



Diversidade

Ana Silvia Andreu da Fonseca

Christian Ricardo Ribeiro

Vitor Vieira Vasconcelos

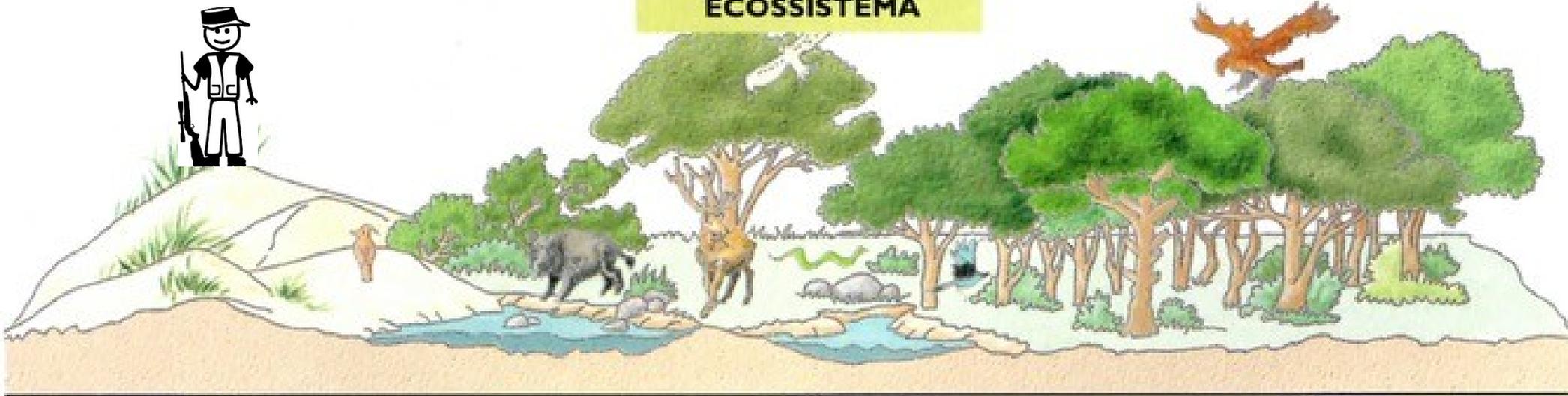
Universidade Federal do ABC
São Bernardo do campo-SP
Fevereiro de 2024

Conteúdo

- Diversidade de sistemas
- Métricas de diversidade
- Biodiversidade
 - Riqueza, equabilidade, diversidade
 - Diversidade filogenética
 - Diversidade funcional
 - Diversidade alfa, beta e gama

O que vocês aprenderam
sobre Biodiversidade na
disciplina de
**“Biodiversidade:
interações entre
organismos e ambiente?”**

