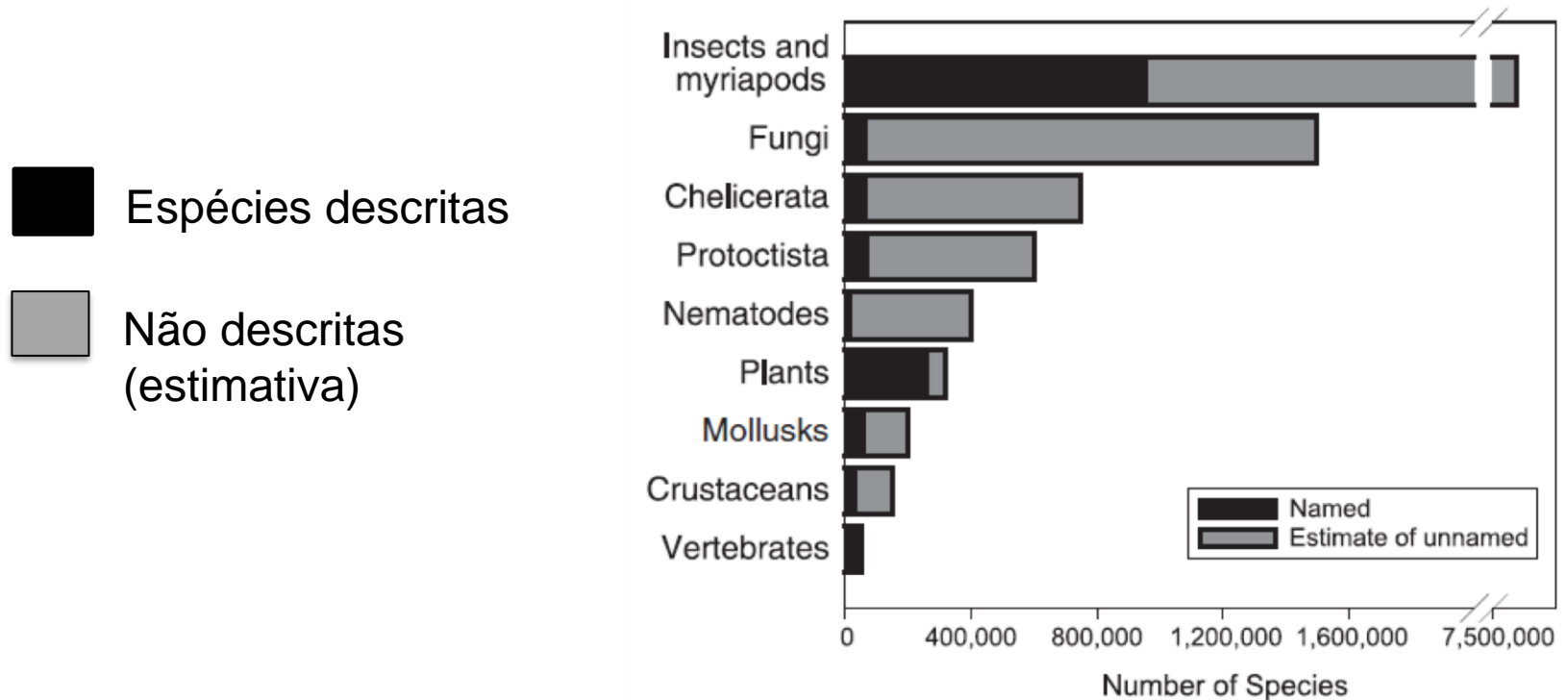


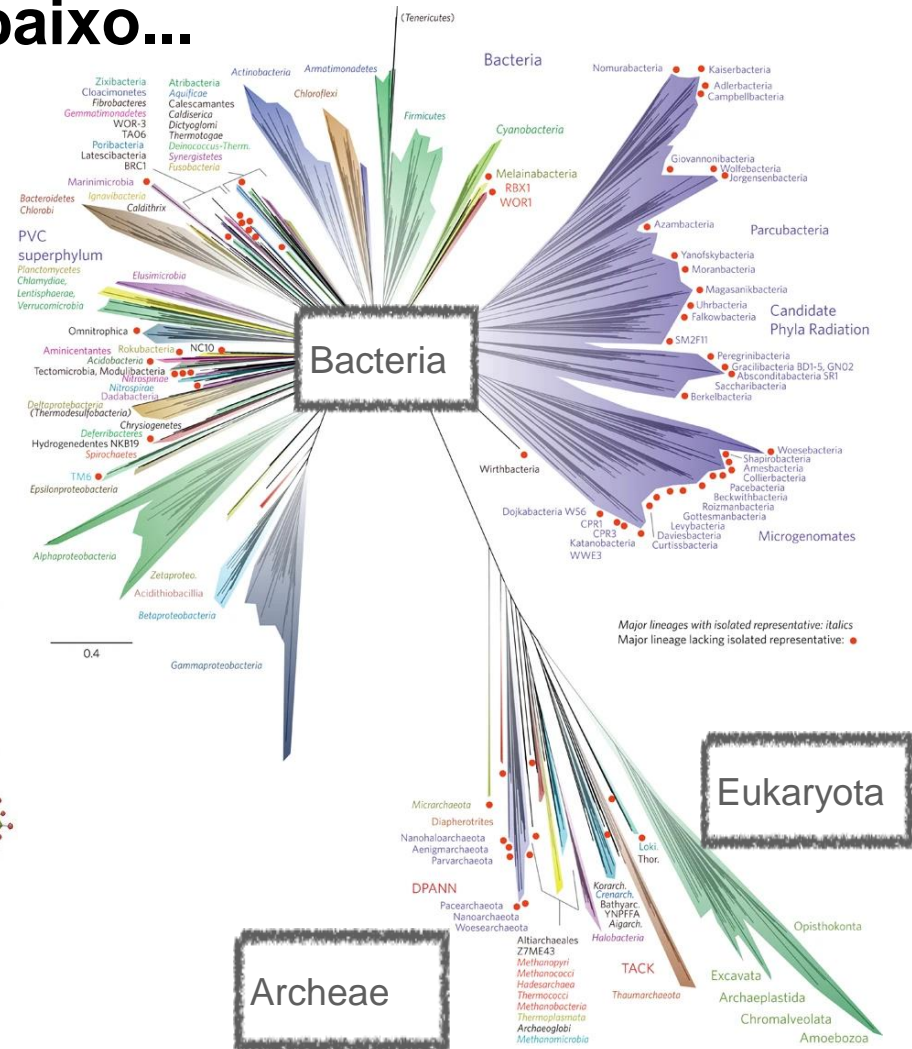
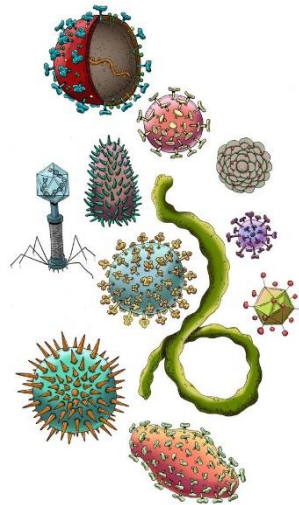
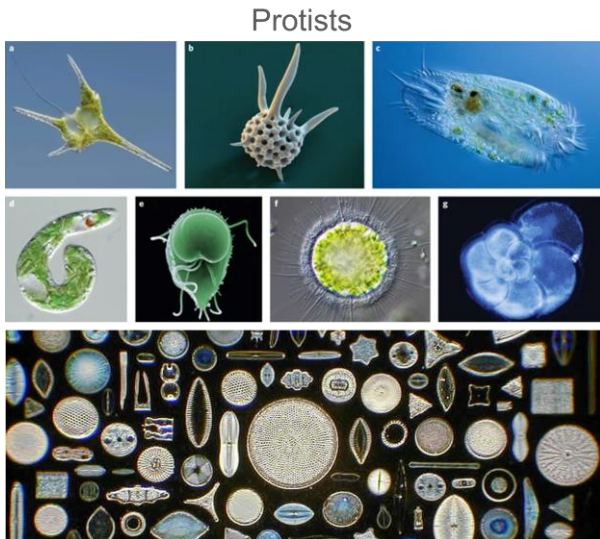
Figure 4.9. Estimates of Proportions and Numbers of Named Species and Total Numbers in Groups of Eukaryote Species (following Groombridge and Jenkins 2002)

# BIODIVERSIDADE GLOBAL

## O que não sabemos?

- O problema é mais embaixo...

- Bactérias, Archeae e outros unicelulares
- Vírus e viróides
- Protistas: 90% dos eucariotas



## **Determinantes da variação da biodiversidade**



# BIODIVERSIDADE GLOBAL

## Distribuição da biodiversidade

- Biodiversidade varia no espaço e no tempo
- O que gera a variação espacial da biodiversidade?



# BIODIVERSIDADE GLOBAL

## Distribuição da biodiversidade

- **Produtividade primária (PP)**
  - quanto maior a PP, maior a riqueza de espécies





# BIODIVERSIDADE GLOBAL

## Distribuição da biodiversidade

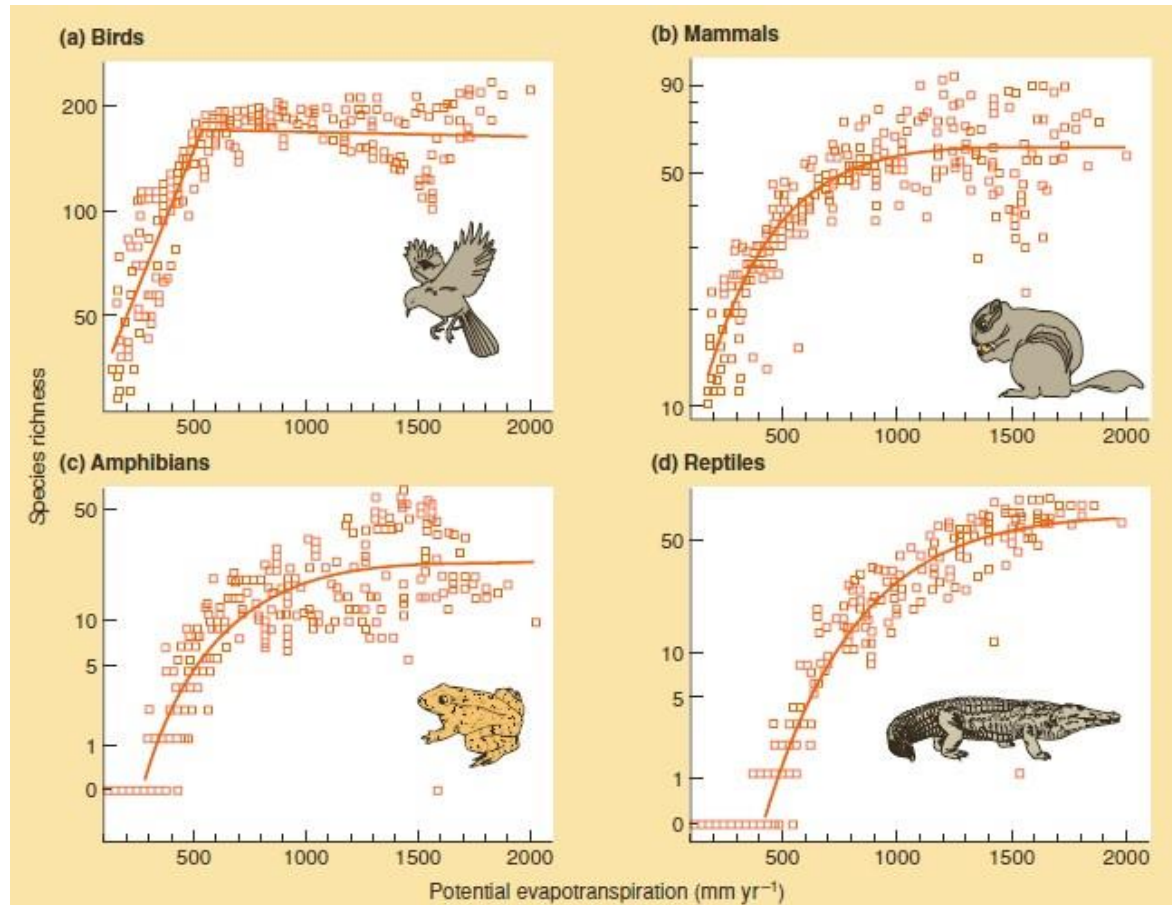
- **Produtividade primária (PP)**
  - Produtividade animal tende a seguir a produtiv. vegetal



# BIODIVERSIDADE GLOBAL

## Distribuição da biodiversidade

- Produtividade primária (PP) e evapotranspiração
  - Evapotranspiração como indicador de PP





## Distribuição da biodiversidade

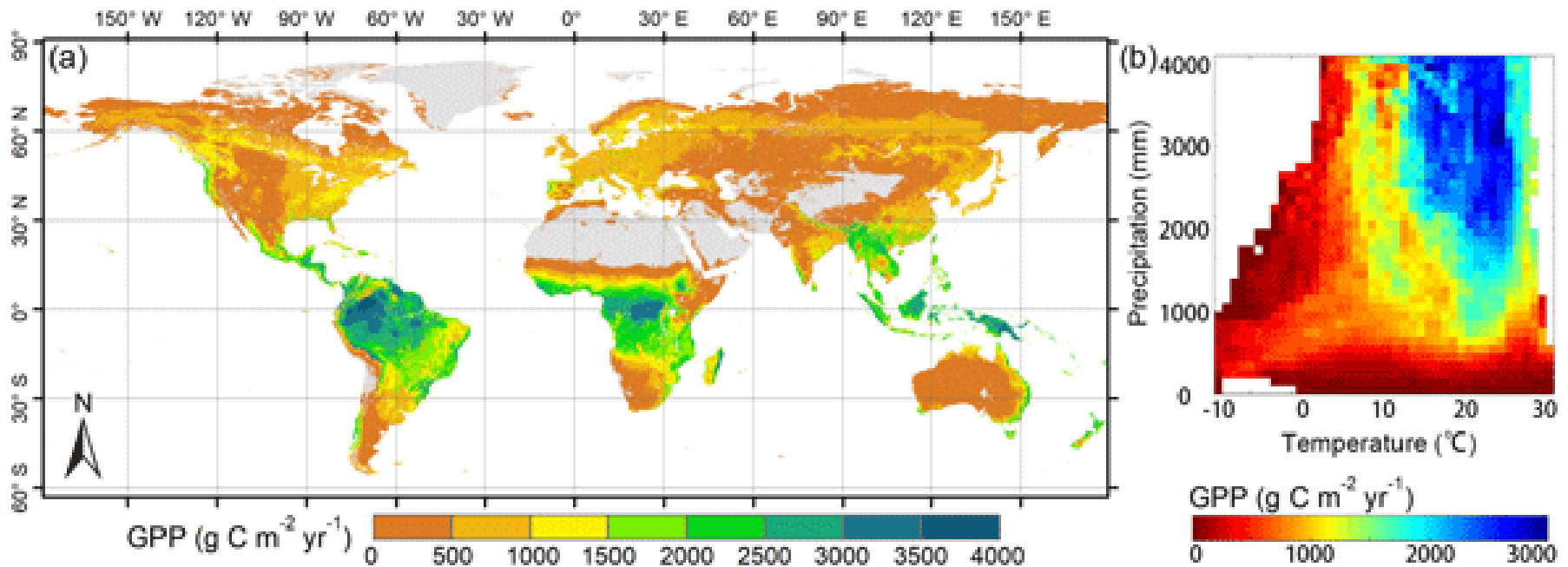
- **Produtividade primária (PP) e Temperatura**
  - Temperaturas altas podem aumentar atividade de ectotérmicos e diminuir gasto de energia de endotérmicos



# BIODIVERSIDADE GLOBAL

## Distribuição da biodiversidade

- Produtividade primária (PP): água + energia
  - GPP: PP Global

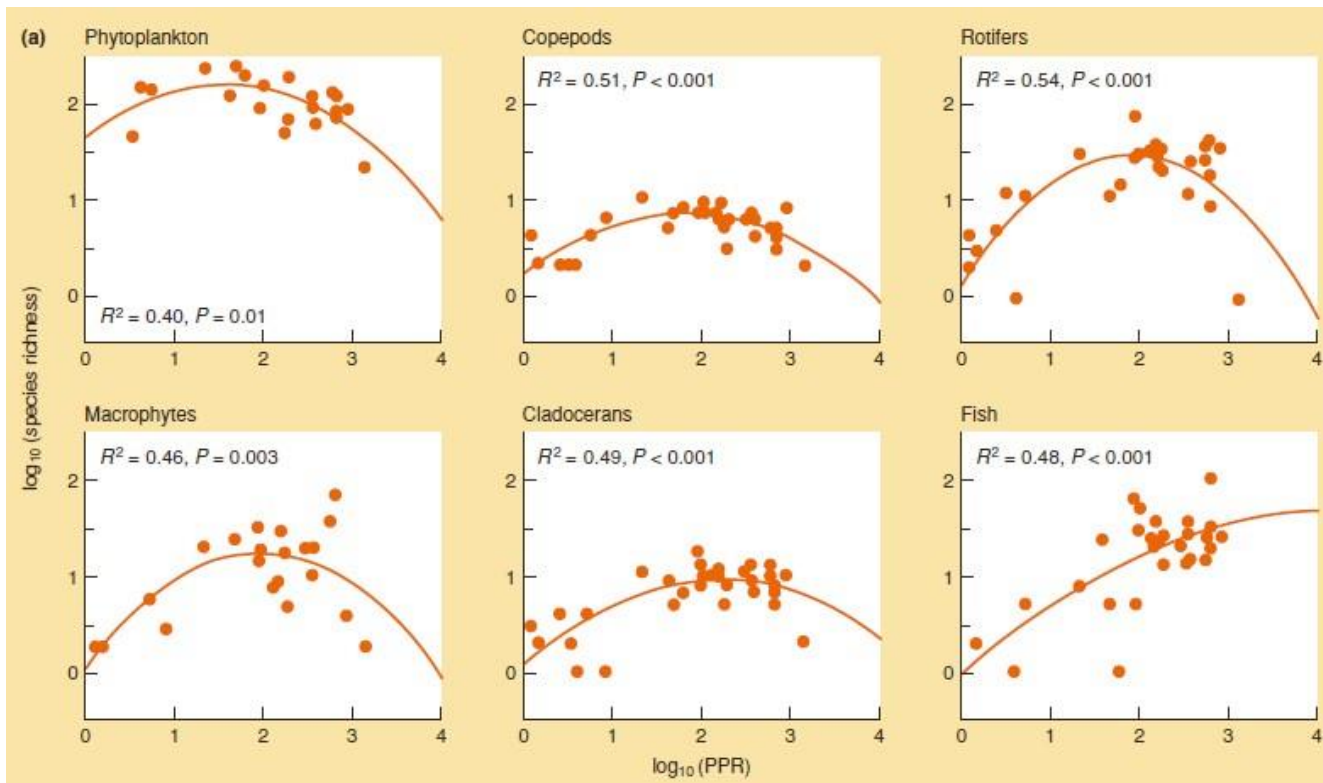


# BIODIVERSIDADE GLOBAL

## Distribuição da biodiversidade

- **Produtividade primária e riqueza: há exceções...**
  - produtividade muito alta (alta oferta de recursos) pode favorecer os melhores competidores e excluir os mais fracos

Número de espécies



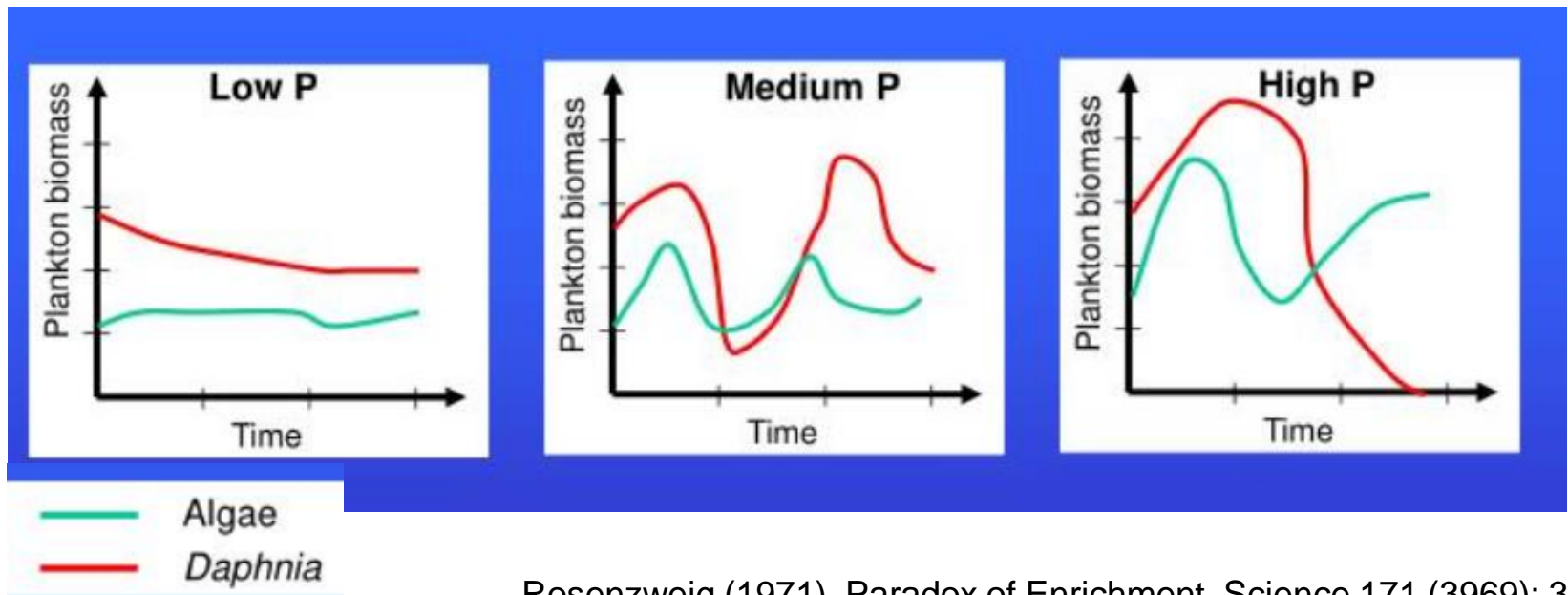
Produtividade primária

Begon (2007)

# BIODIVERSIDADE GLOBAL

## Distribuição da biodiversidade

- **Produtividade primária e riqueza: há exceções...**
  - Paradoxo do enriquecimento: aumento de um recurso pode desregular populações de predadores ou competidores, que podem extirpar outras espécies do sistema

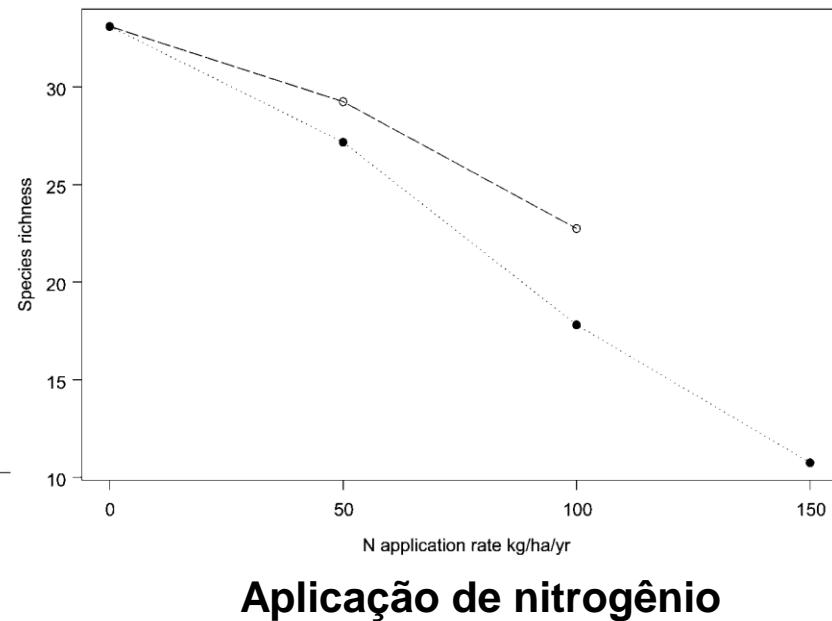
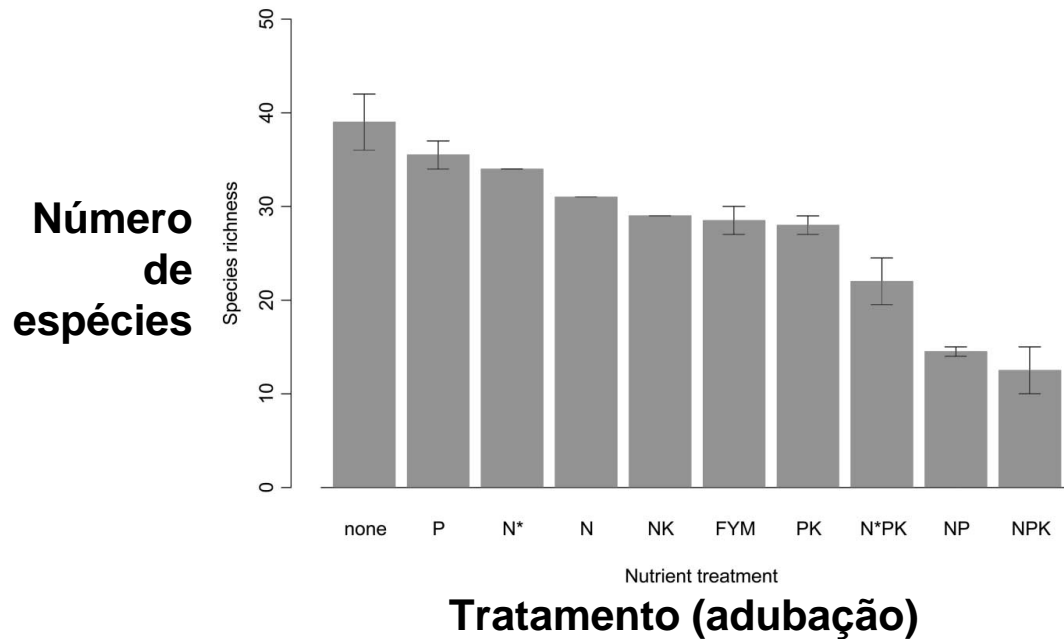