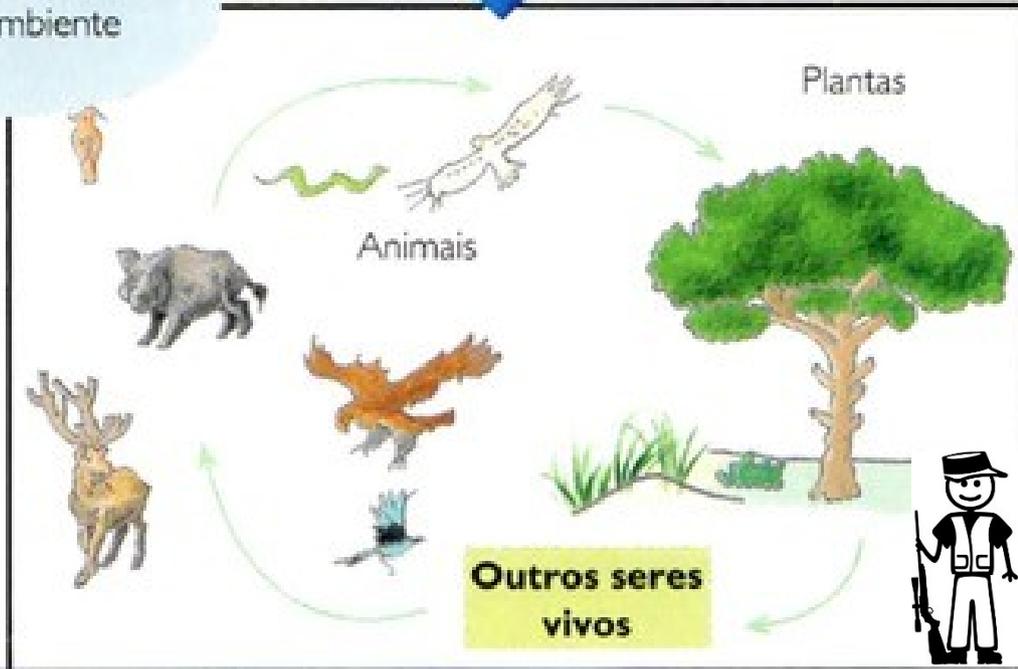
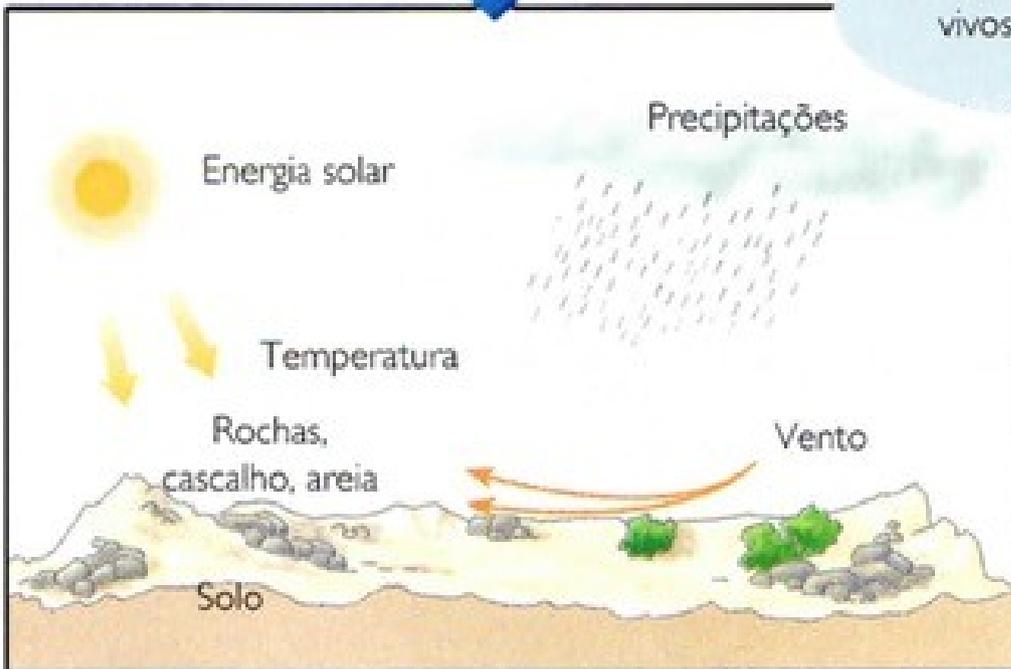
ECOSSISTEMA



BIÓTOPO

COMUNIDADE

Relações entre seres vivos e ambiente



Geodiversidade

Biodiversidade

Extensão da diversidade

Áreas nativas

Áreas agropecuárias

Áreas urbanas

Ecosistemas → Diversidade biológica

Agroecossistemas

Ecosistemas
Urbanos

Geodiversidade

E a sociodiversidade?

Petrișor, A. I. (2012). Comparative critical analysis of the systemic approach to the organization of the environment from the perspective of ecology, geography and spatial. *Geopolitics, History, and International Relations*, 4(2), 289-303.

Porque a diversidade é importante?

- Recursos para sobrevivência de seres humanos e demais seres vivos
 - Alimentos
 - Recursos naturais
 - Saúde
 - Conhecimento
- Riqueza da experiência do mundo
- Valor intrínseco de cada ser vivo

Primeira etapa de um diagnóstico territorial

- Inventário
 - Que elementos nós temos em um território?
 - Quais são os processos (ligações) entre esses elementos?
- Quão complexo (diverso) é esse sistema?