# BIODIVERSIDADE GLOBAL

## Distribuição da biodiversidade

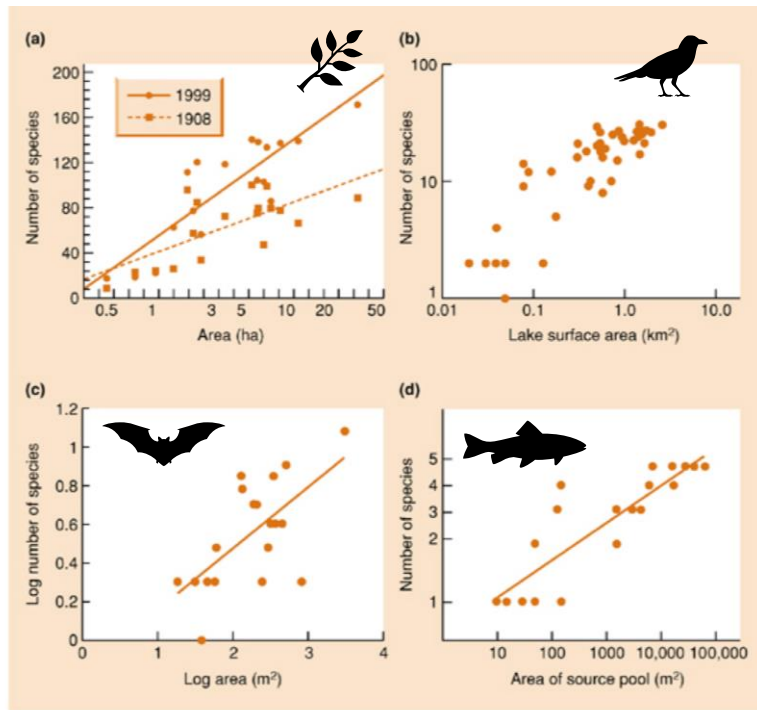
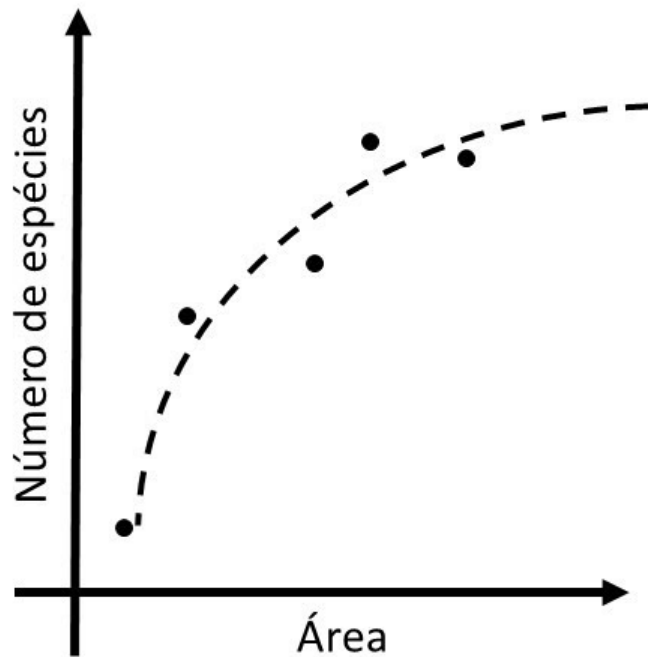
- **Produtividade primária e riqueza: há exceções...**
  - Paradoxo do enriquecimento: 'Park grass experiment' (1856-2000: experimento de campo mais longo em ecologia)



# BIODIVERSIDADE GLOBAL

## Distribuição da biodiversidade

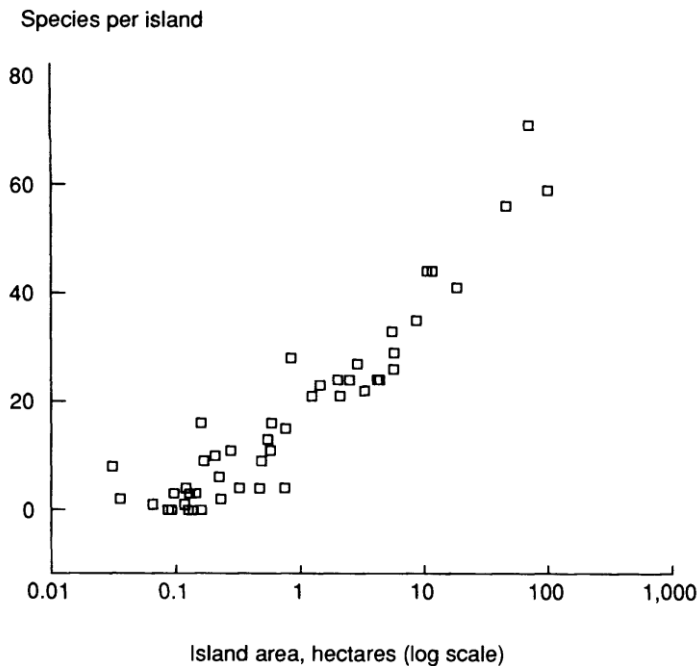
- Área disponível
  - Relação espécie-área: maior a área, maior a riqueza



## Distribuição da biodiversidade

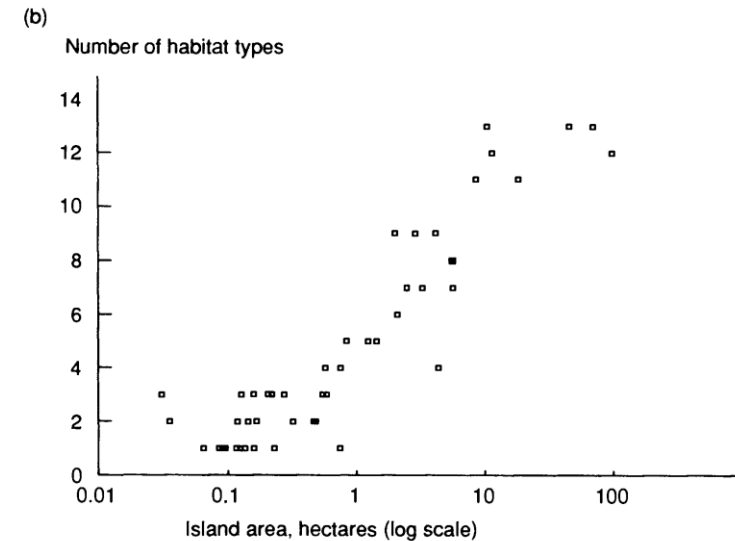
- Área disponível (Relação área-espécie)

- Área maior = + recursos, + diversidade de habitats e históricos biogeográficos



**Fig. 3** Species–area curve for Shetland small islands ( $N = 47$ ). Species per island against island area (ha, log axis). Linear regression of species as a function of  $\ln(\text{ha})$ :  $r^2 = 0.87$ ,  $F_{45} = 313.6$ ,  $P < 0.001$ ).

*Journal of Ecology* 1994, **82**, 367–377



**Fig. 4** Relations involving habitat diversity. (a) Species per island as a function of number of habitats ( $r^2 = 0.89$ ,  $F_{45} = 373.6$ ,  $P < 0.001$ ). (b) Habitat number as a function of island area ( $r^2 = 0.83$ ,  $F_{45} = 232.2$ ,  $P < 0.001$ ).

### Plant species richness – the effect of island size and habitat diversity

D. D. KOHN and D. M. WALSH\*

*Centre for Environmental Technology, Imperial College of Science, Technology and Medicine, Princes Gardens, London SW7 and \*Department of Philosophy, King's College, The Strand, London WC2, UK*

## Distribuição da biodiversidade

- **Isolamento (comunidades em ilhas)**
  - Ilhas menos isoladas têm maior chance de receber espécies via migração/dispersão



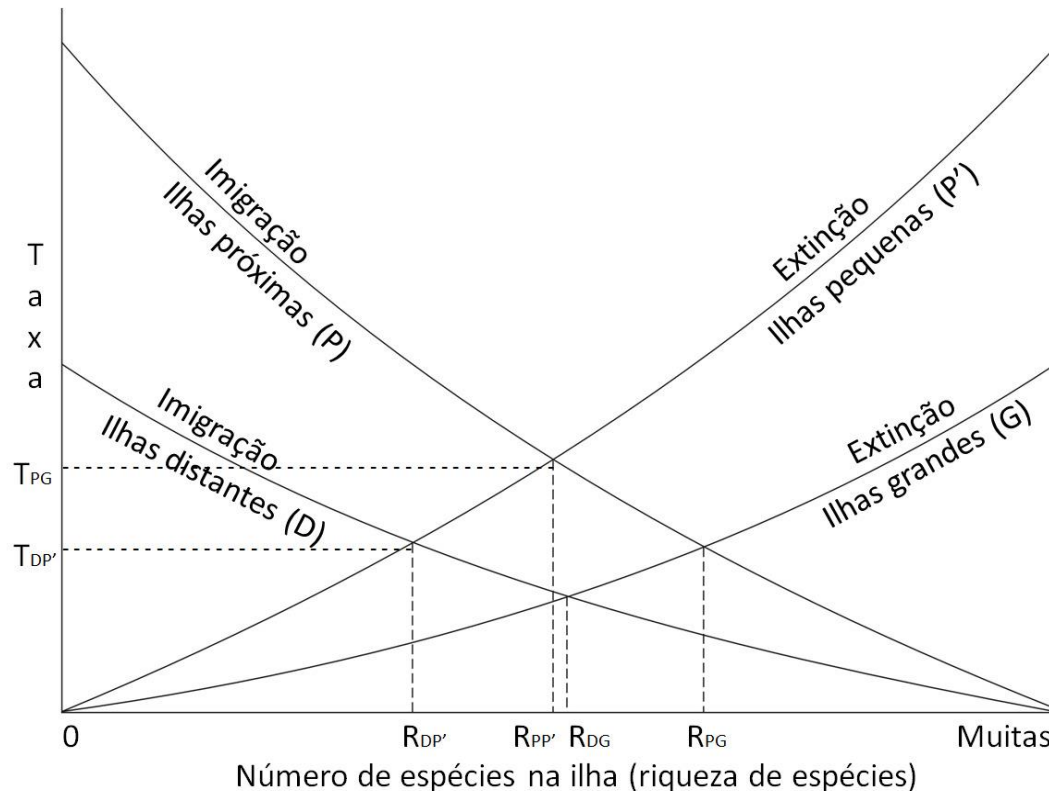


# BIODIVERSIDADE GLOBAL

## Distribuição da biodiversidade

- Teoria da biogeografia em ilhas

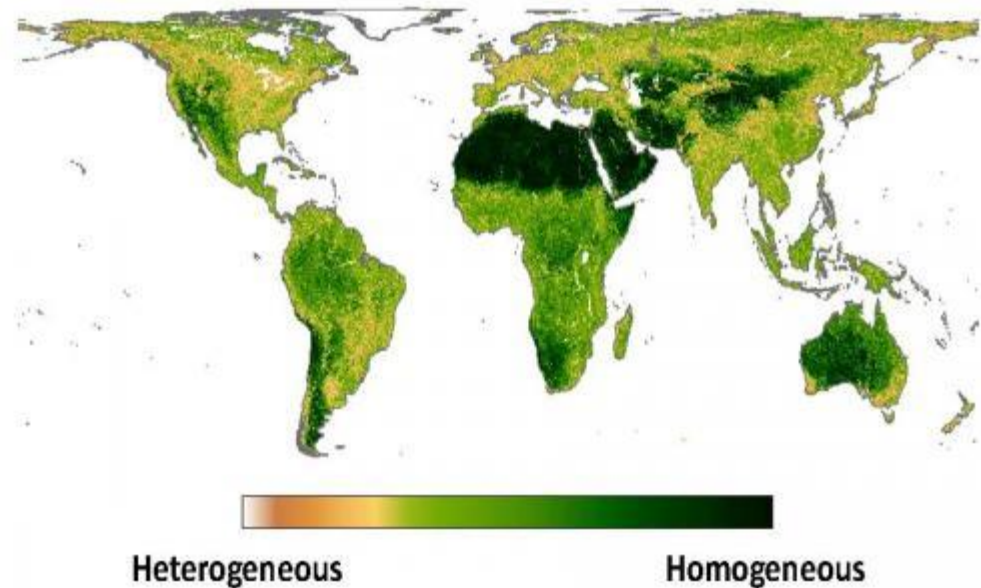
- Tamanho e isolamento determina a riqueza de espécies
- Balanço entre as taxas de imigração e extinção variam com o tamanho e isolamento da ilha



MacArthur & Wilson  
(1967) The Theory of  
Island Biogeography

## Distribuição da biodiversidade

- **Heterogeneidade ambiental e riqueza**
  - Maior variedade de (micro)hábitats, esconderijos/abrigos e do espectro de recursos a serem explorados



## Distribuição da biodiversidade

- **Estabilidade ambiental**
  - Organismos necessitam de estruturas modificadas ou caminhos bioquímicos para tolerar extremos ambientais
  - Fatores que confundem: ambientes extremos tendem a ter menor produtividade e heterogeneidade ambiental



## Distribuição da biodiversidade

- **Distúrbios e perturbações**
  - Eventos discretos que removem organismos dominantes e alteram a disponibilidade de recursos (espaço, luz, etc.)

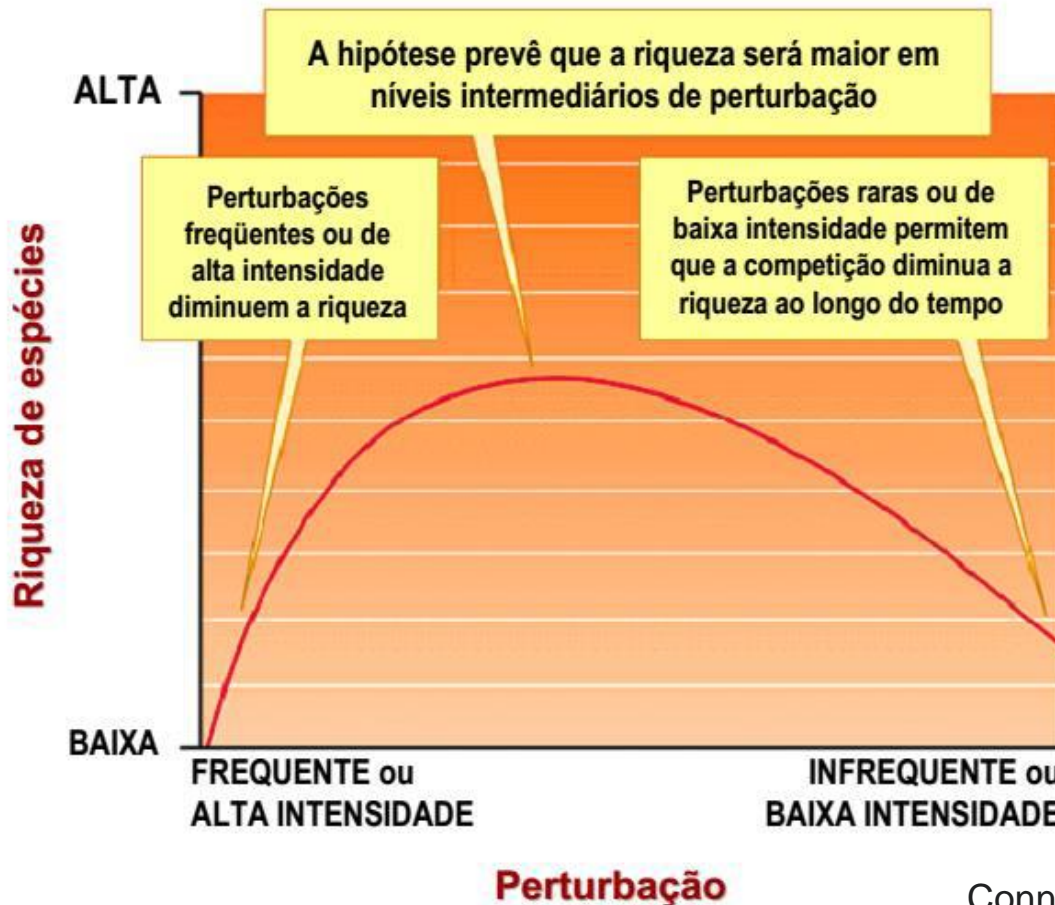




# BIODIVERSIDADE GLOBAL

## Distribuição da biodiversidade

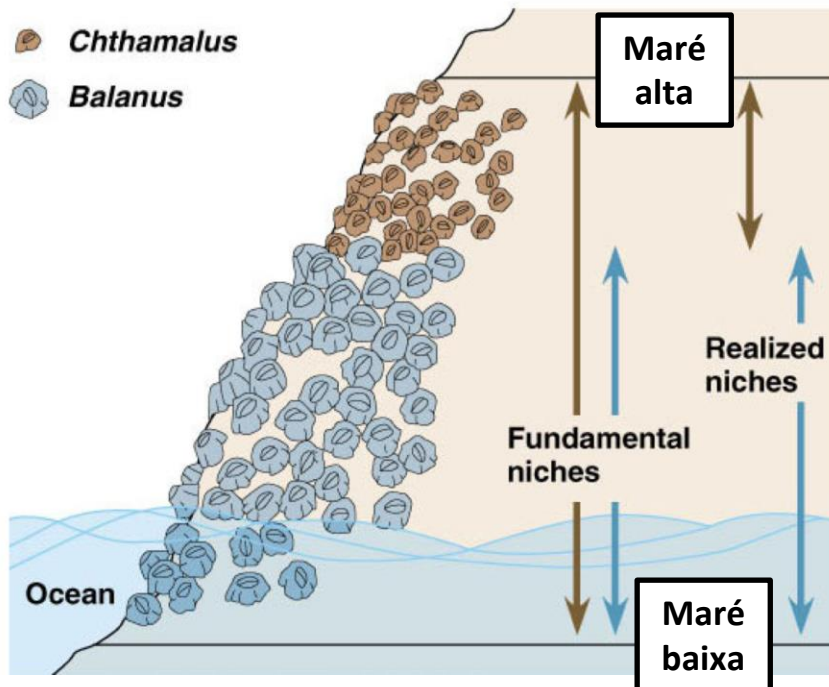
- Distúrbios e riqueza de espécies
  - Hipótese do distúrbio intermediário (IDH)



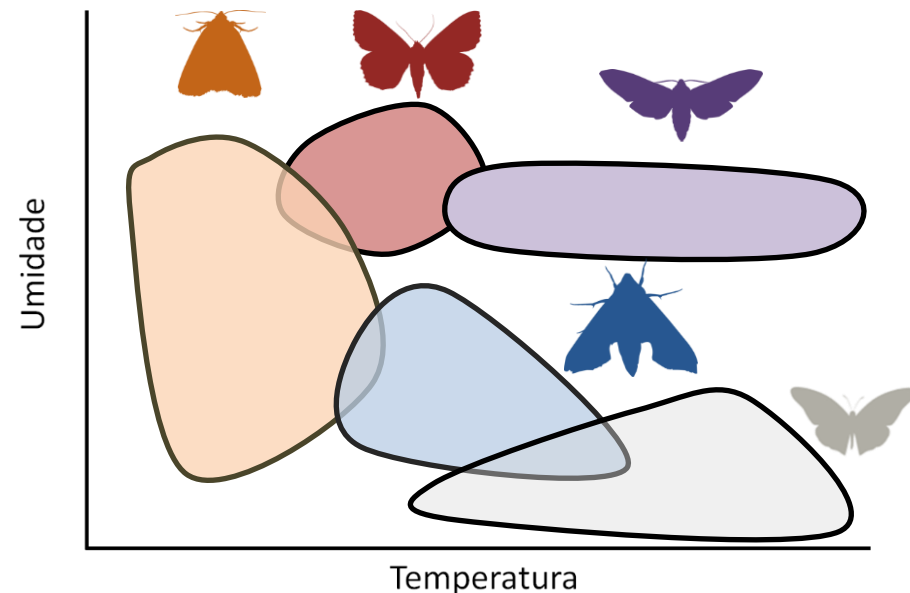
# BIODIVERSIDADE GLOBAL

## Distribuição da biodiversidade

- Interações ecológicas
  - Competição: redução e diferenciação de nicho



Redução de nicho – tempo ecológico

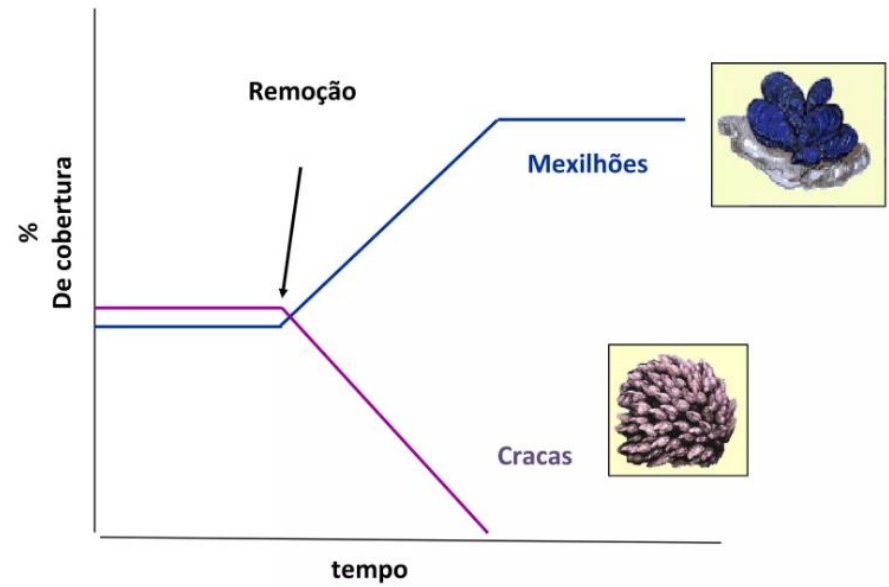
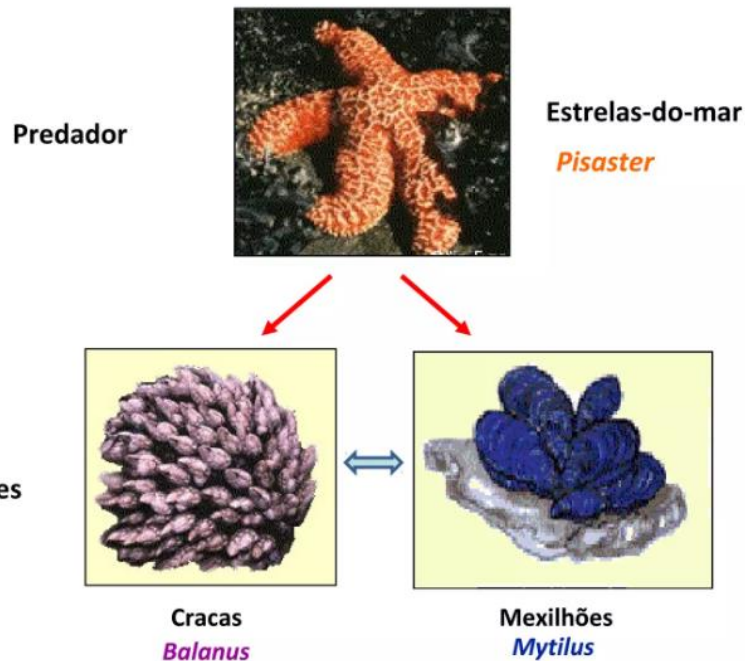


Diferenciação de nicho – tempo evolutivo

# BIODIVERSIDADE GLOBAL

## Distribuição da biodiversidade

- Interações ecológicas
  - Predação: Coexistência mediada pela predação



## Distribuição da biodiversidade

- **Tempo evolutivo**
  - Ecossistemas mais antigos e menos perturbados apresentam maior biodiversidade
  - Maior riqueza nos trópicos: clima mais estável/favorável durante as glaciações

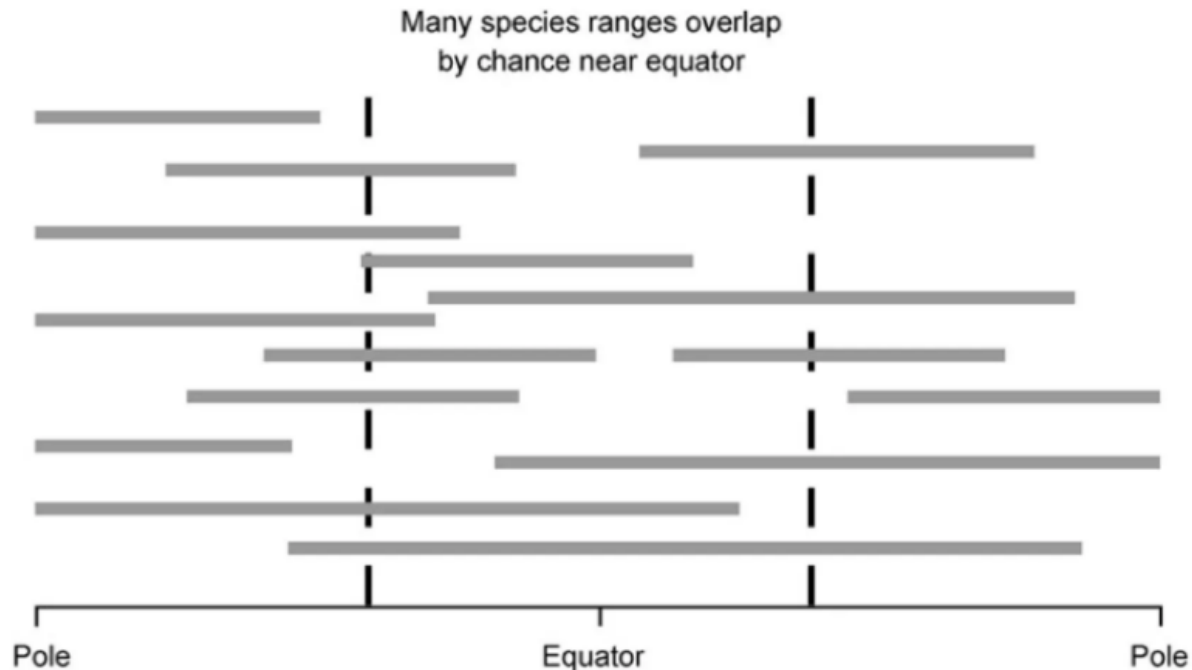




# BIODIVERSIDADE GLOBAL

## Distribuição da biodiversidade

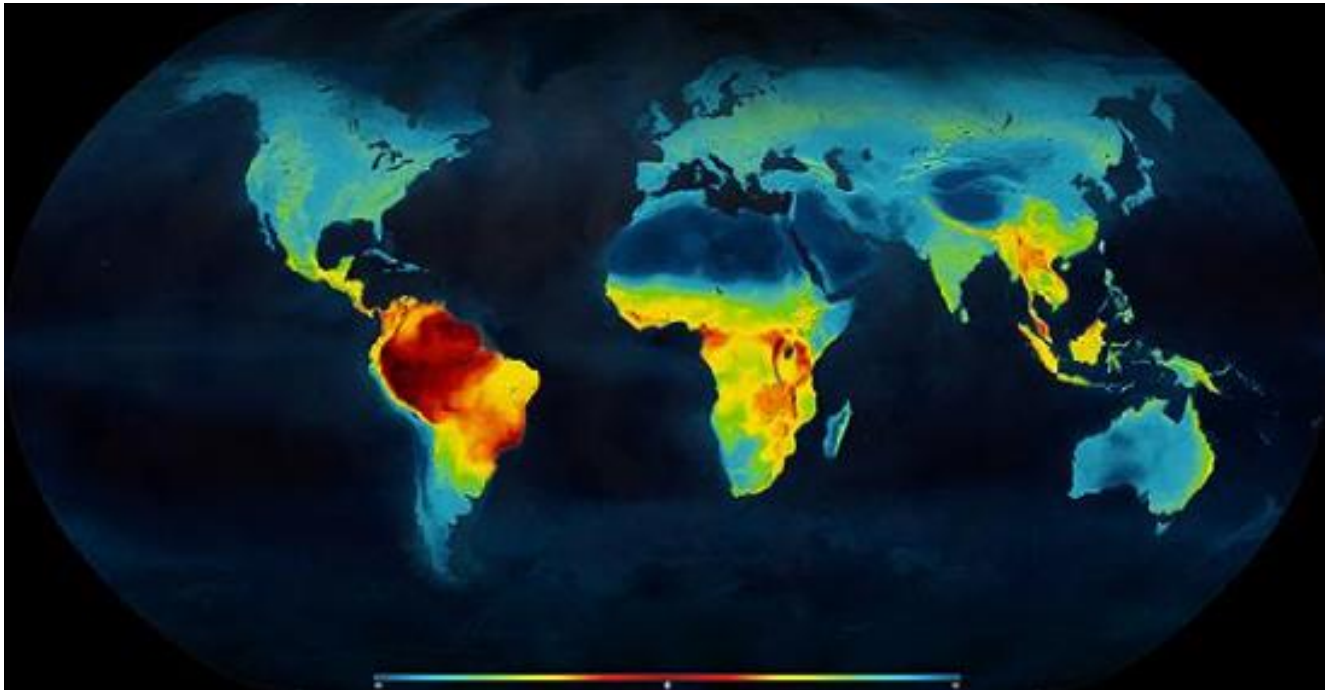
- Efeito “meio do caminho” (*mid-domain*)
  - Zonas tropicais e equatoriais tem mais sobreposição de nichos ecológicos e portanto maior diversidade



## **Gradientes de biodiversidade**

## Gradientes de biodiversidade

- **Combinação de fatores determinantes gerando gradientes de biodiversidade**
  - Regra geral: biodiversidade aumenta em condições mais favoráveis ao longo do gradiente

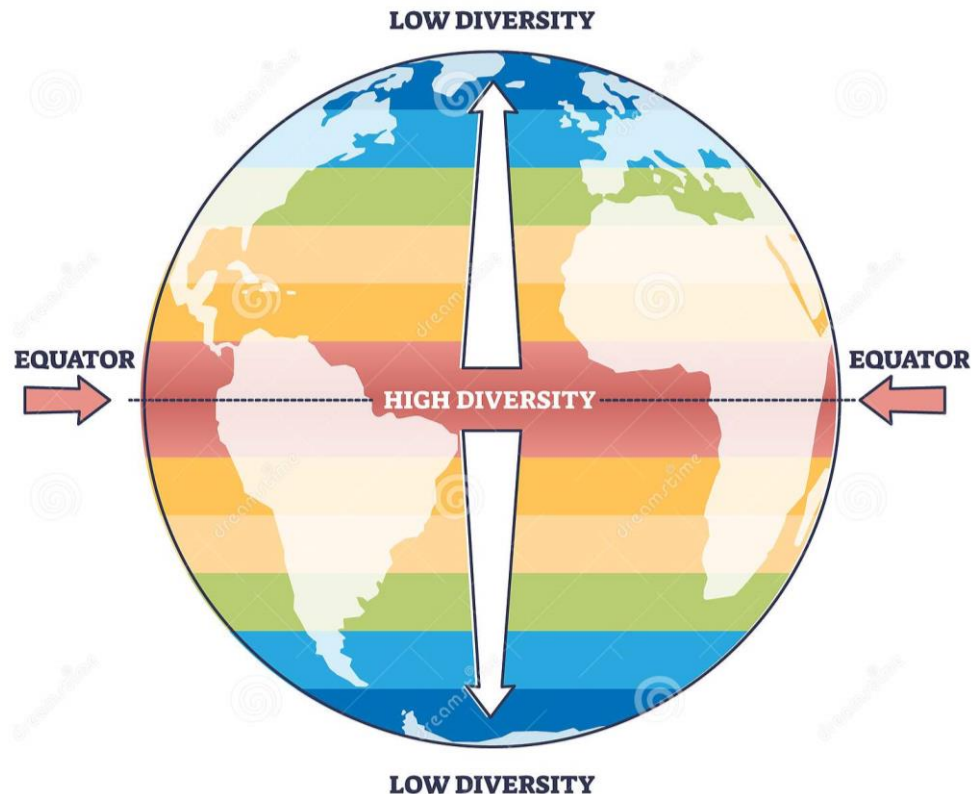


# BIODIVERSIDADE GLOBAL

## Gradientes de biodiversidade

- **Latitudinal**

- Biodiversidade terrestre aumenta dos polos ao equador



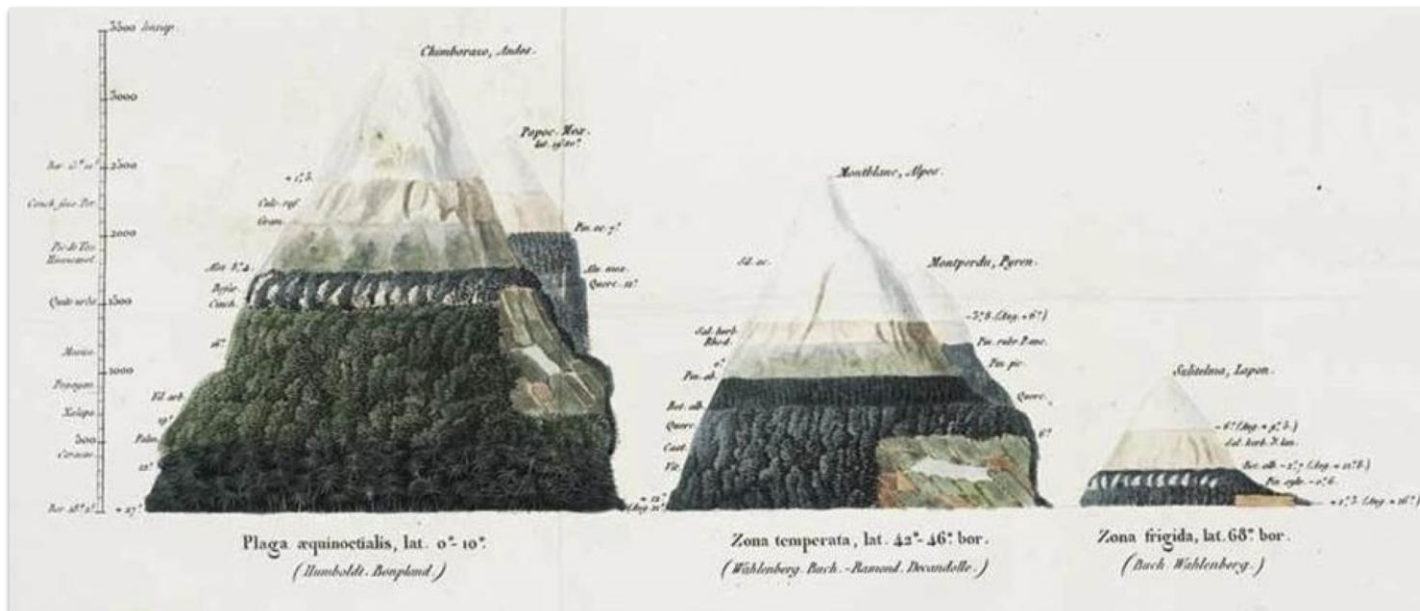


# BIODIVERSIDADE GLOBAL

## Gradientes de biodiversidade

- Latitudinal

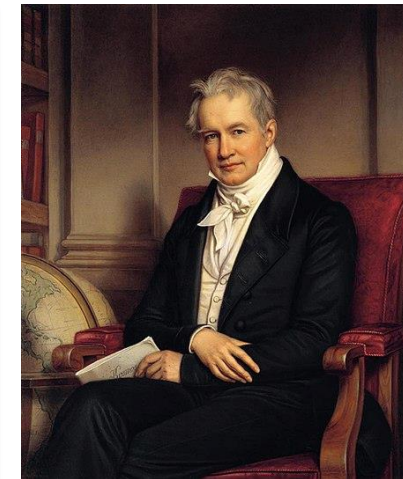
- “Quanto mais nos aproximamos dos trópicos, maior a variedade de estruturas, formas e cores” (von Humboldt 1808)



Lat. 0-10°

Lat. 42-46°

Lat. 68°

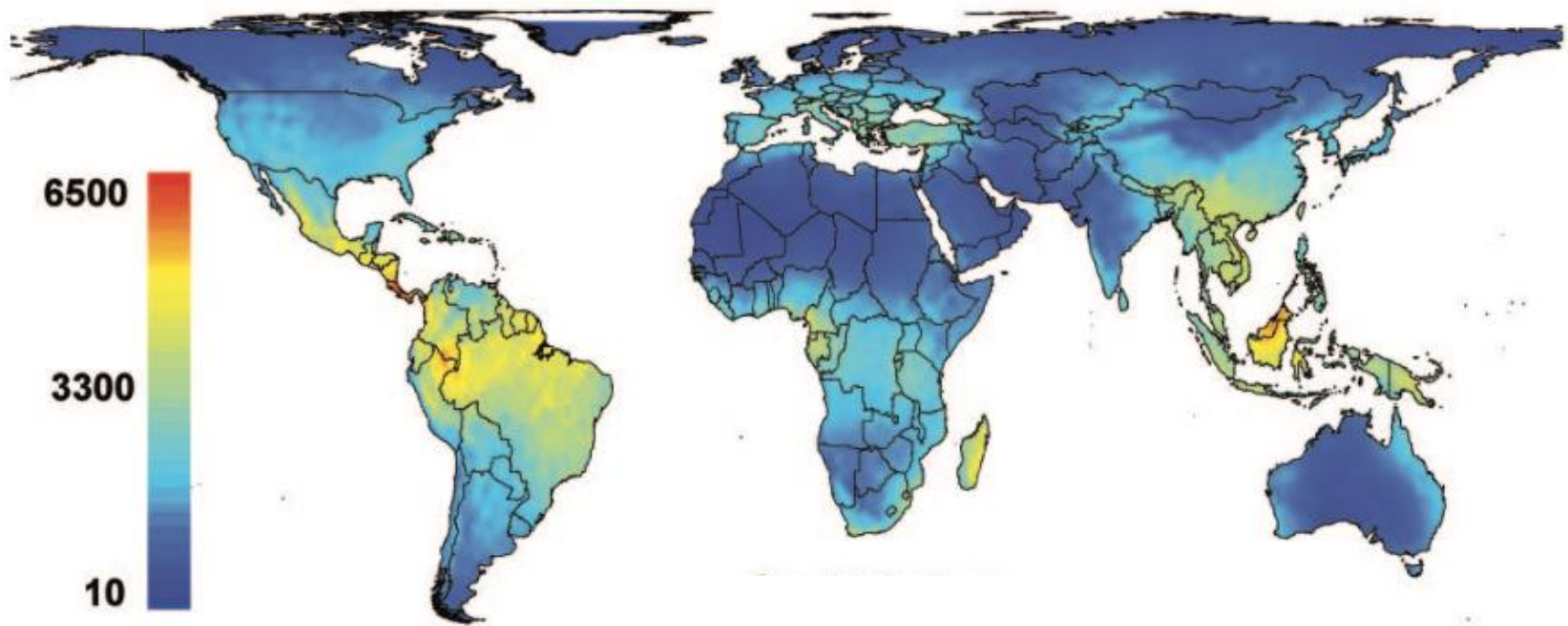


A. von Humboldt  
(1769-1859)

# BIODIVERSIDADE GLOBAL

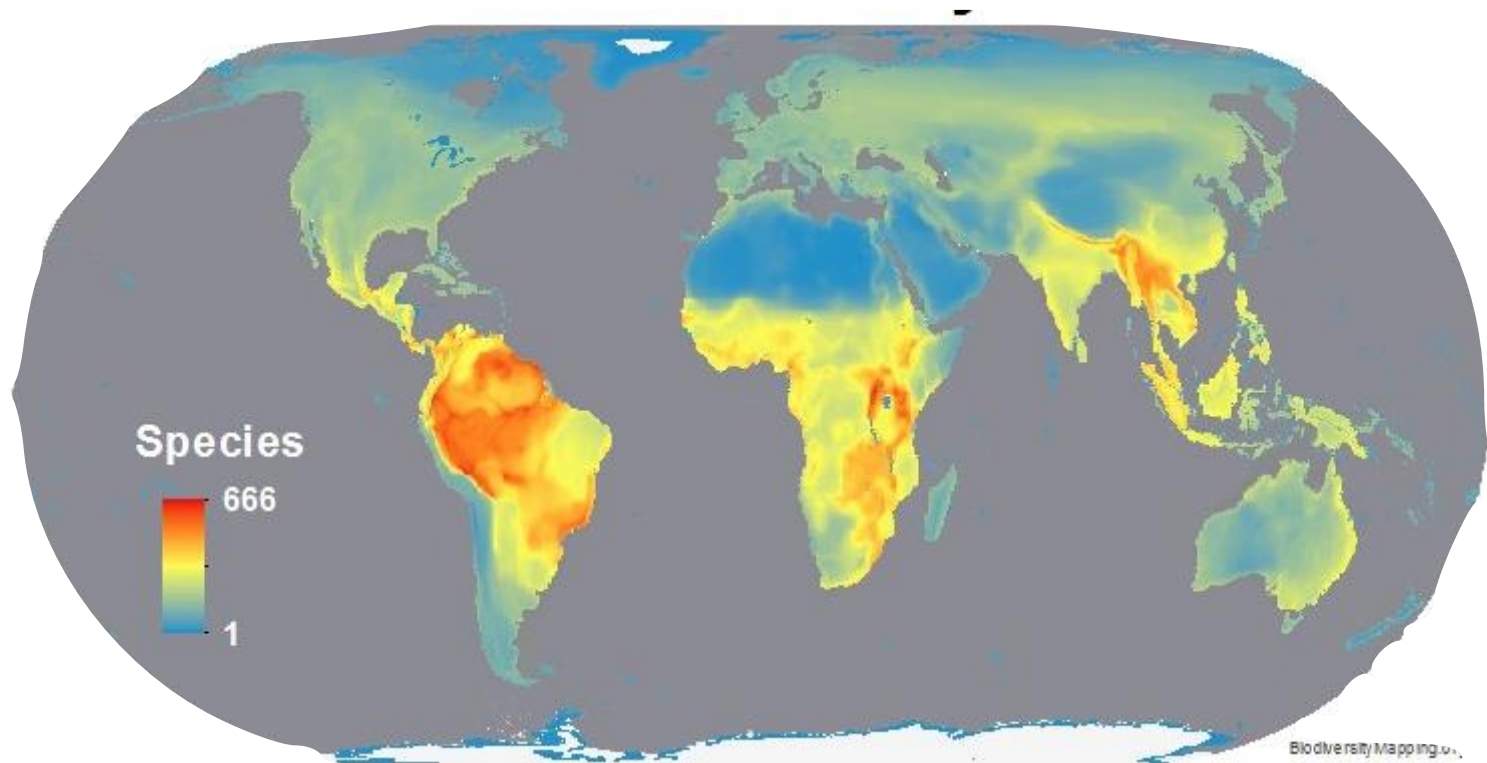
## Gradientes de biodiversidade

- **Latitudinal**
  - Diversidade de plantas vasculares



## Gradientes de biodiversidade

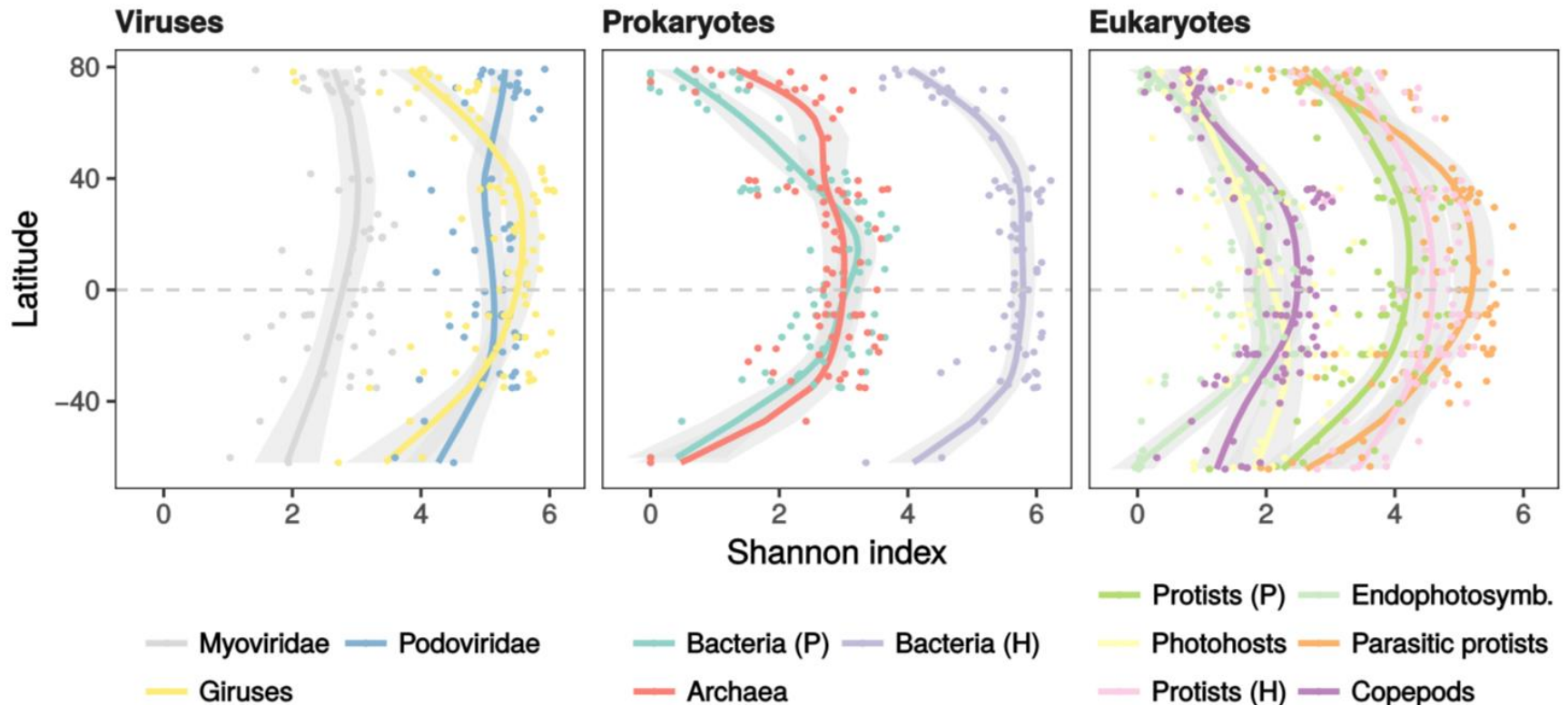
- **Latitudinal**
  - Diversidade de aves



# BIODIVERSIDADE GLOBAL

## Gradientes de biodiversidade

- **Latitudinal**
  - Diversidade no plâncton





## Gradientes de biodiversidade

- **Latitudinal**

- Diversidade diminui com o aumento da latitude
- Zonas equatoriais e tropicais:
  - Maior produtividade primária, área disponível, diversidade de habitats, estabilidade ambiental (maior idade evolutiva e menor sazonalidade), e mais interações ecológicas