Biodiversidade

- Já foram identificadas 1,75 milhões de espécies
- Estima-se que o planeta tenha em torno de 11 milhões de espécies

Larsen, Brendan B.; Miller, Elizabeth C.; Rhodes, Matthew K.; Wiens, John J. (September 2017). "Inordinate Fondness Multiplied and Redistributed: the Number of Species on Earth and the New Pie of Life". *The Quarterly Review of Biology*. 92 (3): 229–265.
doi:10.1086/693564. ISSN 0033-5770

Diversidade

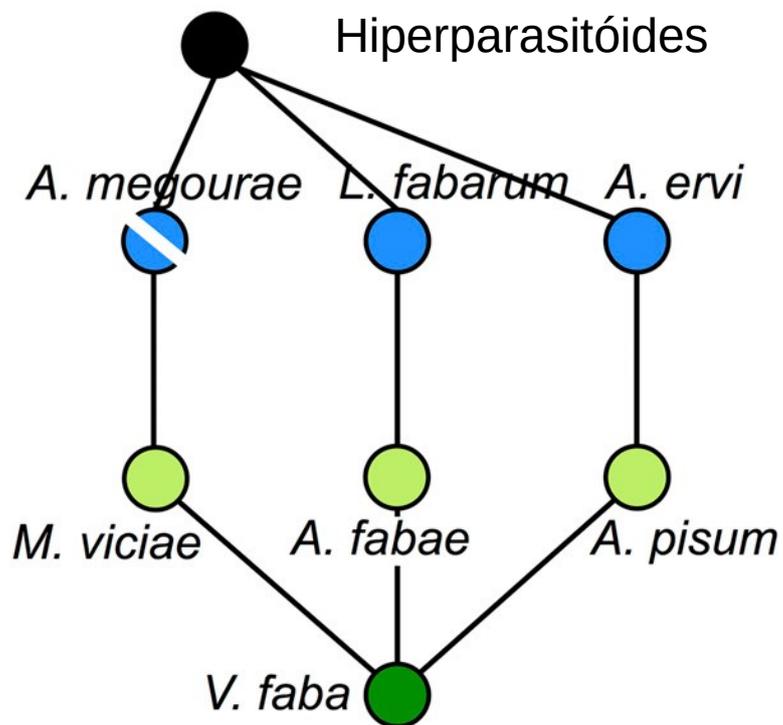
- Ecossistemas mais diversos teriam maior **redundância funcional**, sendo mais estáveis frente a impactos
 - Menos vulneráveis a impactos
 - Mais resilientes – recuperação após impactos
 - Melhor adaptação a novos ambientes

Elementos diferentes, mas que podem realizar os mesmos processos

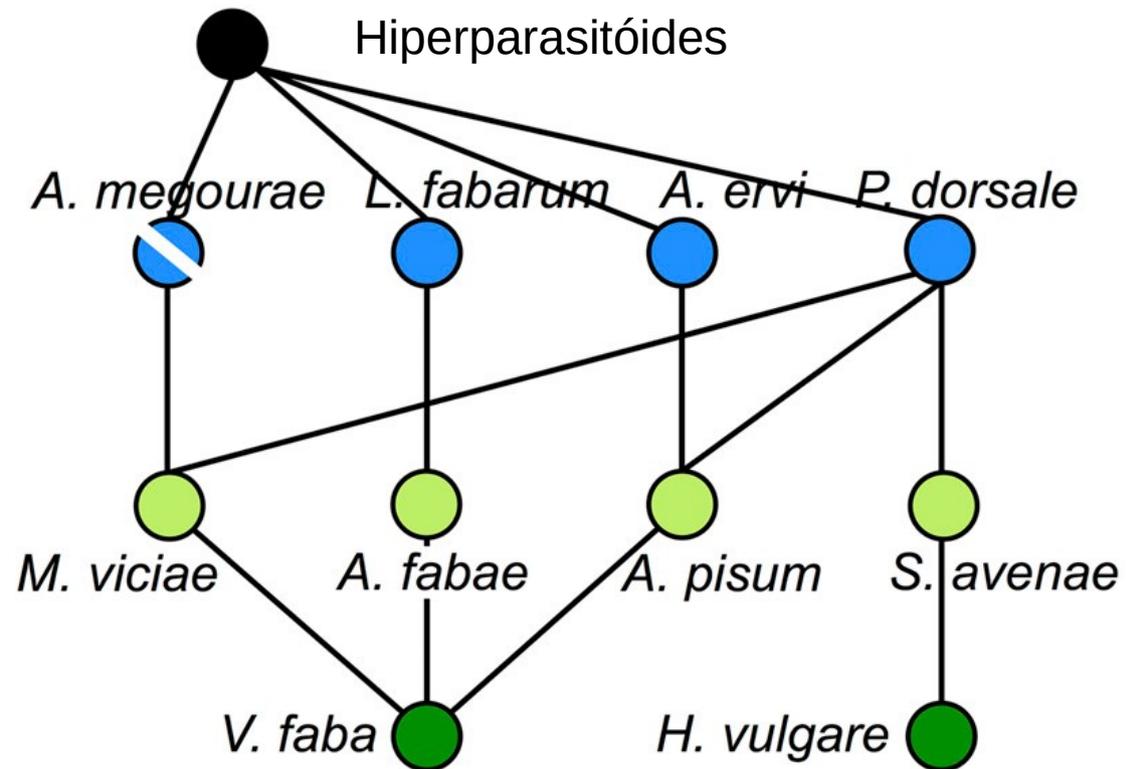
BERKES, Fikret; COLDING, Johan; FOLKE, Carl (Ed.). **Navigating social-ecological systems: building resilience for complexity and change**. Cambridge university press, p. 83-114, 2003.

NORBERG, Jon et al. Diversity and resilience of social-ecological systems. In: NORBERG, Jon; CUMMING, Graeme. **Complexity theory for a sustainable future**. Columbia University Press, p. 46-80, 2008.

Sistema sem redundância



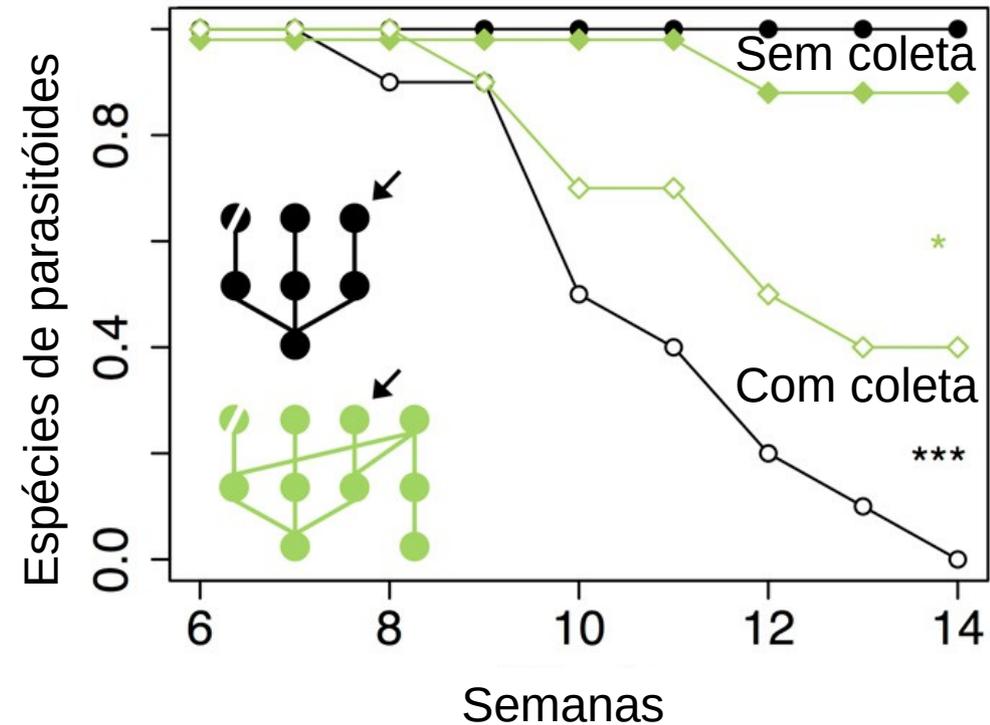
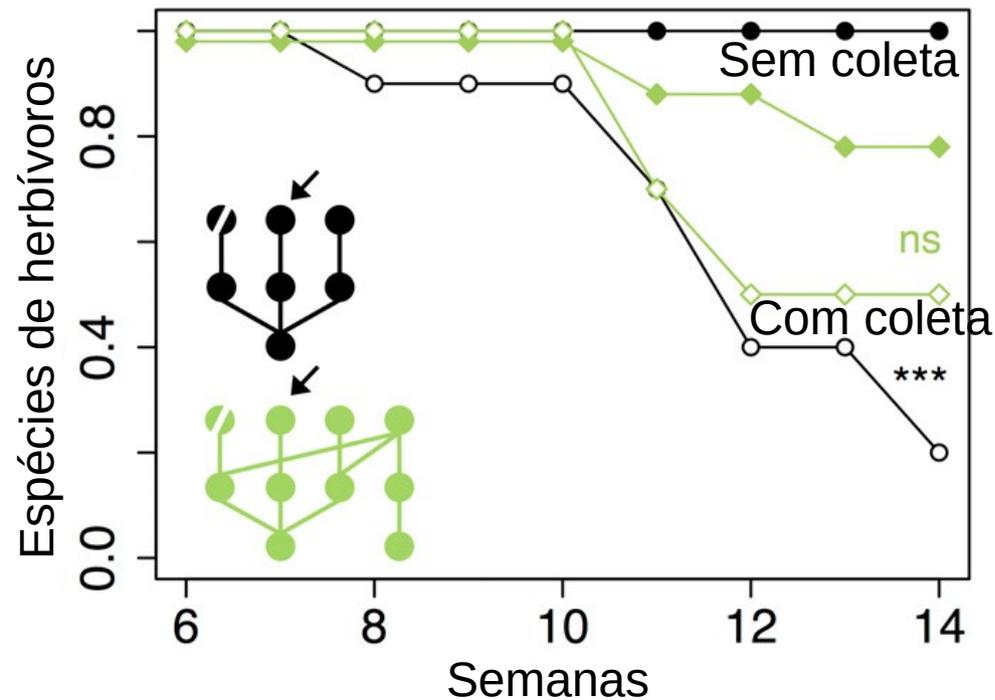
Sistema com redundância