**Trópicos**



**Polos**

## Gradientes de biodiversidade

- **Altitudinal**

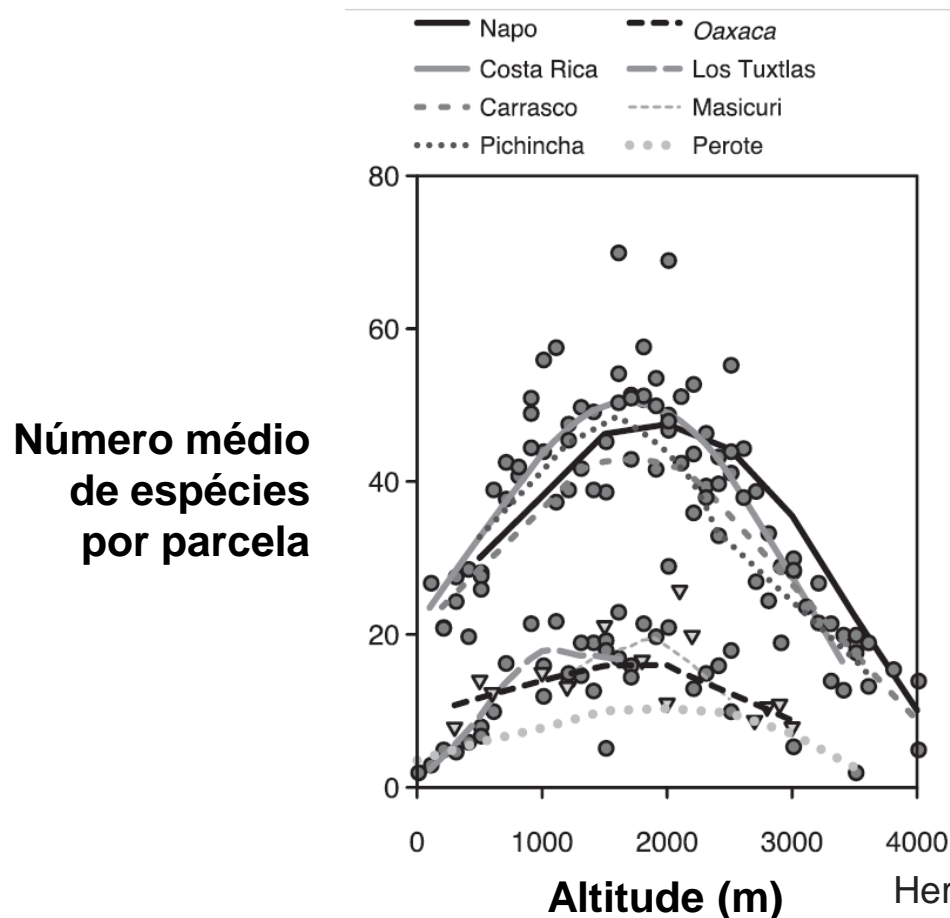
- Diversidade diminui com o aumento da altitude ou apresenta relação modal (em forma de domo)
- Nos topos de montanhas:
  - Menor produtividade primária, área disponível, diversidade de habitats, estabilidade ambiental, e menos interações ecológicas



**Biodiversidade**

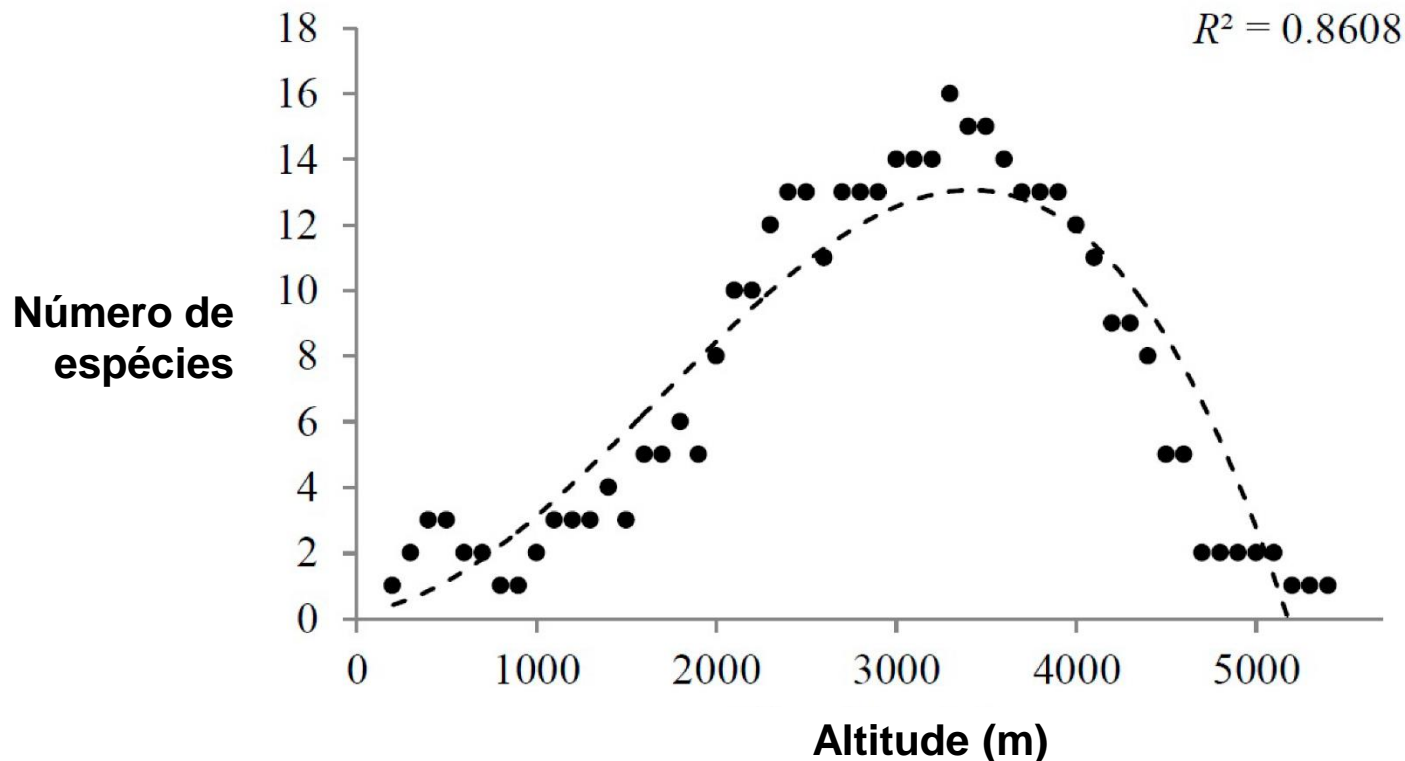
## Gradientes de biodiversidade

- **Altitudinal: relação modal**
  - Samambaias nas américas



## Gradientes de biodiversidade

- Altitudinal: relação modal
  - Gimnospermas no Nepal



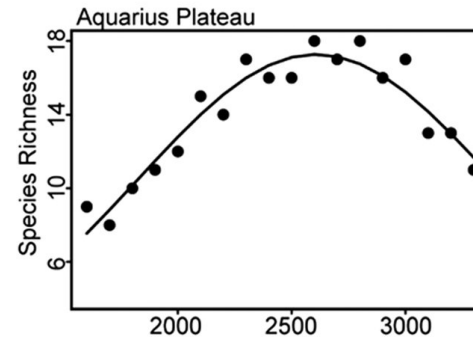
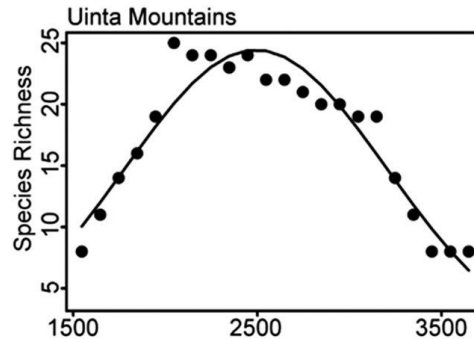


# BIODIVERSIDADE GLOBAL

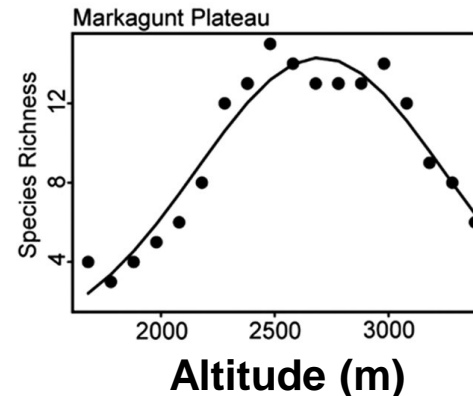
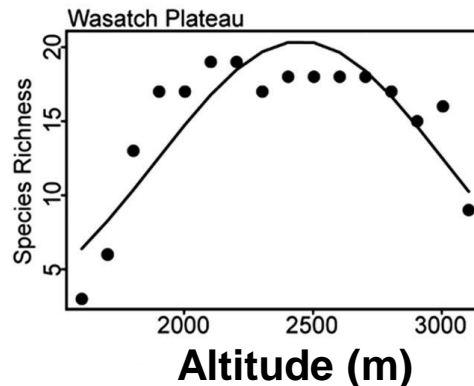
## Gradientes de biodiversidade

- Altitudinal: relação modal
  - Mamíferos terrestres

Número de espécies



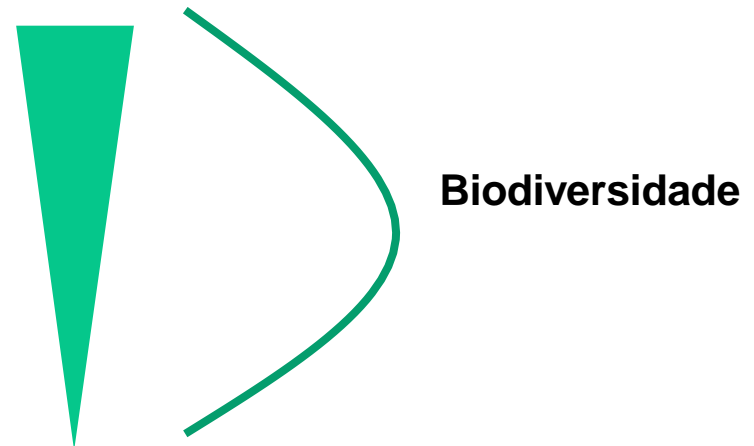
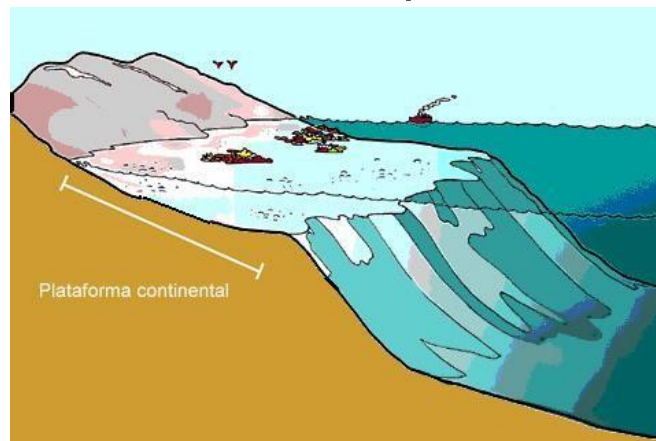
Número de espécies



## Gradientes de biodiversidade

- **Profundidade**

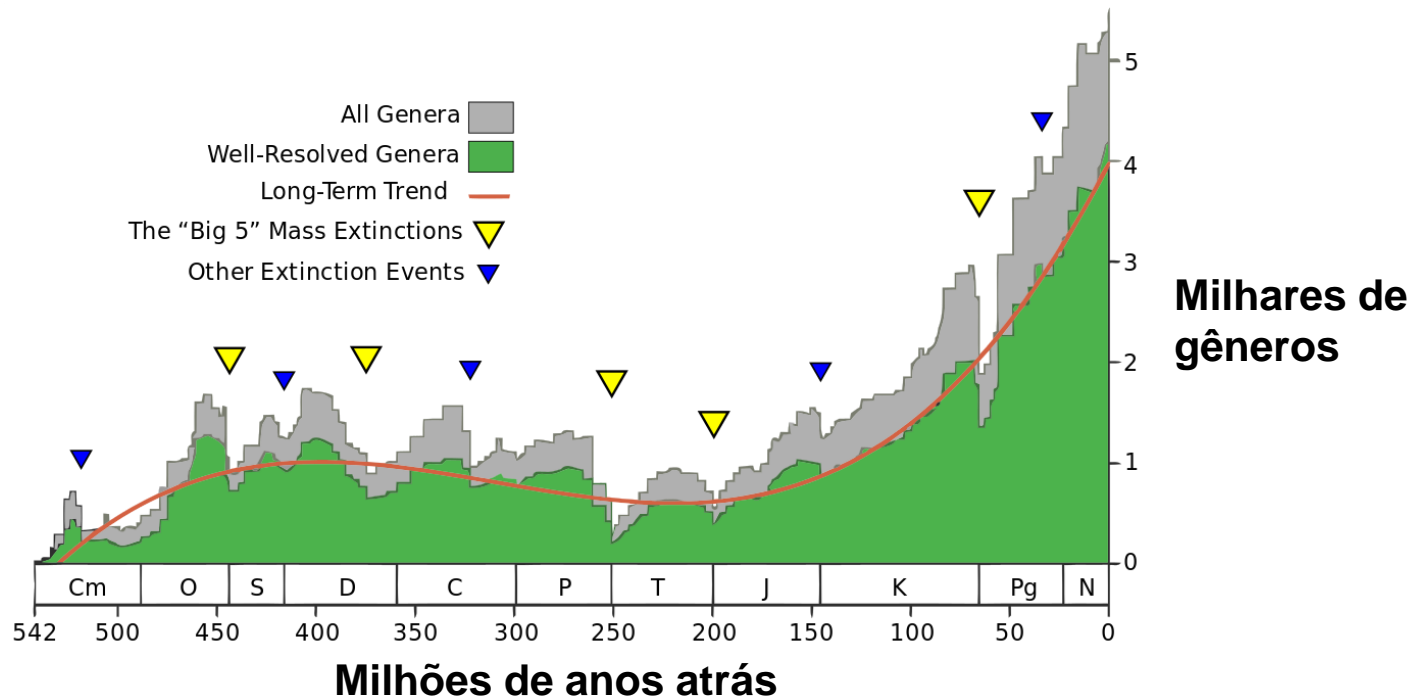
- Diversidade diminui com o aumento da profundidade ou apresenta relação modal (em forma de domo)
- Em certas regiões costeiras, pico de riqueza a 1.000 m, onde o ambiente é mais previsível/estável
- Nas profundezas do oceano:
  - Luz e temperaturas decrescentes



# BIODIVERSIDADE GLOBAL

## Gradientes de biodiversidade

- **Temporal: biodiversidade muda com o tempo**
  - Estima-se que 4 bilhões de espécies viveram na Terra nos últimos 3.5 bilhões de anos (99% já estão extintas)
  - Períodos de estabilidade ou de alta especiação/extinção



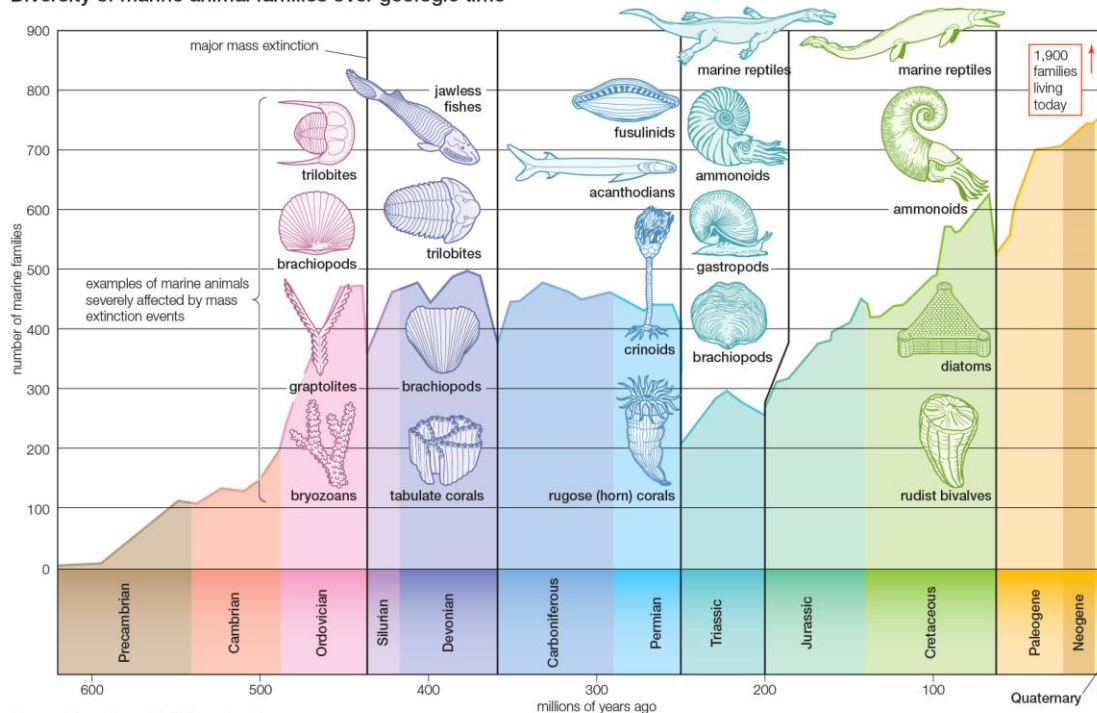
# BIODIVERSIDADE GLOBAL

## Gradientes de biodiversidade

- **Temporal**

- Extinção em massa: pico de extinção em um curto período de tempo (Sepkoski & Raup 1982)

Diversity of marine animal families over geologic time



© 2012 Encyclopædia Britannica, Inc.

Número de famílias

Extinções da fauna marinha

Milhões de anos atrás



## Gradientes de biodiversidade

- **Temporal**
  - Extinção da megafauna (10-100 mil anos atrás)
  - 90% das espécies foram extintas



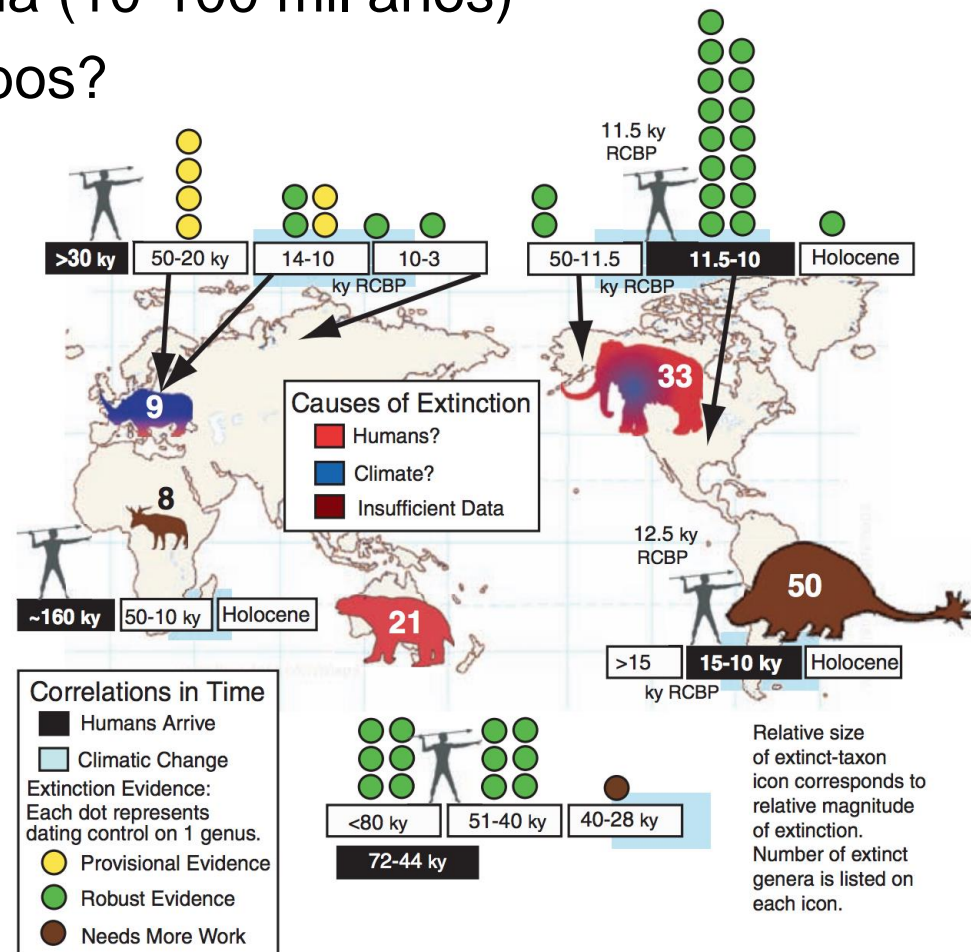
Megafauna da América do Sul

# BIODIVERSIDADE GLOBAL

## Gradientes de biodiversidade

- Temporal

- Extinção da megafauna (10-100 mil anos)
- Clima, homem ou ambos?