SANDERS, Dirk et al. Trophic redundancy reduces vulnerability to extinction cascades. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 115, n. 10, p. 2419-2424, 2018.

Herbívoros

Parasitóides (alimentam-se de herbívoros)



SANDERS, Dirk et al. Trophic redundancy reduces vulnerability to extinction cascades. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 115, n. 10, p. 2419-2424, 2018.

Diversidade

- Agricultura
 - Áreas com maior diversidade tem menor expansão de pragas e têm mais polinizadores
- Geossistemas
 - Sistemas complexos podem prover recursos naturais alternativos caso algum falte
- Sociedade
 - Diversidade de perspectivas e conhecimentos auxilia no diálogo para lidar com impactos e mudanças

Gray, M. (2011). Other nature: geodiversity and geosystem services. *Environmental Conservation*, 38(3), 271-274.

GURR, Geoff M.; WRATTEN, Stephen D.; SNYDER, William E. (Ed.). **Biodiversity and insect pests: key issues for sustainable management**. John Wiley & Sons, 2012.

NICHOLLS, Clara I.; ALTIERI, Miguel A. Plant biodiversity enhances bees and other insect pollinators in agroecosystems. A review. **Agronomy for Sustainable development**, v. 33, p. 257-274, 2013.

NORBERG, Jon et al. Diversity and resilience of social-ecological systems. In: NORBERG, Jon; CUMMING, Graeme. **Complexity theory for a sustainable future**. Columbia University Press, p. 46-80, 2008.