## AMEAÇAS E CONSERVAÇÃO



# AMEAÇAS E CONSERVAÇÃO

## Cinco grandes ameaças

- **1) Destruição e degradação de habitats naturais**
  - Principal causa da perda da biodiversidade terrestre
  - Mudanças de uso do solo e mar

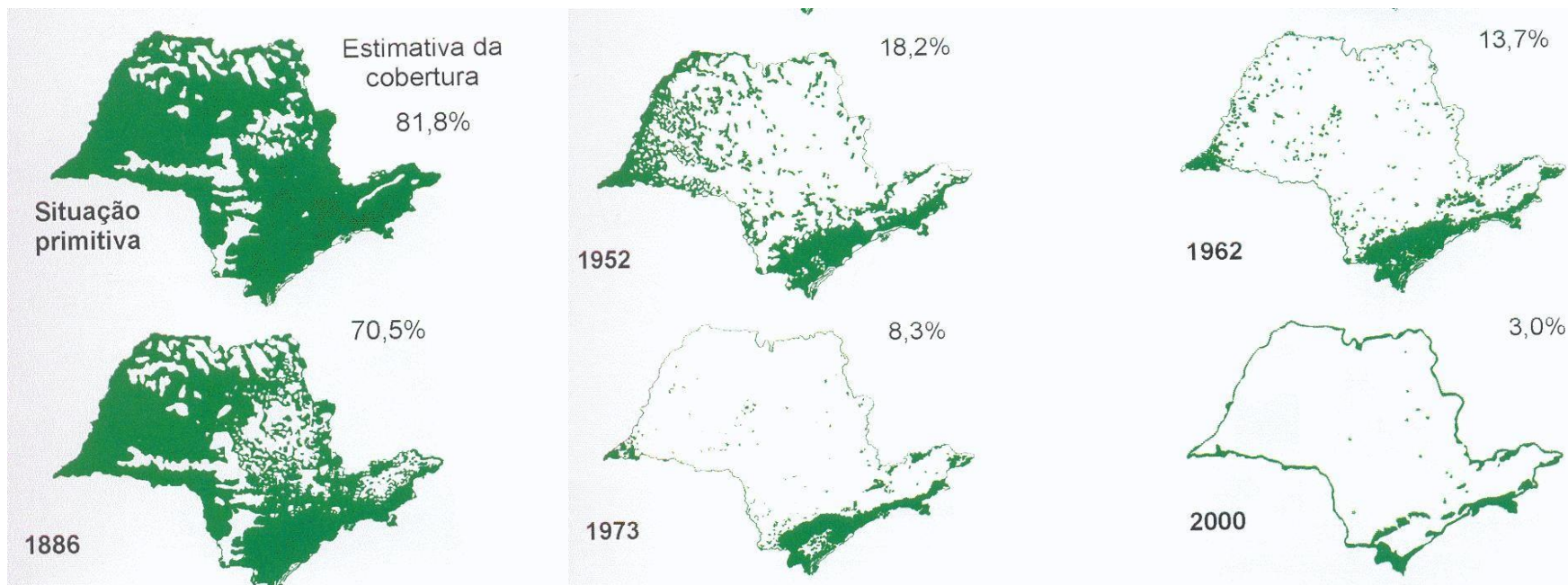




# AMEAÇAS E CONSERVAÇÃO

## Cinco grandes ameaças

- 1) Destruição e degradação de habitats naturais
  - Cobertura florestal no estado de São Paulo



# AMEAÇAS E CONSERVAÇÃO

## Cinco grandes ameaças

- **2) Superexploração de populações naturais**
  - Impacto direto nas espécies de interesse comercial e indireto nas demais espécies





# AMEAÇAS E CONSERVAÇÃO

## Cinco grandes ameaças

- 3) Mudanças climáticas

- Força a migração de espécies e intensifica eventos climáticos extremos



# AMEAÇAS E CONSERVAÇÃO

## Cinco grandes ameaças

- 4) Poluição (água, ar e solos)
  - Impacto direto ou indireto na sobrevivência das espécies



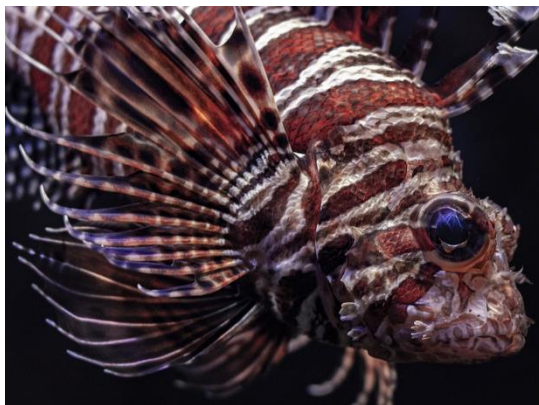


# AMEAÇAS E CONSERVAÇÃO

## Cinco grandes ameaças

- 5) Espécies invasoras exóticas
  - Competição com espécies nativas, hibridização e transmissão de doenças

Peixe-leão



Caramujo africano

Tucunaré em SP

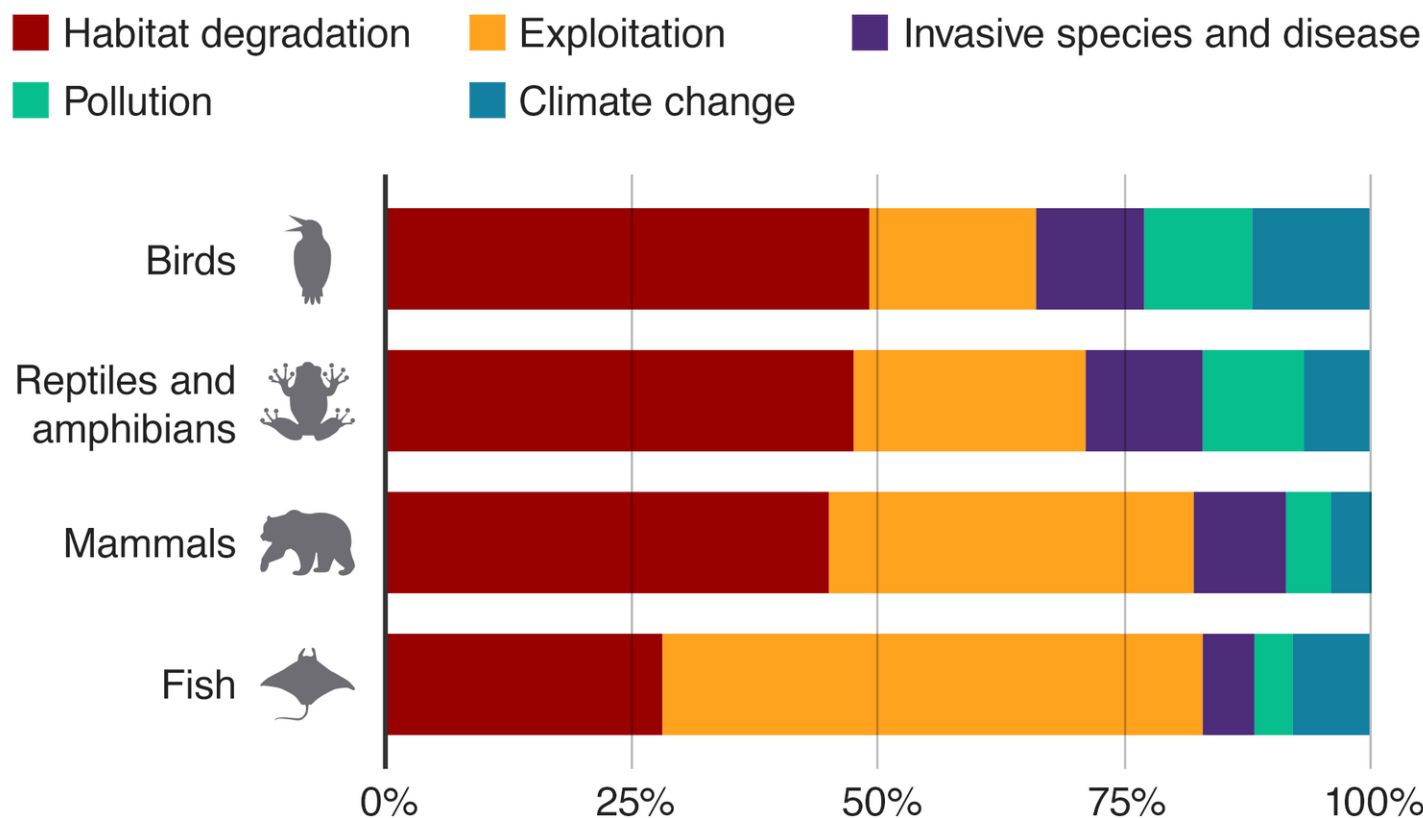


Javali

# AMEAÇAS E CONSERVAÇÃO

## Cinco grandes ameaças

- Papel de cada ameaça varia entre grupos

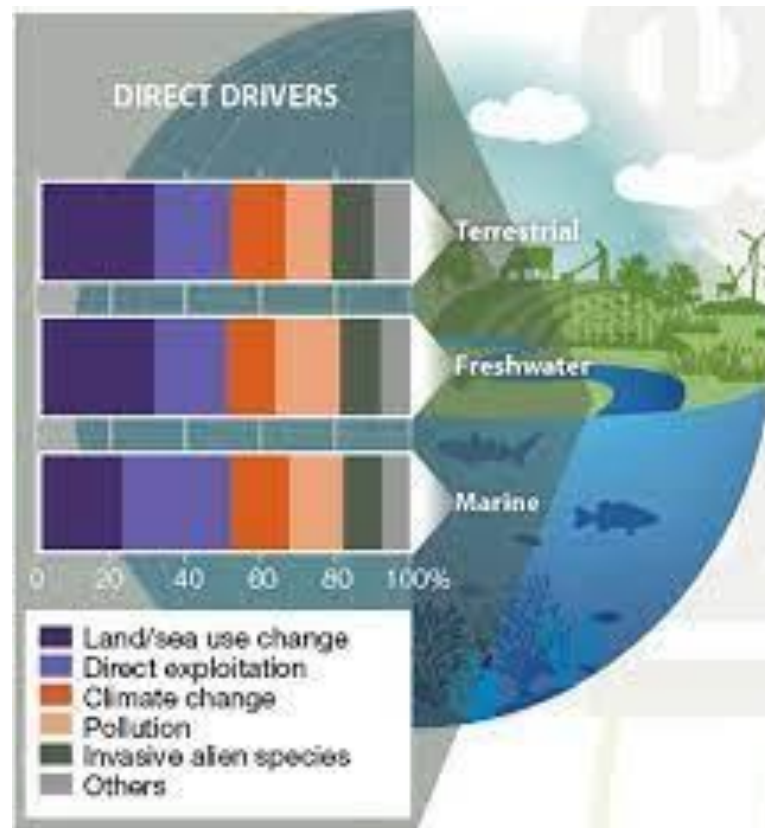


Note: A sample of 3,789 populations evaluated by the Living Planet Index

# AMEAÇAS E CONSERVAÇÃO

## Cinco grandes ameaças

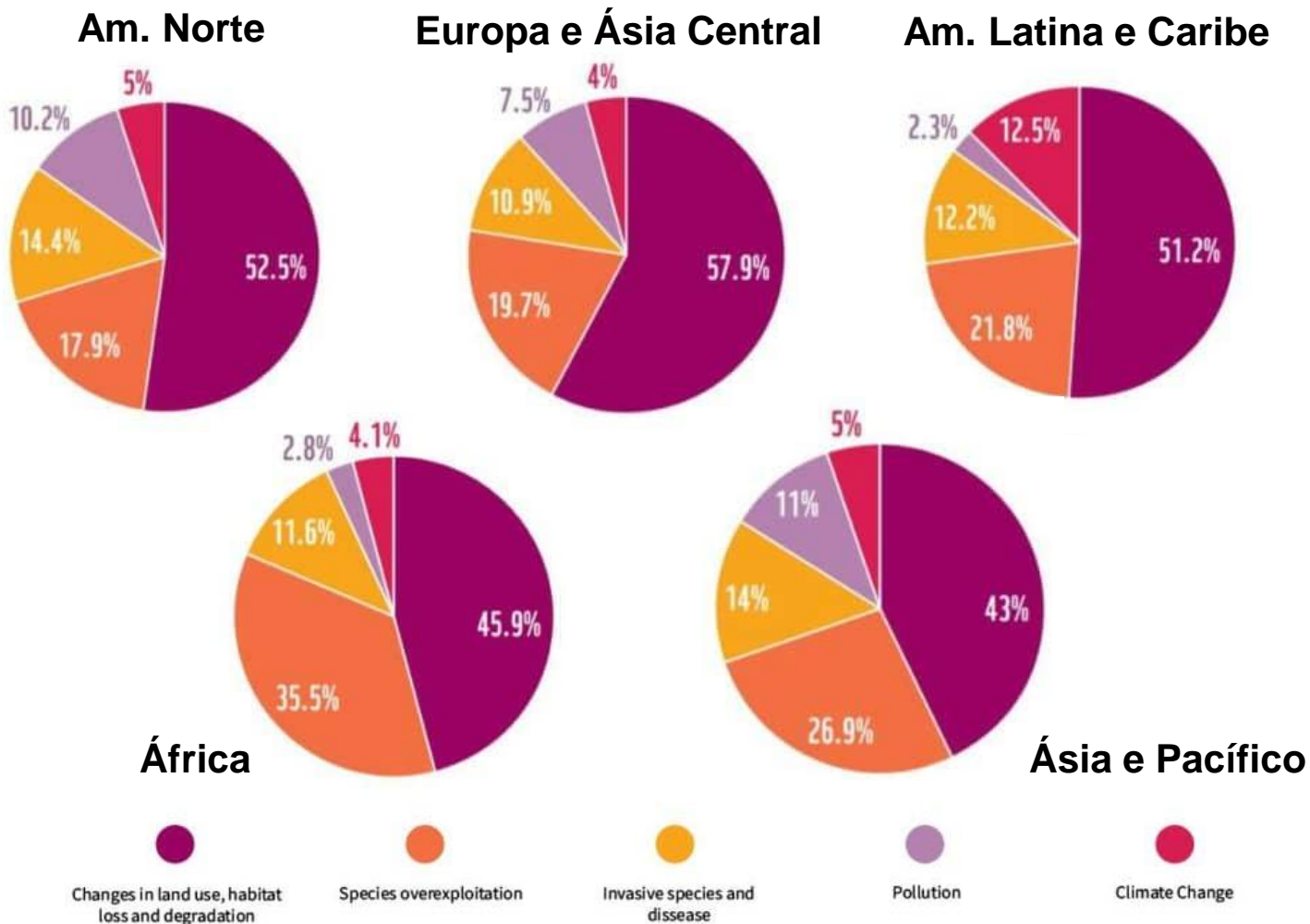
- Papel de cada ameaça varia entre ambientes



# AMEAÇAS E CONSERVAÇÃO

## Cinco grandes ameaças

- Papel de cada ameaça varia entre continentes



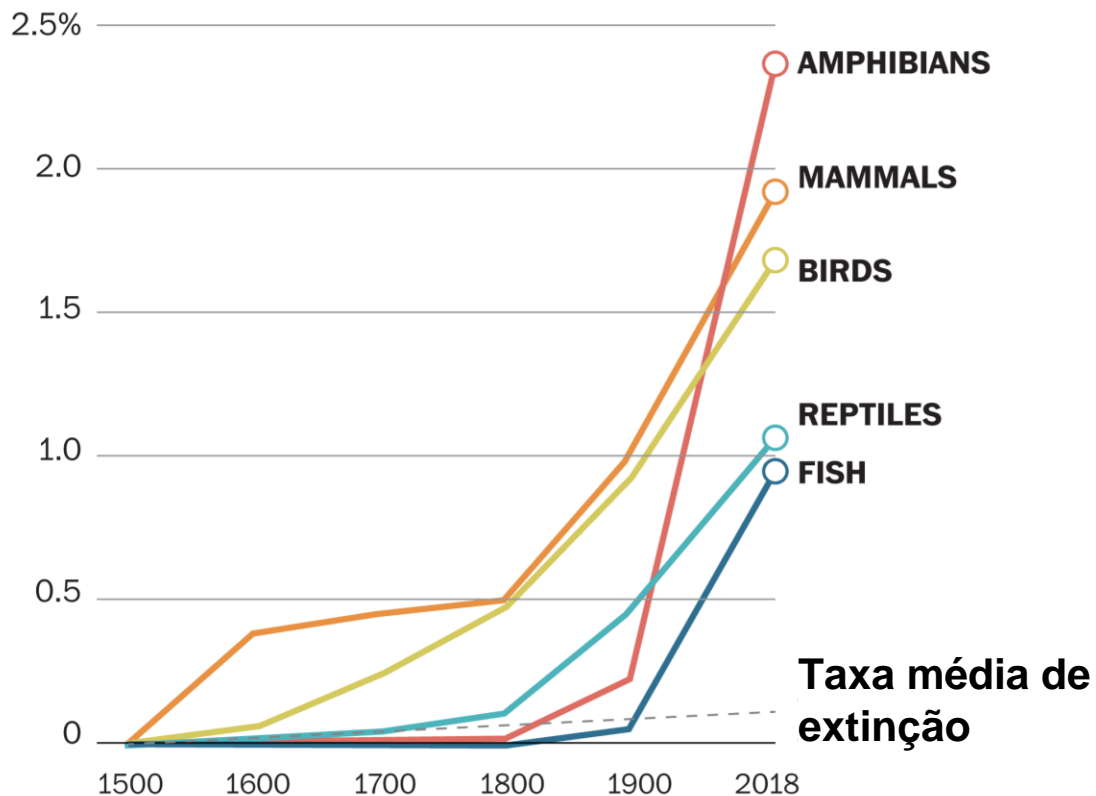


# AMEAÇAS E CONSERVAÇÃO

## Crise global da biodiversidade

- 6ª extinção em massa causada pelo homem

Cumulative percent of vertebrate species driven to extinction by human activity



Source: IPBES Global Assessment

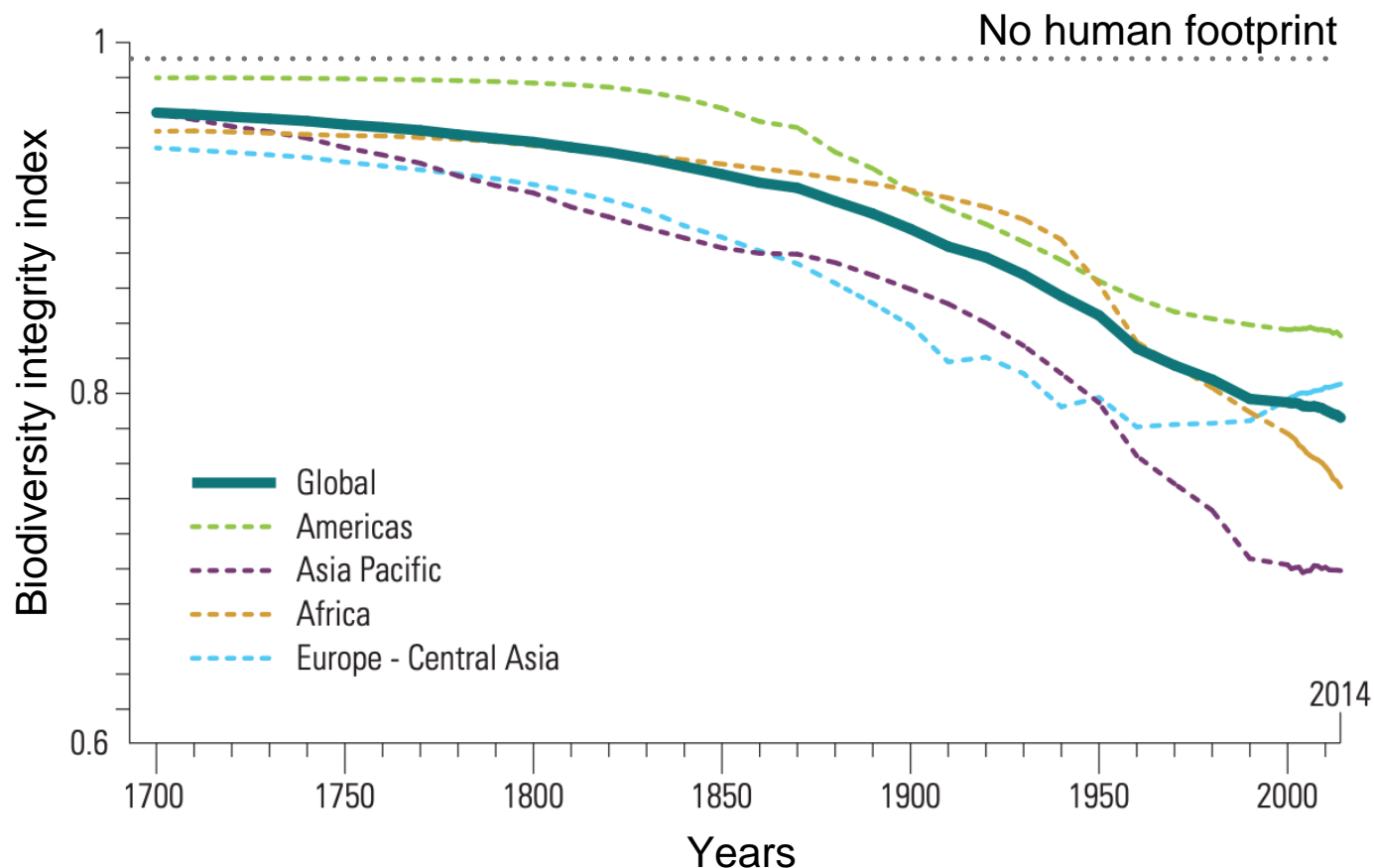
THE WASHINGTON POST

# AMEAÇAS E CONSERVAÇÃO

## Crise global da biodiversidade

- Índice de integridade da biodiversidade

- declínio populacional de +5000 espécies



# AMEAÇAS E CONSERVAÇÃO

## Crise global da biodiversidade

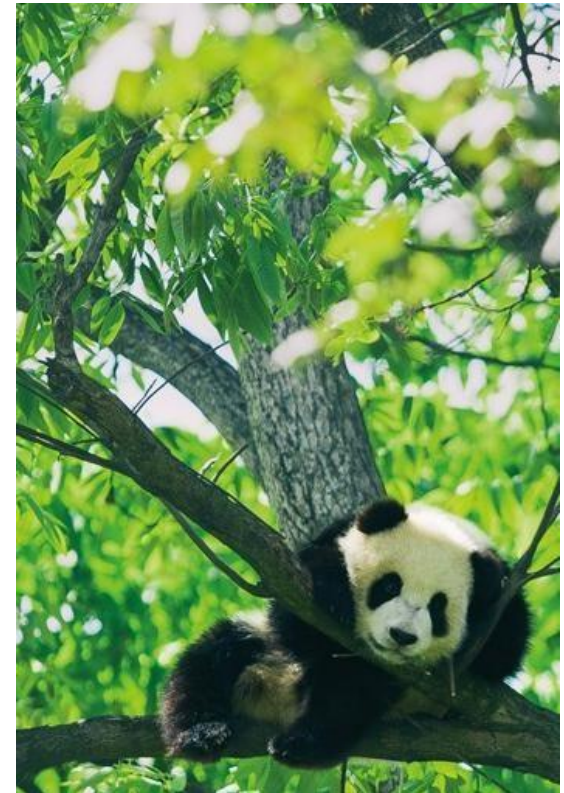
- **Avaliação IPBES (2019)**
  - 25% das espécies de animais e plantas ameaçadas
  - Erosão genética de espécies domesticadas
  - Queda de 23% na da produtividade agrícola devido à degradação ambiental
  - Risco de perda de US\$577 bi/ano por perda de polinizadores
  - Bilhões de pessoas afetadas direta ou indiretamente



# AMEAÇAS E CONSERVAÇÃO

## Ações de conservação

- **Conservação de habitats (*in situ*)**
  - Priorização dos *hotspots* de biodiversidade ou áreas com grande biodiversidade ou concentração de espécies ameaçadas, etc.
- **Conservação *ex situ***
  - Zoológicos, Jd. botânicos, bancos de germoplasma
- **Reversão dos vetores de ameaça**
  - Destruição de habitat, poluição, etc.
  - Tratados internacionais
- **Restauração de ecossistemas**
- **Monitoramento e conscientização**





# AMEAÇAS E CONSERVAÇÃO

## Ações de conservação

- **Rio '92:** crise global da biodiversidade se torna assunto comum fora do meio acadêmico
  - 1º tratado internacional sobre sustentabilidade



# AMEAÇAS E CONSERVAÇÃO

## Ações de conservação

- **Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB)**
  - Tratado pela conservação da biodiversidade, seu uso sustentável e pela repartição justa dos benefícios do uso da biodiversidade
  - Protocolo de Cartagena (Biossegurança) e de Nagoya (Acesso ao patrimônio genético)



**Convention on  
Biological Diversity**

# AMEAÇAS E CONSERVAÇÃO

## Ações de conservação

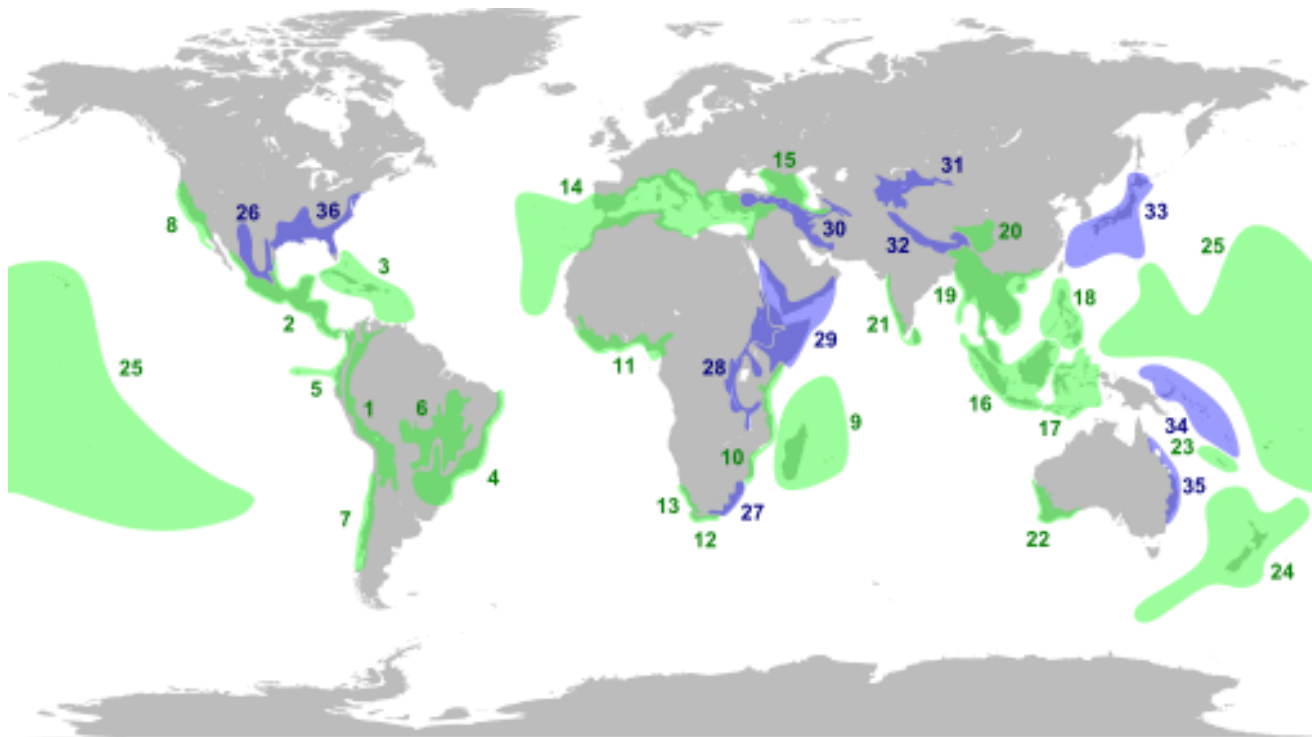
- **IPBES:** Plataforma Intergovernamental sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos
  - 127 países membros: parceria de quatro agências das Nações Unidas (PNUMA, UNESCO, FAO e PNUD)
  - Informa governos sobre situação da biodiversidade e seus serviços e propõe ações de governança



# AMEAÇAS E CONSERVAÇÃO

## Ações de conservação

- **Hotspots globais de biodiversidade**
  - Áreas com alto endemismo e >70% de perda de habitat
  - 36 áreas: 16% da área e 50% das espécies do mundo

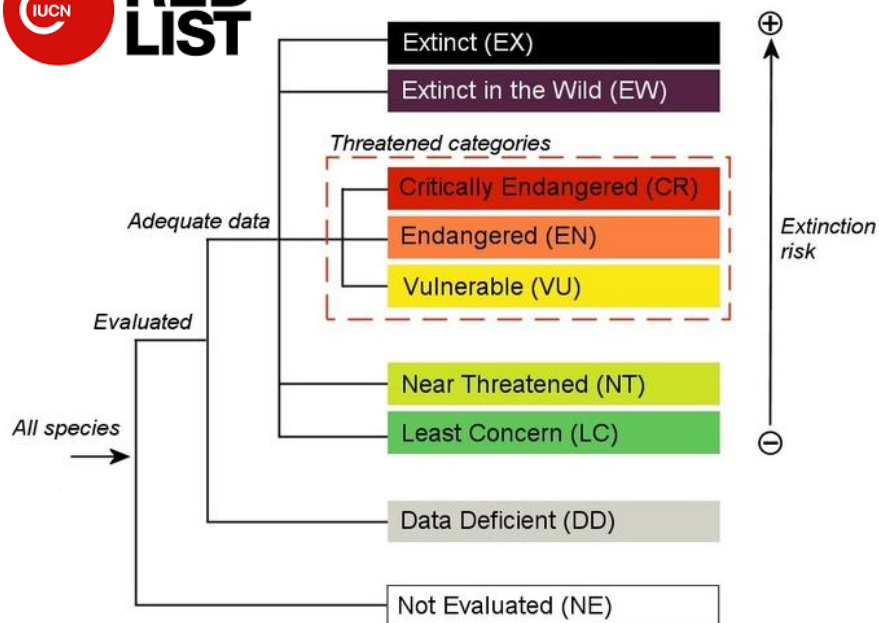




# AMEAÇAS E CONSERVAÇÃO

## Ações de conservação

- **Listas Vermelhas de espécies ameaçadas**
  - Categorização de espécies com alto risco de desaparecer
  - Barômetro da vida da UICN



**More than 42,100 species**  
are threatened with extinction

That is still 28% of all assessed species.



# AMEAÇAS E CONSERVAÇÃO

## Ações de conservação

- Outras espécies prioritárias
  - Indicadoras: resumem o estado do ecossistema

**Espécie  
indicadora**



**Espécie  
chave**



**Espécie  
bandeira**



**Espécie  
guarda-chuva**



# AMEAÇAS E CONSERVAÇÃO

## Ações de conservação

- Restauração de ecossistemas
  - Recuperar ecossistemas naturais e seus valores ecológicos, econômicos e sociais





# AMEAÇAS E CONSERVAÇÃO

## Ações de conservação

- 2021-2030: Década da Restauração





# AMEAÇAS E CONSERVAÇÃO

## Ações de conservação

- Restauração de Paisagens e Ecossistemas (BPBES 2019)
  - Serviços ecossistêmicos
  - Como conciliar produção, conservação e restauração
  - Métodos para restauração em diversas regiões do Brasil



<https://www.youtube.com/watch?v=Bh9XBeE8tP8>

# BIODIVERSIDADE

FIM DA PARTE 1



# BIODIVERSIDADE

## PARTE 2

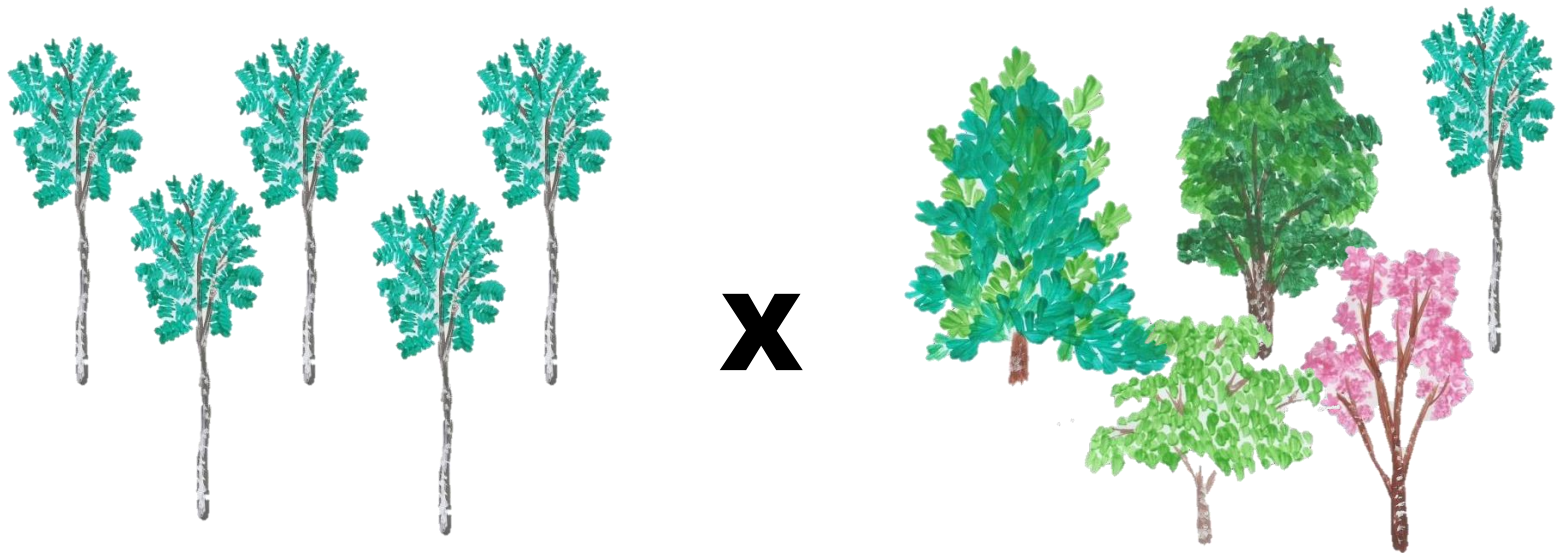
## **MEDIDAS DE BIODIVERSIDADE**



# MEDIDAS DE BIODIVERSIDADE

## Comparando comunidades

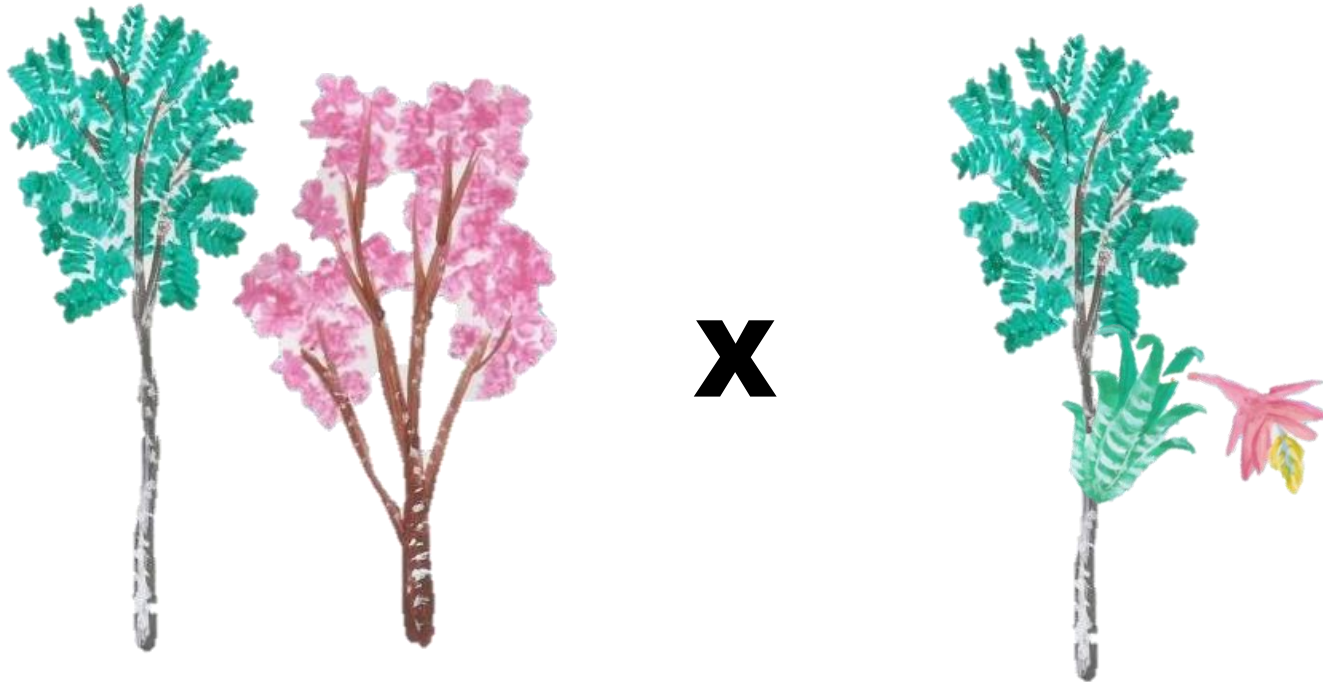
- Onde a diversidade é maior?
  - Diversidade taxonômica: espécies, gêneros, etc.



# MEDIDAS DE BIODIVERSIDADE

## Comparando comunidades

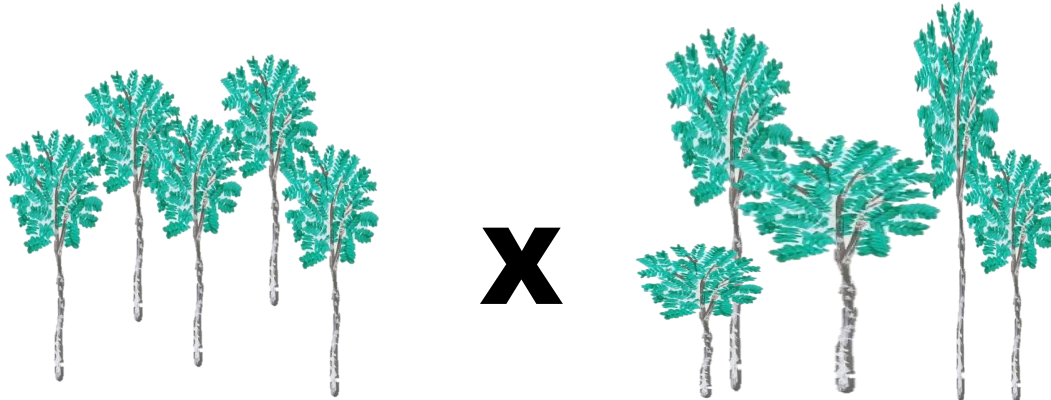
- Onde a diversidade é maior?
  - Diversidade funcional: características das espécies (p.ex.: forma de crescimento, tamanho da semente, comportamento, etc.)



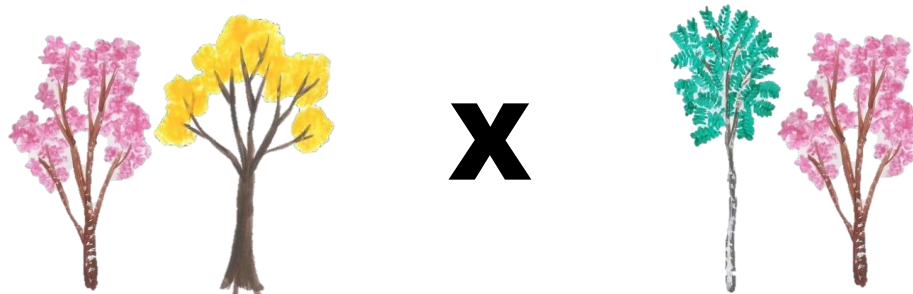
# MEDIDAS DE BIODIVERSIDADE

## Comparando comunidades

- Onde a diversidade é maior?
  - Diversidade genética (% de genes na população)



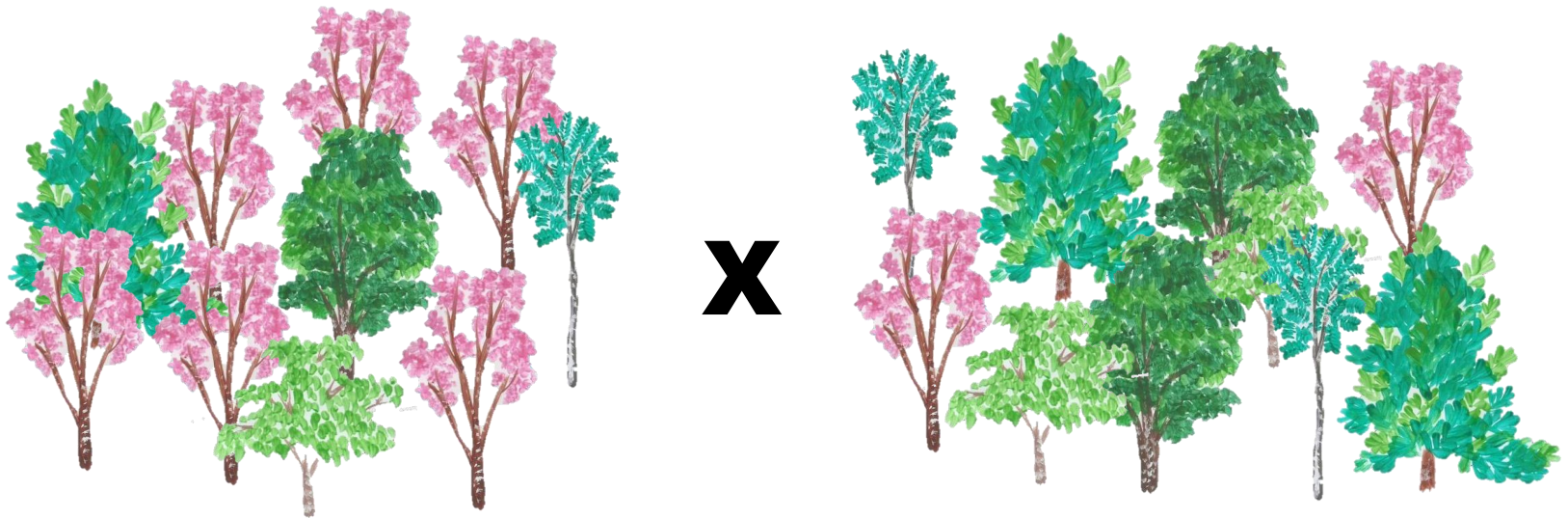
- Diversidade filogenética (distância evolutiva entre spp)



# MEDIDAS DE BIODIVERSIDADE

## Comparando comunidades

- Onde a diversidade taxonômica é maior?

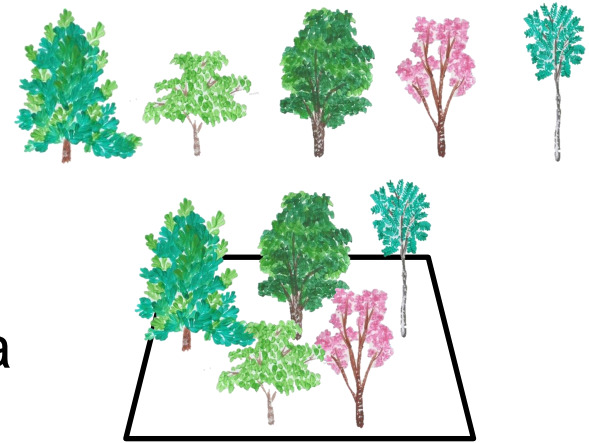




# MEDIDAS DE BIODIVERSIDADE

## Componentes

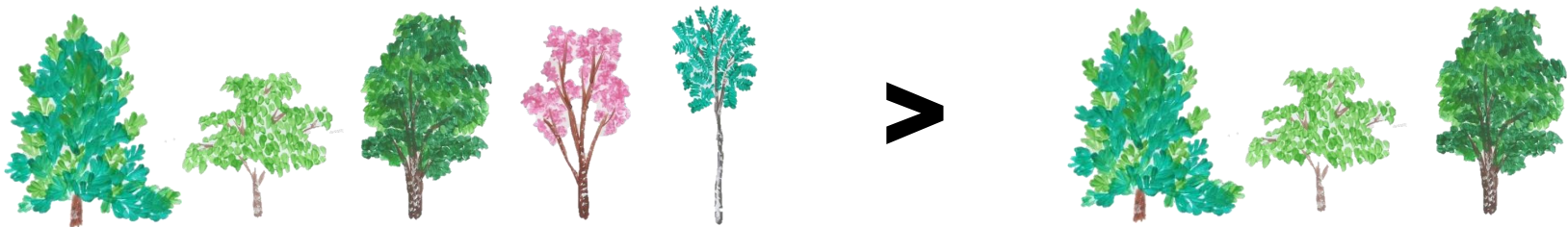
- Riqueza (S): número de espécies
- Densidade (S/A): riqueza pela área
- Abundância total (N): número total de indivíduos
- Abundância ( $n_i$ ): número de indivíduos por espécie
- Abundância relativa:  $n_i / N$
- Equabilidade (E): distribuição das abundâncias relativas



## Índices de diversidade

- **Riqueza numérica (S)**

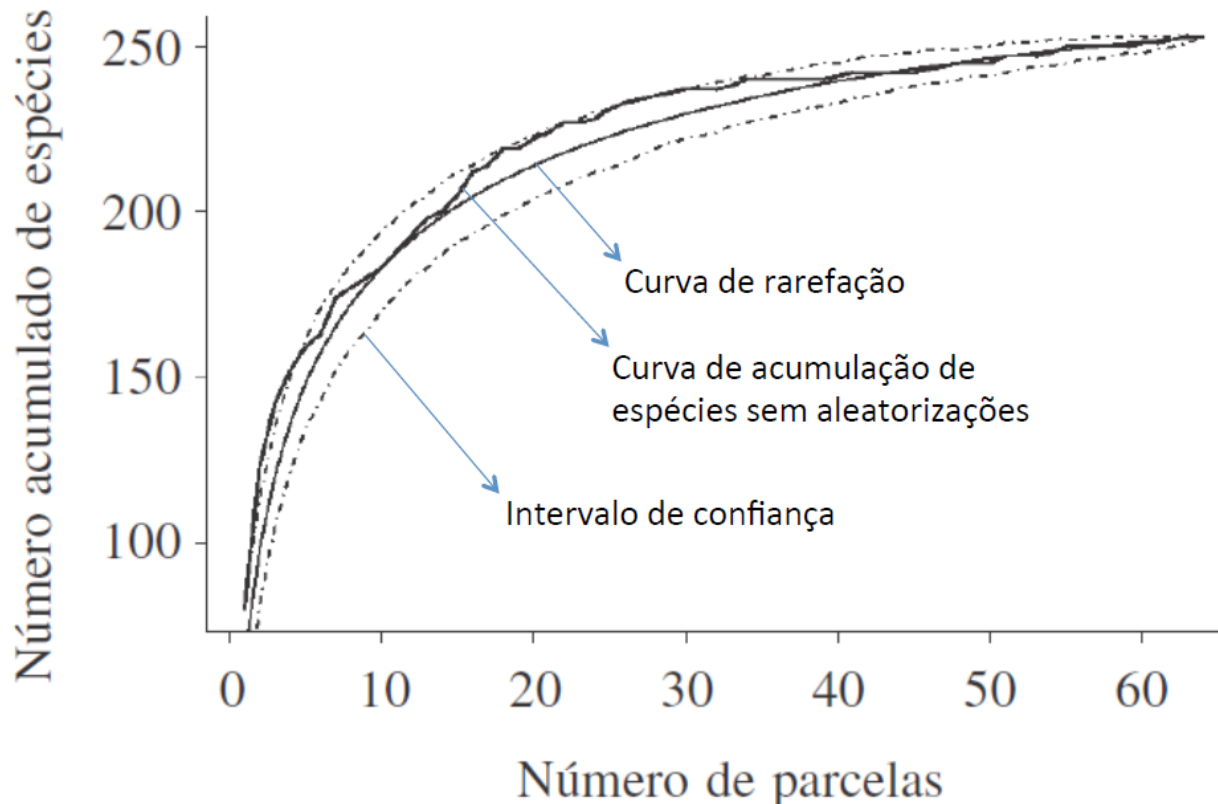
- Intuitiva e fácil de interpretar
- Altamente dependente do N
- Espécies raras e comuns têm o mesmo peso



## Índices de diversidade

- Riqueza numérica (S)

- Curvas de rarefação: curva média e intervalo de confiança ao randomizar a ordem de entrada dos dados

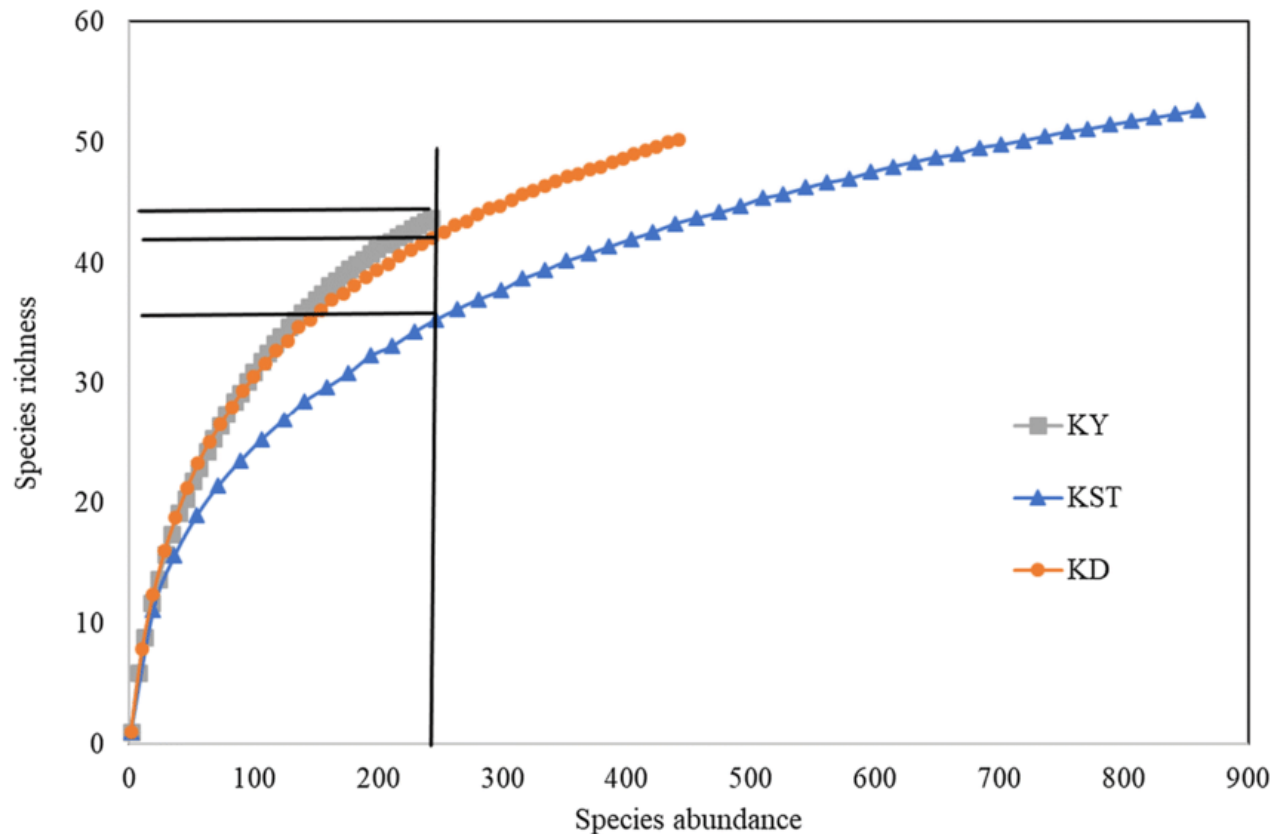


# MEDIDAS DE BIODIVERSIDADE

## Índices de diversidade

- Riqueza numérica (S)

- Curvas de rarefação: comparação S para um mesmo N

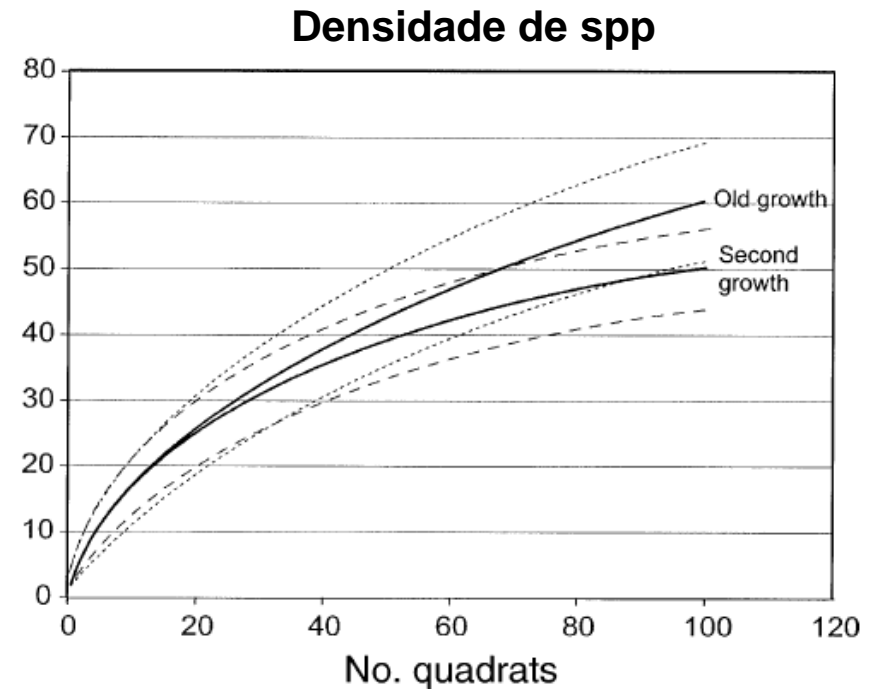
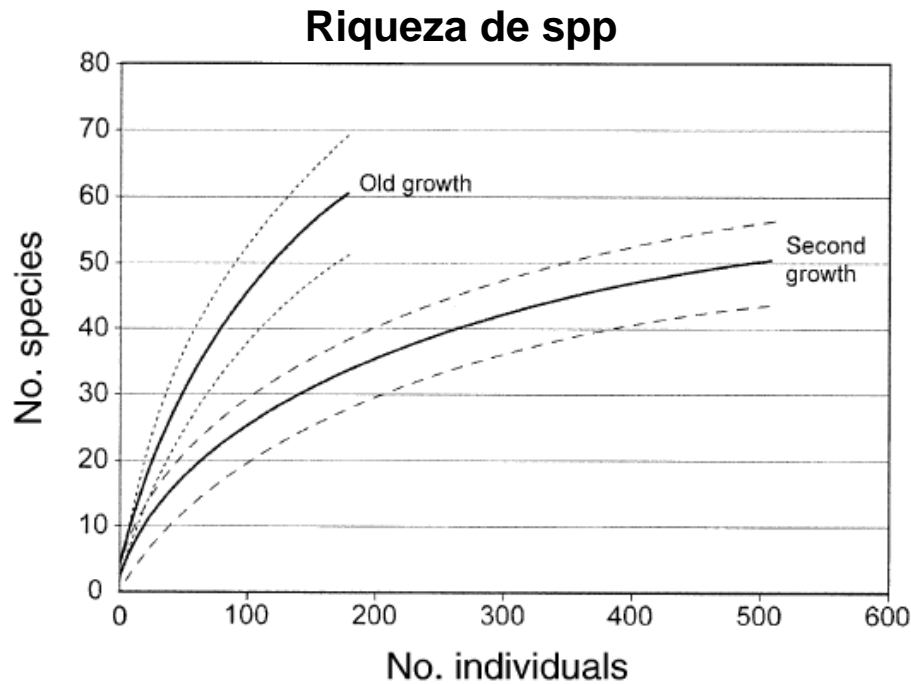




# MEDIDAS DE BIODIVERSIDADE

## Índices de diversidade

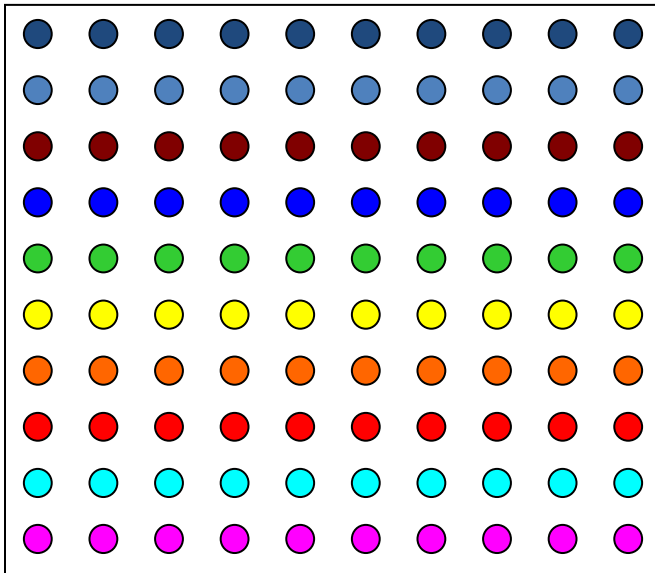
- Riqueza numérica (S)
  - Curvas de rarefação: indivíduos vs. amostras



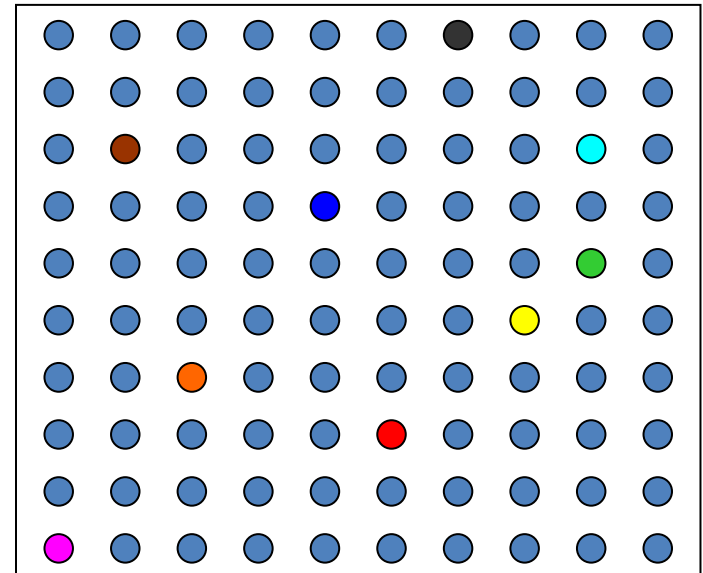
# MEDIDAS DE BIODIVERSIDADE

## Índices de diversidade

- E se a riqueza for parecida (ou a mesma)?
  - Mesma riqueza ( $S= 10$ ) e abundância total ( $N= 100$ ), porém equabilidades diferentes...



**X**



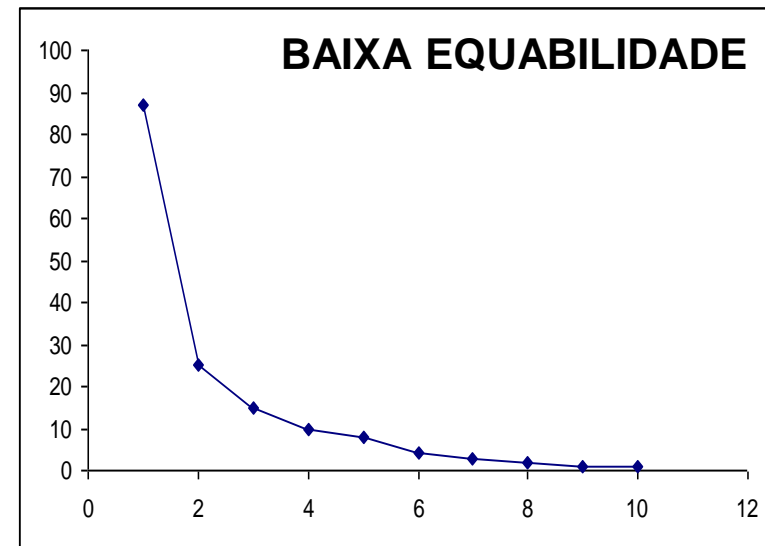
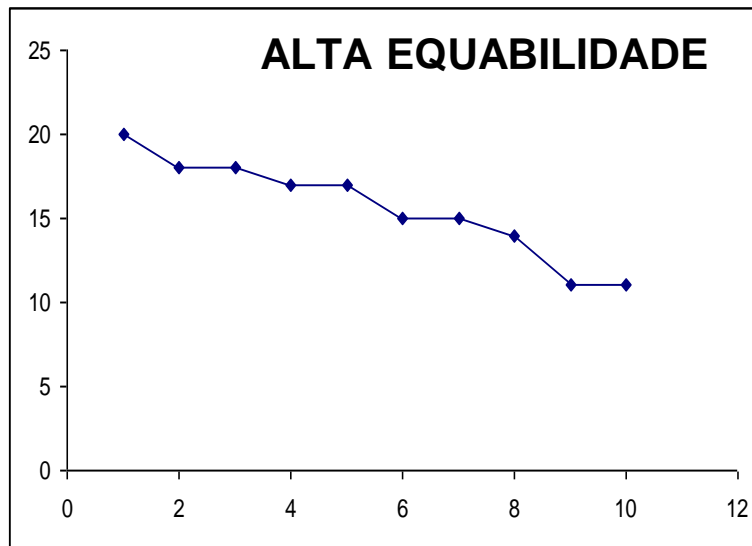
# MEDIDAS DE BIODIVERSIDADE

## Índices de diversidade

- **Equabilidade**

- Uniformidade da distribuição das abundâncias das spp
- Quanto maior a equabilidade, mais homogênea a distribuição das abundâncias

Abundância  
das espécies

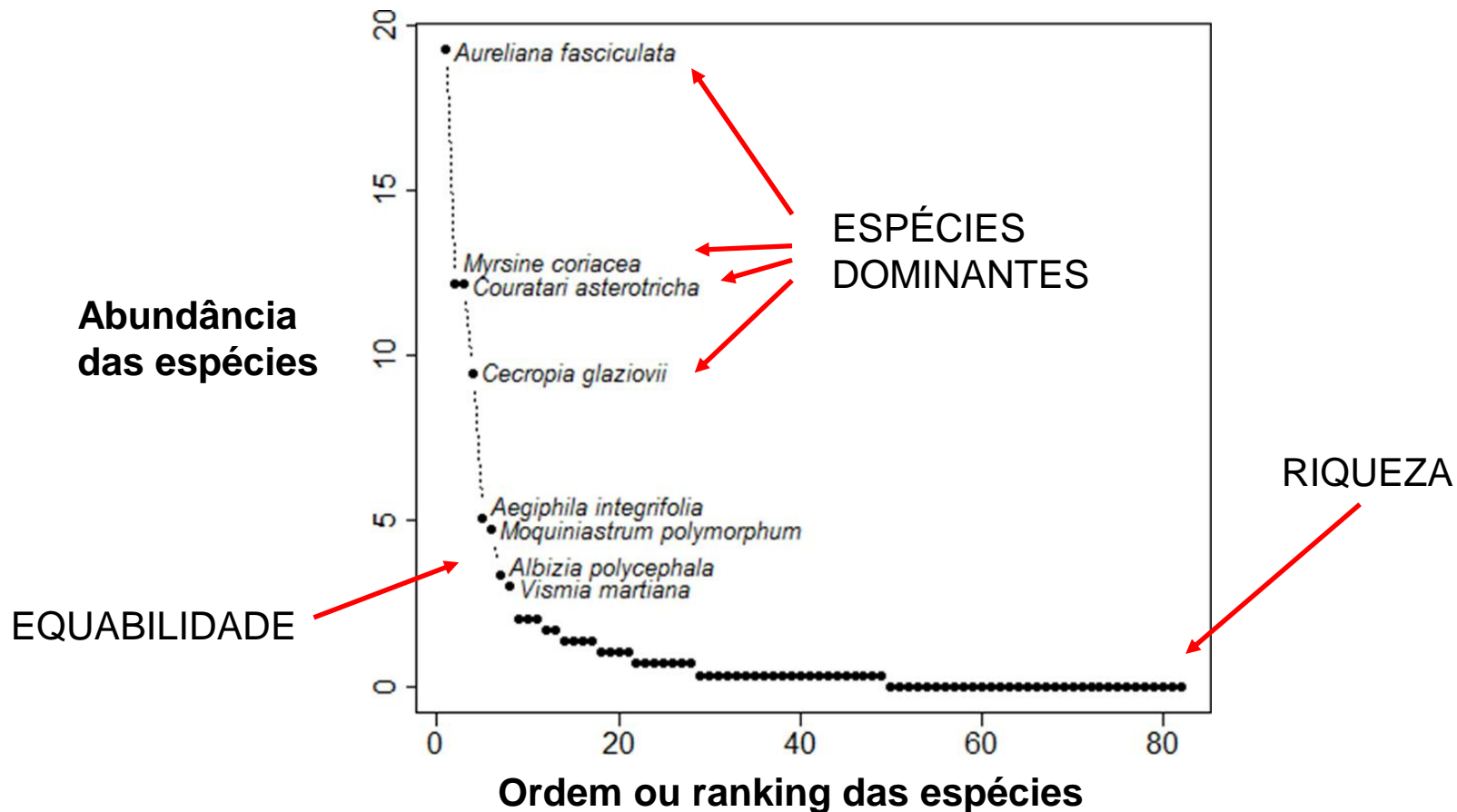


Ordem ou ranking das espécies

# MEDIDAS DE BIODIVERSIDADE

## Índices de diversidade

- Diagrama de distribuição de abundâncias
  - a.k.a. diagrama de Whittaker

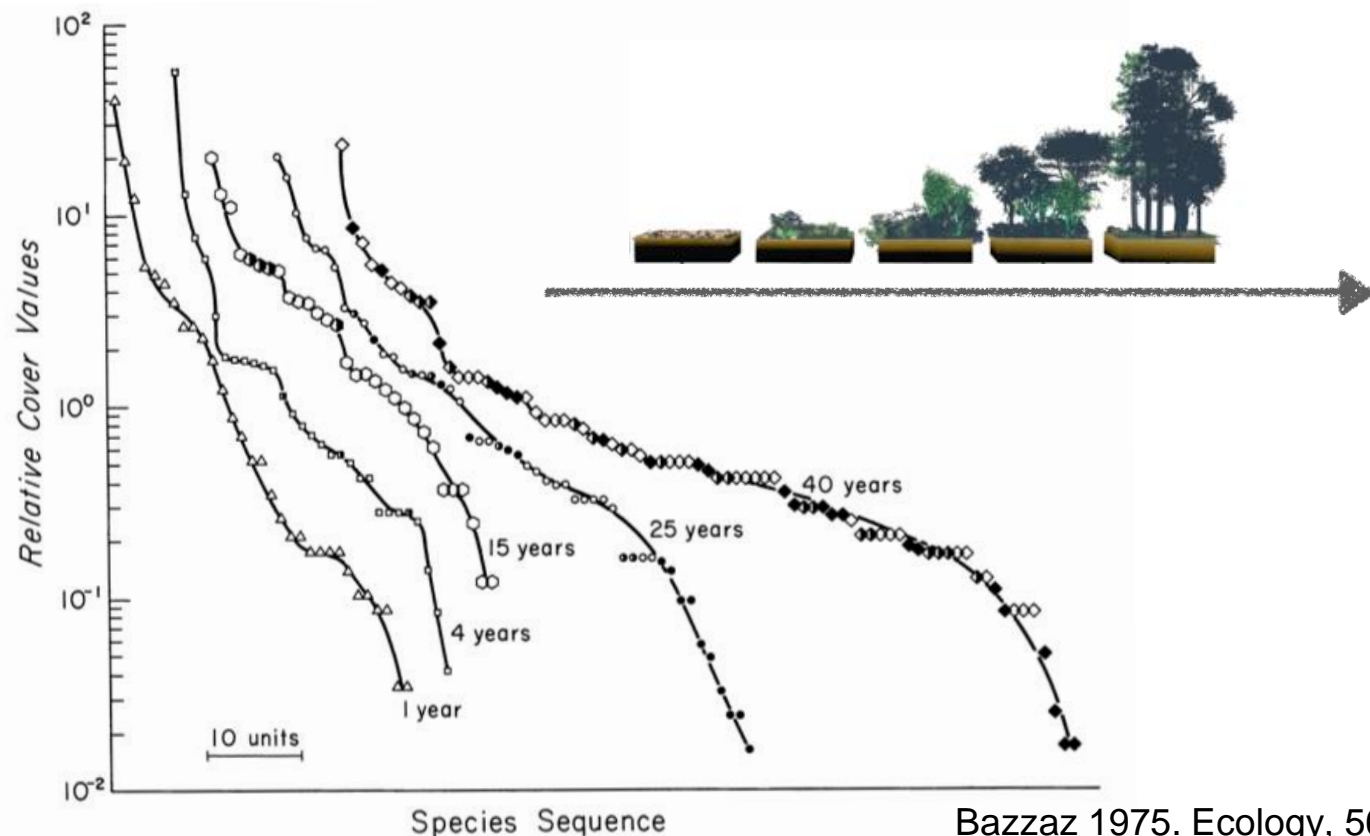




# MEDIDAS DE BIODIVERSIDADE

## Índices de diversidade

- Diagrama de distribuição de abundâncias
  - Mais informativos e visuais
  - Exemplo: Comunidades ao longo da sucessão ecológica



## Índices de diversidade taxonômica

- Combinam Riqueza (S), N e/ou Equabilidade (E)
- Inúmeros índices já propostos
- Variam quanto ao peso que dão para a Riqueza (espécies raras) e para a Equabilidade
  - índ. de riqueza: coeficiente de mistura, Margalef, Menhinick
  - índ. de heterogeneidade: Shannon, Simpson, Brillouin, McIntosh
  - índ. de equabilidade: Pielou, Simpson, Camargo
  - índ. de dominância: Berger-Parker
  - índ. paramétricos de heterogeneidade:  $\alpha$  de Fisher (série logarítmica),  $\lambda$  de Taylor (log-normal)

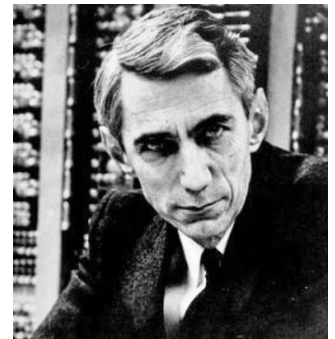
## Índices de diversidade taxonômica

- Índice de Shannon

- Medida de incerteza ao prever a espécie de um indivíduo tomado ao acaso da comunidade
- $S$  = número de espécies;  $p_i$  = abundância da espécie  $i$  ( $n_i$ ) em relação ao total ( $N$ )
- índice mais usado e sensível ao  $S$  e ao  $N$

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln(p_i)$$

$$p_i = n_i/N$$



C.E. Shannon

## Índices de diversidade taxonômica

- Índice de Shannon

- fácil de calcular, sendo o mais usado na literatura
- mais sensível ao S e ao N

ni	pi	ln(pi)	pi*ln(pi)
91	0.91	-0.09431	-0.08582
1	0.01	-4.60517	-0.04605
1	0.01	-4.60517	-0.04605
1	0.01	-4.60517	-0.04605
1	0.01	-4.60517	-0.04605
1	0.01	-4.60517	-0.04605
1	0.01	-4.60517	-0.04605
1	0.01	-4.60517	-0.04605
1	0.01	-4.60517	-0.04605
1	0.01	-4.60517	-0.04605
1	0.01	-4.60517	-0.04605
<b>N=100</b>	<b>S=10</b>	<b>H' =</b>	<b>0.500288</b>



## Índices de diversidade taxonômica

- Índice de Simpson

- Probabilidade de 2 indivíduos sorteados ao acaso pertencerem à mesma espécie

- $S$  = número de espécies;  $p_i$  = abundância da espécie  $i$  ( $n_i$ ) em relação ao total ( $N$ )

$$D = \sum_{i=1}^S p_i^2$$

$$p_i = n_i/N$$



E. Simpson

## Índices de diversidade taxonômica

- Índice de Simpson

- Também fácil de calcular
- Quanto maior D, menor a diversidade

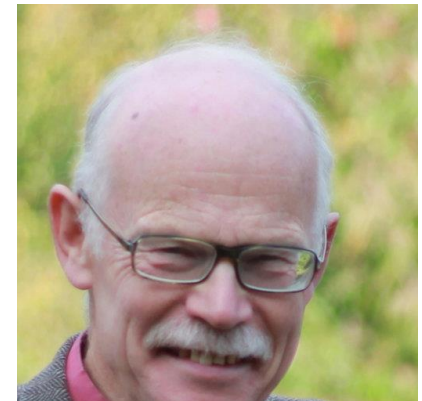
ni	pi	pi <sup>2</sup>
91	0.91	0.8281
1	0.01	0.0001
1	0.01	0.0001
1	0.01	0.0001
1	0.01	0.0001
1	0.01	0.0001
1	0.01	0.0001
1	0.01	0.0001
1	0.01	0.0001
1	0.01	0.0001
1	0.01	0.0001
<b>N=100</b>	<b>S=10</b>	<b>D=0.829</b>

$$1/D = 1,2063$$

## Índices de diversidade taxonômica

- **Números de Hill**

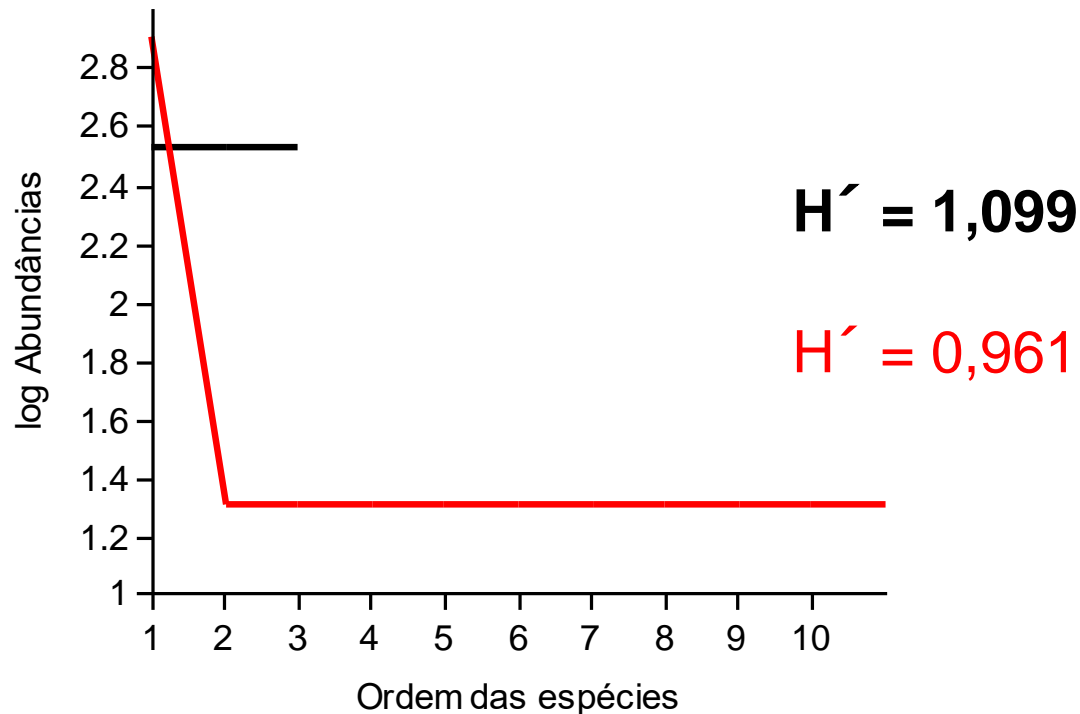
- Diversidade com pesos diferentes às abundâncias das espécies (coeficiente  $q$ )
- $q = 0$ : Riqueza numérica ( $S$ )
- $q \rightarrow 1$ : exponencial do índice de Shannon
- $q = 2$ : inverso do índice de Simpson



M.O. Hill

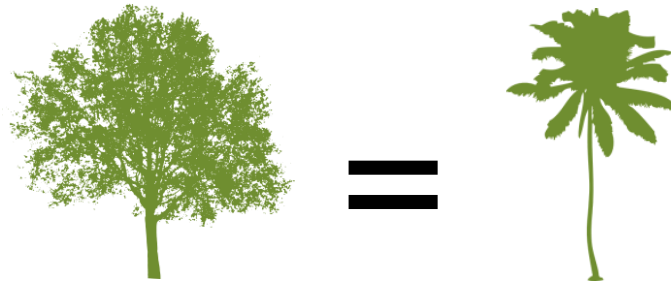
## Índices de diversidade

- Qual índice eu devo usar?
  - depende do objetivo do trabalho e do sistema estudado
  - diversidade não deve ser reduzida a um único índice

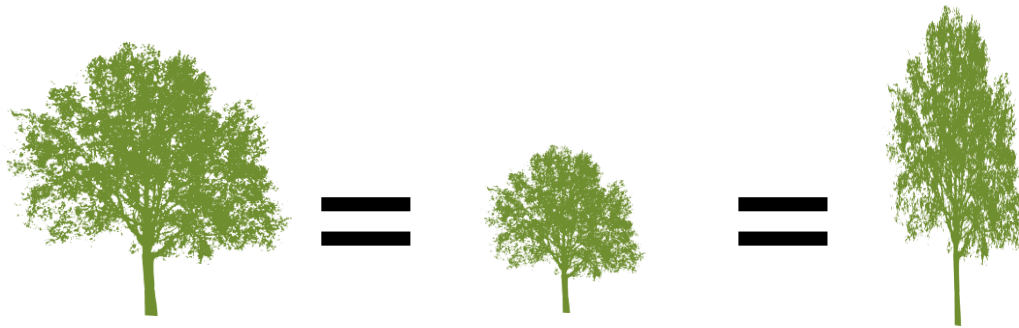


## Limitações dos índices

- Todas as espécies possuem o mesmo peso e função



- Todos os indivíduos são iguais

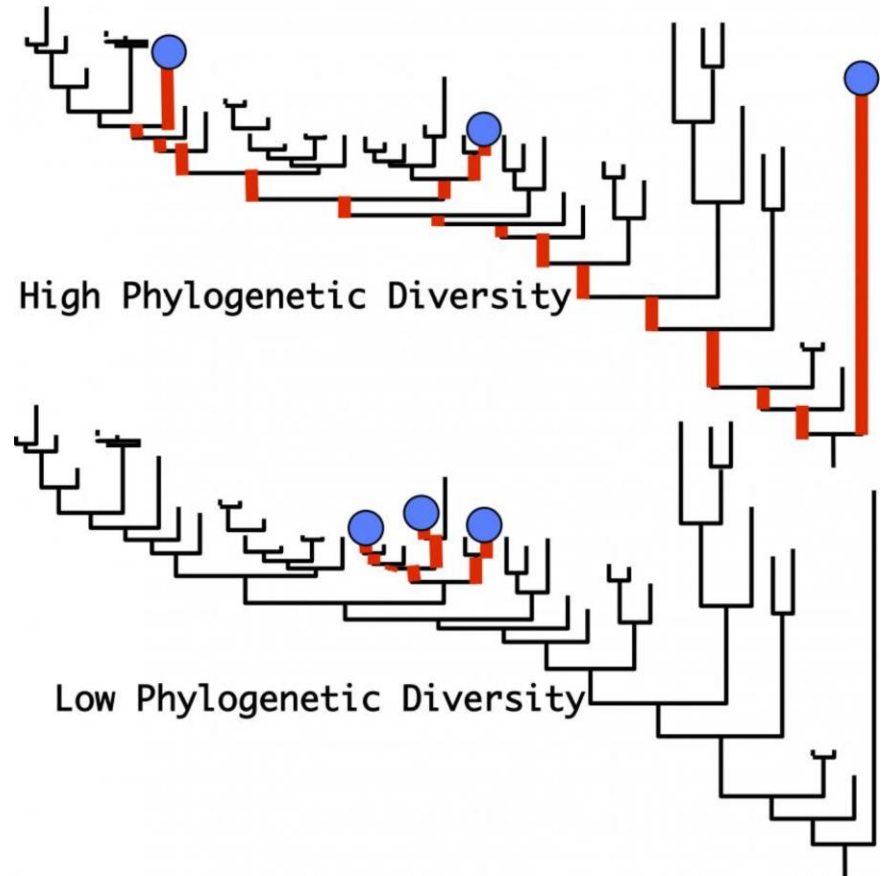




## Outras formas de diversidade

- **Diversidade filogenética (DF)**

- História evolutiva
- DF = soma do comprimento dos ramos da árvore filogenética



# MEDIDAS DE BIODIVERSIDADE

## Outras formas de diversidade

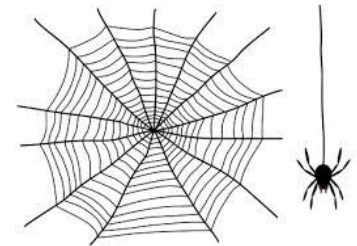
- **Diversidade funcional**

- Atributos morfológicos, fisiológicos, comportamentais, hábitos, síndromes de dispersão e polinização, etc.
- Valores dos atributos: numéricos, categóricos, lógicos
- Necessários dados de abundância e dos atributos das espécies na comunidade

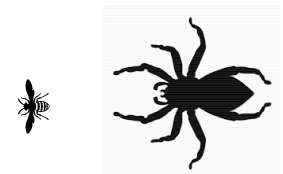
### Atributos morfológicos



### Comportamento



Teia e espera

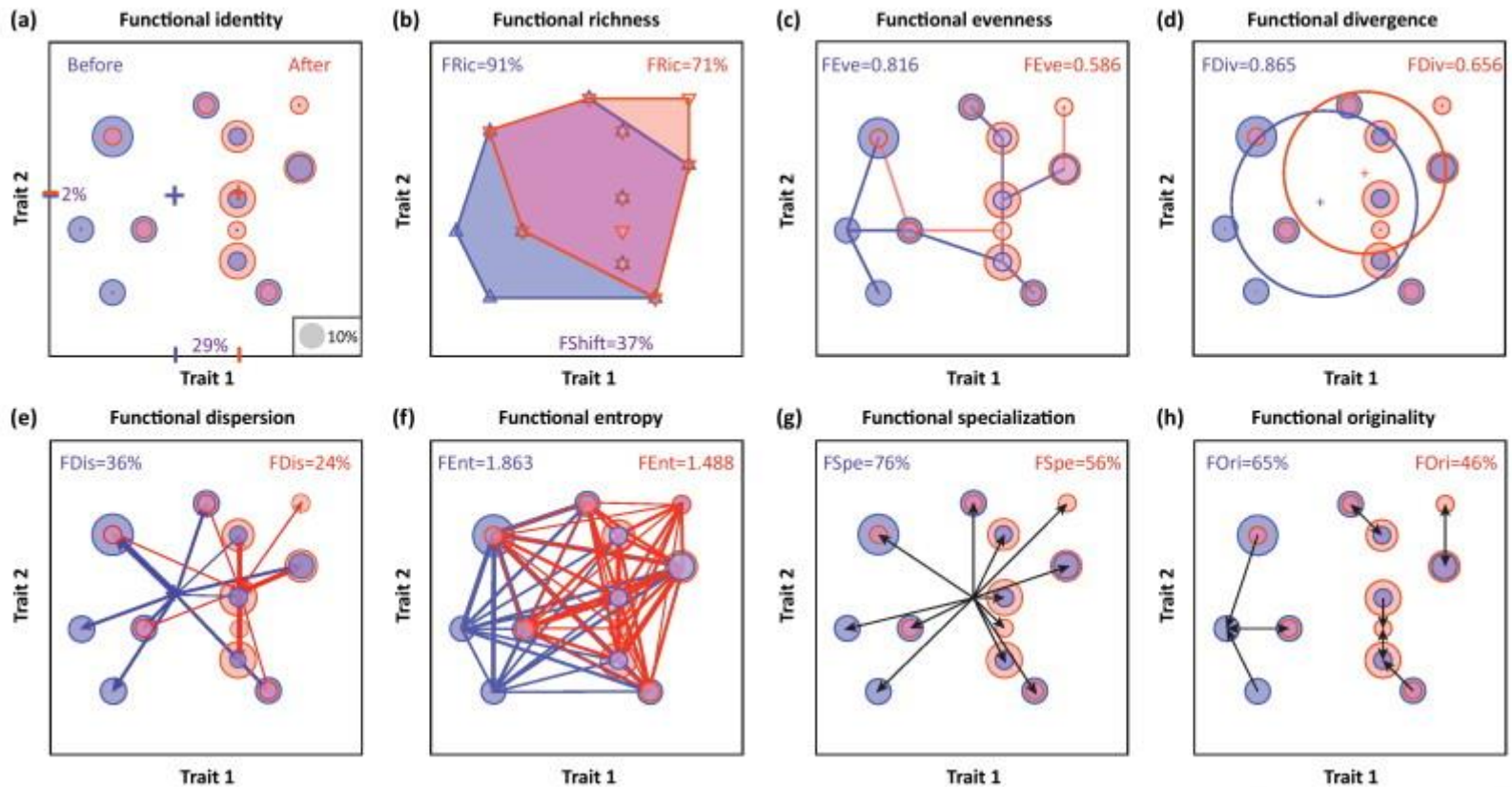


Caçadoras

# MEDIDAS DE BIODIVERSIDADE

## Outras formas de diversidade

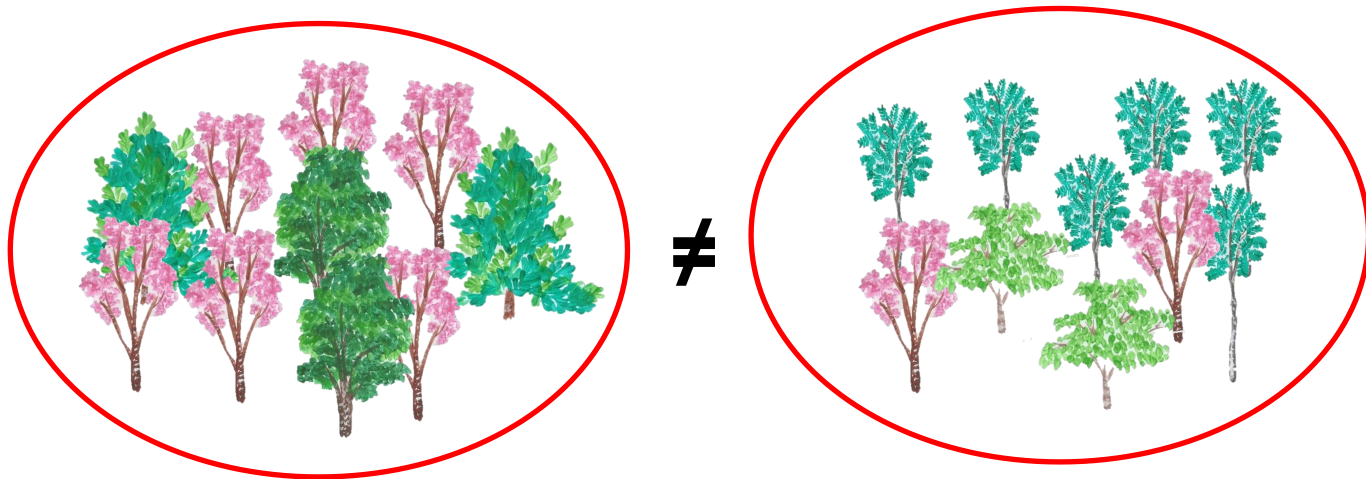
- Métricas de diversidade funcional
  - Várias métricas: FRic, FEve, FDiv, etc.



# MEDIDAS DE BIODIVERSIDADE

## Outras formas de diversidade

- **Diversidade entre comunidades**
  - Diversidade beta: dissimilaridade ou turnover de espécies

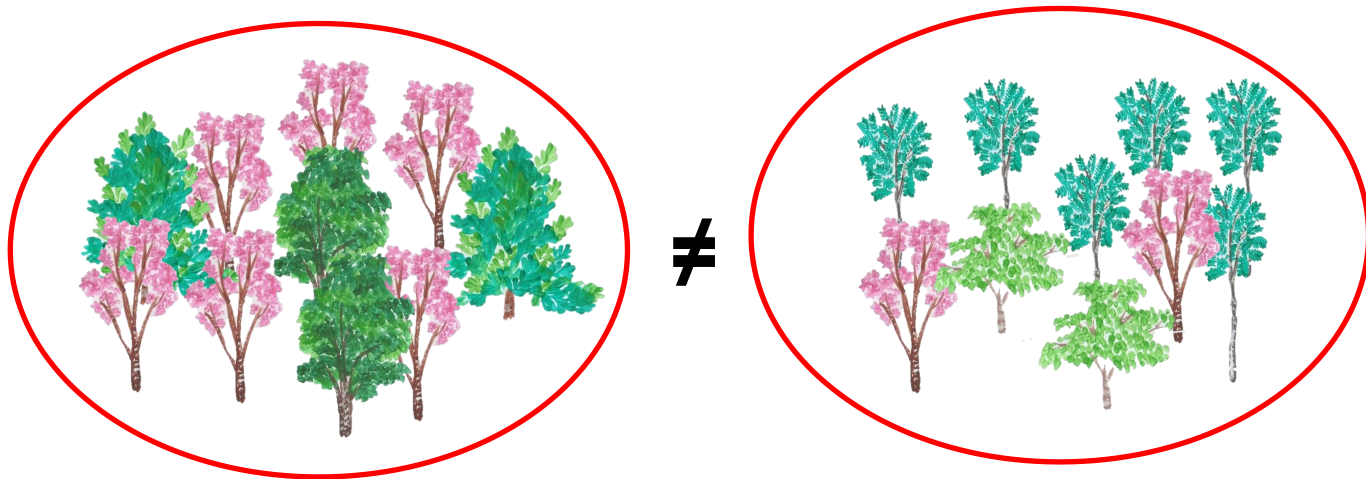


# MEDIDAS DE BIODIVERSIDADE

## Outras formas de diversidade

- **Diversidade beta**

- Comparação de listas de espécies entre comunidades



Espécies exclusivas



Espécie compartilhada



# MEDIDAS DE BIODIVERSIDADE

## Outras formas de diversidade

- **Diversidade beta**

- Vários índices: baseados na presença das espécies

Name of Index, Year, Source	Formula	Range
Dice, 1945 [1]	$\frac{2 \cdot a}{2 \cdot a + b + c}$	0 to 1
Jaccard <sup>2</sup> , 1912 [2]	$\frac{a}{a + b + c}$	0 to 1
Kulezynski1, 1928 [21]	$\frac{a}{b + c}$	0 to inf
Kulezynski2, 1928 [21]	$\frac{(a/2) \cdot (2 \cdot a + b + c)}{(a + b) \cdot (a + c)}$	0 to 1
Simpson, 1960 [3]	$\frac{a}{\min(a + b, a + c)}$	0 to 1
Ochiai <sup>3</sup> , 1957 [4]	$\frac{a}{((a + b) \cdot (a + c))^{1/2}}$	0 to 1
McConnaughey, 1982 [22]	$\frac{a^2 - b \cdot c}{(a + b) \cdot (a + c)}$	-1 to 1
Braun-Blanquet, 1932 [5]	$\frac{a}{\max(a + b, a + c)}$	0 to 1
Sokal & Sneath(2), 1963 [6]	$\frac{a}{a + 2 \cdot b + 2 \cdot c}$	0 to 1

a – espécies compartilhadas  
b – espécies exclusivas da comunidade A  
c – espécies exclusivas da comunidade B

## Outras formas de diversidade

- **Diversidade beta**

- Vários índices: baseados na abundância das espécies

(1) Horn index	Horn (1966)
(2) Morisita–Horn index	Morisita (1959)
(3) Additive (based on Gini–Simpson)	Lande (1996)
(4) Additive (based on entropy)	Lande (1996)
(5) Bray–Curtis	Bray–Curtis (1957)
(6) Percentage Similarity	Renkonen (1938)
(7) Standardized Gower/Euclidean/Minkowski measure	Gower (1971, 1985)
(8) Canberra index	Lance and Williams (1967)
(9) Correlation coefficient	See, for example, Krebs (1999)
(10) Normalized expected species shared (NESS)	Grassle and Smith (1976)
(11) Chao–Jaccard and Chao–Sørensen	Chao et al. (2005)

## Outras formas de diversidade

- **Diversidade beta**

- Comparação de listas de espécies entre comunidades

Tabela 2. Abundâncias de 12 espécies em cinco amostras hipotéticas.

Espécies	Amostras				
	1	2	3	4	5
Espécie 1	9	1	0	2	0
Espécie 2	3	0	4	0	6
Espécie 3	0	1	2	1	0
Espécie 4	4	0	1	9	6
Espécie 5	2	0	0	5	0
Espécie 6	1	0	0	1	0
Espécie 7	1	1	1	0	2
Espécie 8	0	2	0	1	2
Espécie 9	1	0	3	0	2
Espécie 10	0	5	0	3	0
Espécie 11	1	3	5	0	3
Espécie 12	1	0	0	0	2

# MEDIDAS DE BIODIVERSIDADE

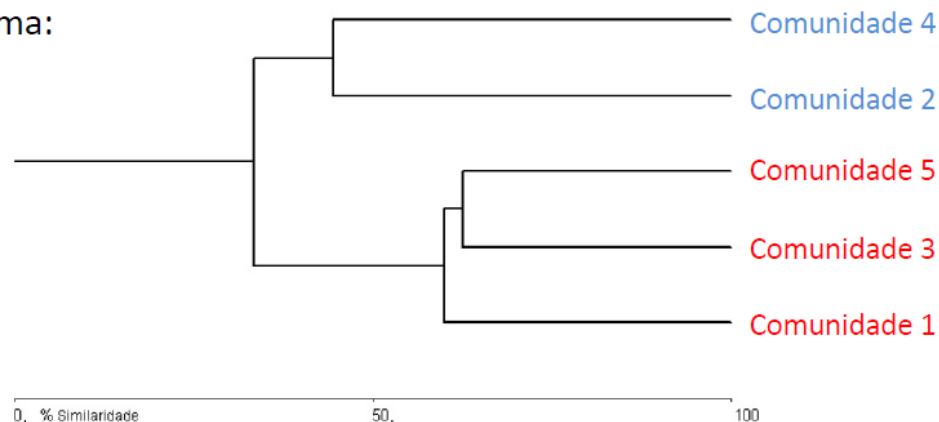
## Outras formas de diversidade

- **Diversidade beta**

- Matriz de similaridade entre comunidade (Jaccard)

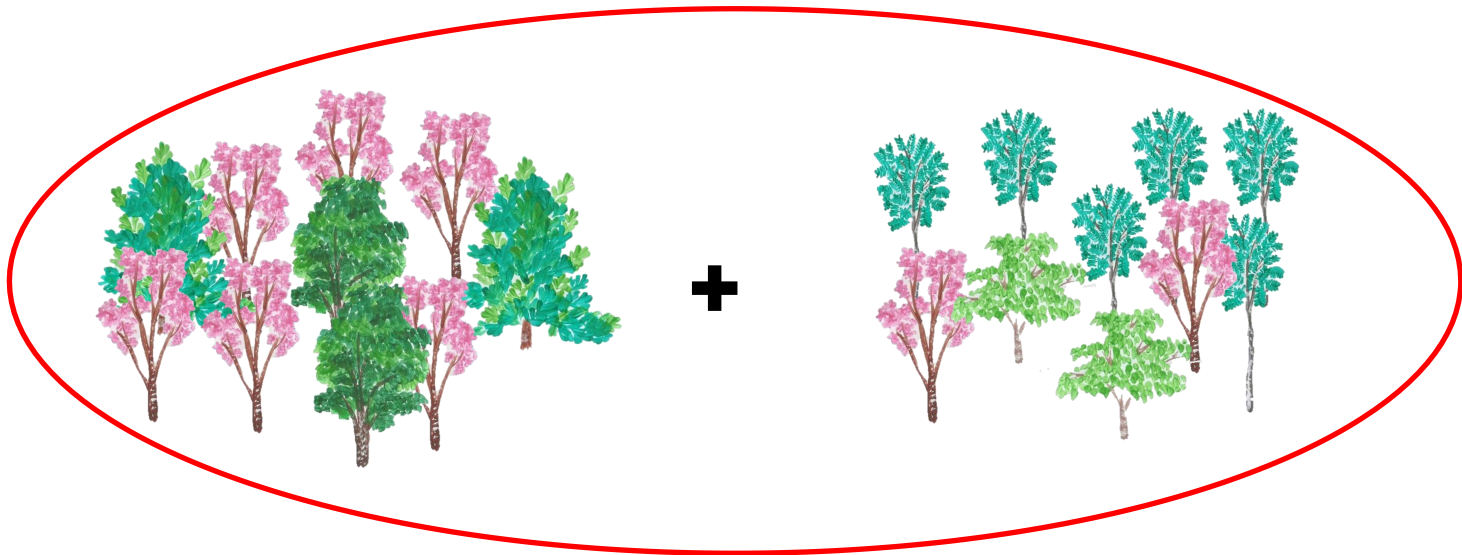
	Comunidade 2	Comunidade 3	Comunidade 4	Comunidade 5
Comunidade 1	0,25	0,50	0,33	0,60
Comunidade 2	-	0,33	0,44	0,30
Comunidade 3	-	-	0,18	0,63
Comunidade 4	-	-	-	0,17
Comunidade 5	-	-	-	-

Dendrograma:



## Outras formas de diversidade

- **Diversidade na paisagem (regional)**
  - Diversidade Gama (pool de espécies)

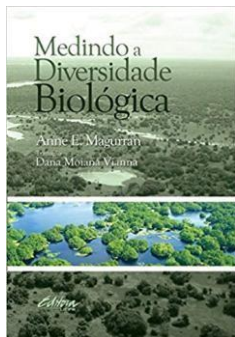
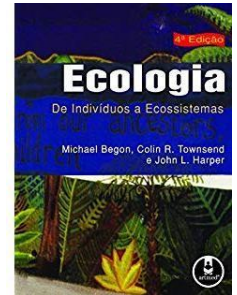




**Finalizando...**

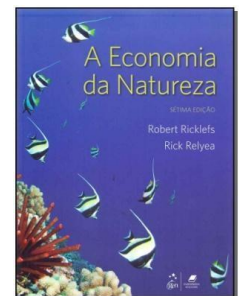
# PARA SABER MAIS...

BEGON, M., TOWNSEND, C.R. & HARPER, J.L. (2007) **Ecologia de Indivíduos a Ecosistemas**. 4ª edição, Artmed, Porto Alegre – Capítulos 16 e 21.



MAGURRAN, A.E. (2004) **Measuring Biological Diversity**. Blackwell Publishing, Oxford, 256 p.

RICKLEFS, R.E. RELYEA, R. (2018) **A Economia da Natureza**. 7ª edição, Guanabara/Koogan, Rio de Janeiro – Capítulo 23.



*Biota Neotrop.*, vol. 9, no. 3

## **Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades**

*Marcus Vinicius Cianciaruso<sup>1,3</sup>, Igor Aurélio Silva<sup>2</sup> & Marco Antônio Batalha<sup>2</sup>*

CIANCIARUSO, M.V., SILVA, I.A. & BATALHA, M.A. **Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades.** *Biota Neotrop.* 9(3):93-103

[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1676-06032009000300008](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1676-06032009000300008)

# LEITURA SUGERIDA



**biotaneotropica**

MELO, A.S. 2008. **O que ganhamos ‘confundindo’ riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade?** Biota Neotrop., 8(3): 21-27

<http://www.biotaneotropica.org.br/v8n3/pt/fullpaper?bn00108032008+pt>

# PARA LEVAR PRA CASA...

- **Biodiversidade:** Variação da vida (genes a ecossistemas) no espaço ou no tempo
- **Biodiversidade:** valores intrínsecos, relacionais (socioculturais) e instrumentais (serviços ecossistêmicos)
- **Determinantes:** produtividade primária, área disponível, diversidade e estabilidade ambiental. e interações ecológicas
- **Gradientes:** latitudinal, altitudinal e temporal
- Diversidade **taxonômica** (alfa e beta), **funcional** e **filogenética**
- Diversidade taxonômica: **riqueza + equabilidade**



## ATIVIDADE PRÁTICA

# ATIVIDADE PRÁTICA

## **Analizando dados de parcelas**

- **Floresta Estacional Semidecidual Montana em Piracaia, São Paulo**
- **6 parcelas de 10x20 m; PAP > 15 cm**



# ATIVIDADE PRÁTICA

## Analizando dados de parcelas

- **Exercício**

- Use a planilha fornecida para obter:

- 1) A densidade e a área basal total por hectare
- 2) A riqueza total da amostra
- 3) A abundância relativa das espécies *Cupania vernalis* e *Cabralea canjerana*.
- 4) O índice de diversidade de Shannon (H) e Simpson (D)

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln(p_i)$$

$$D = \sum_{i=1}^S p_i^2$$