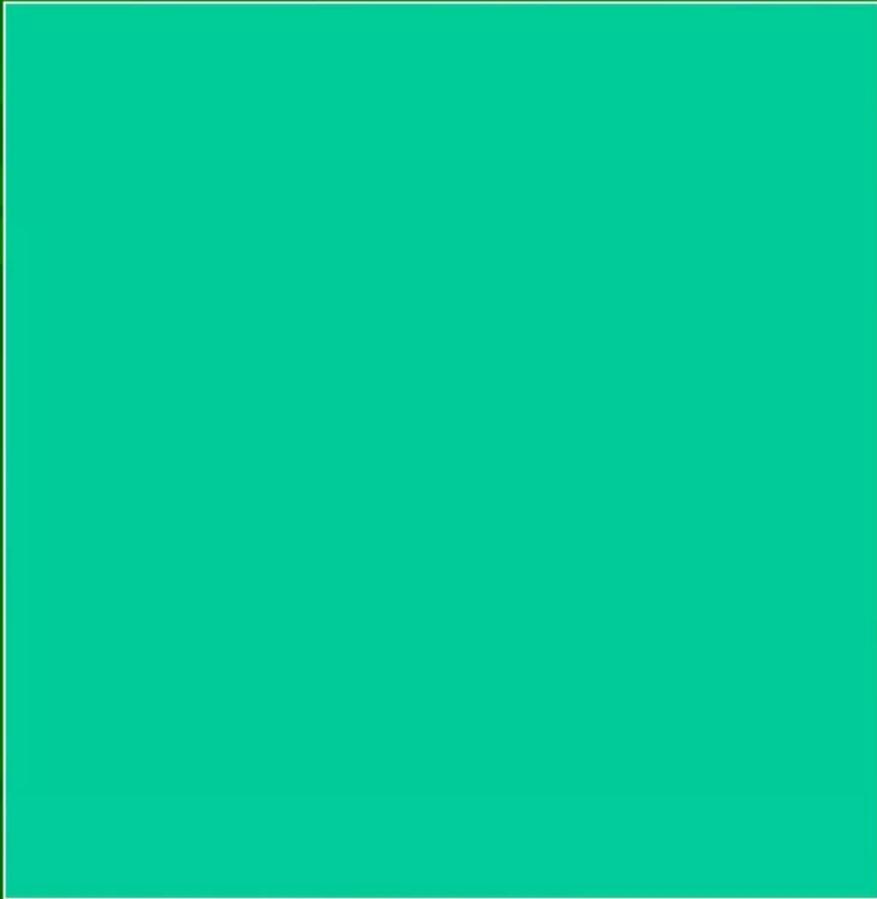
Qual dessas paisagens possui maior diversidade?



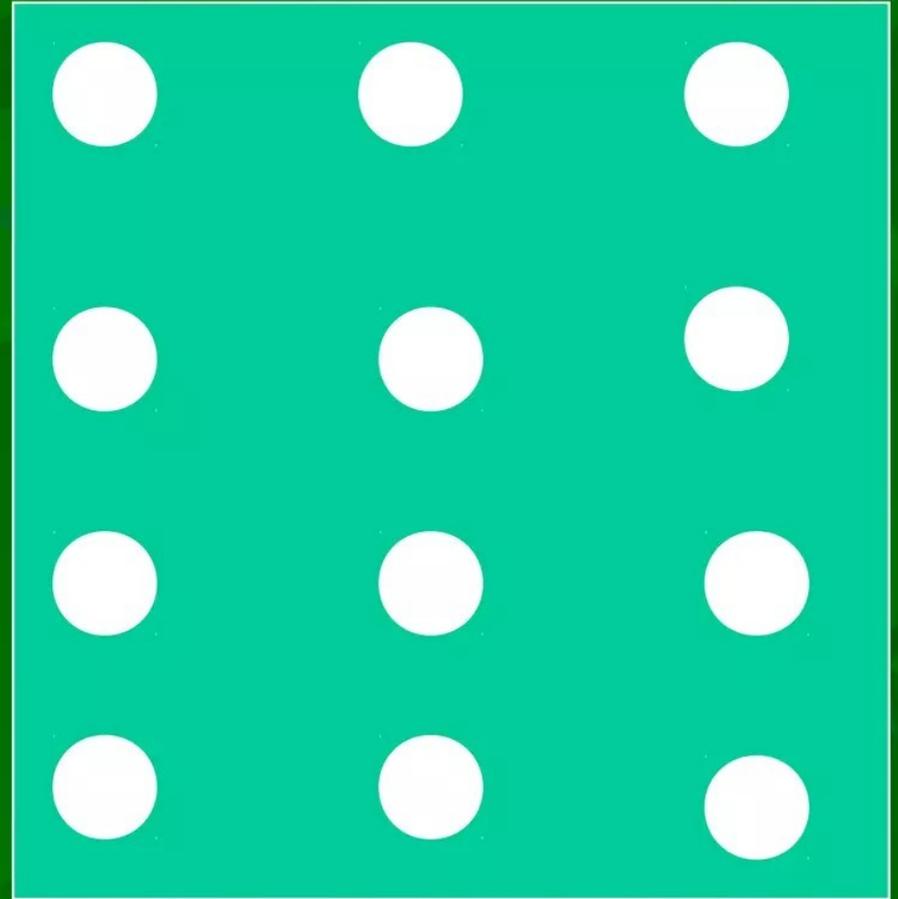
Qual dessas paisagens possui maior diversidade?



Qual dessas paisagens possui maior diversidade?

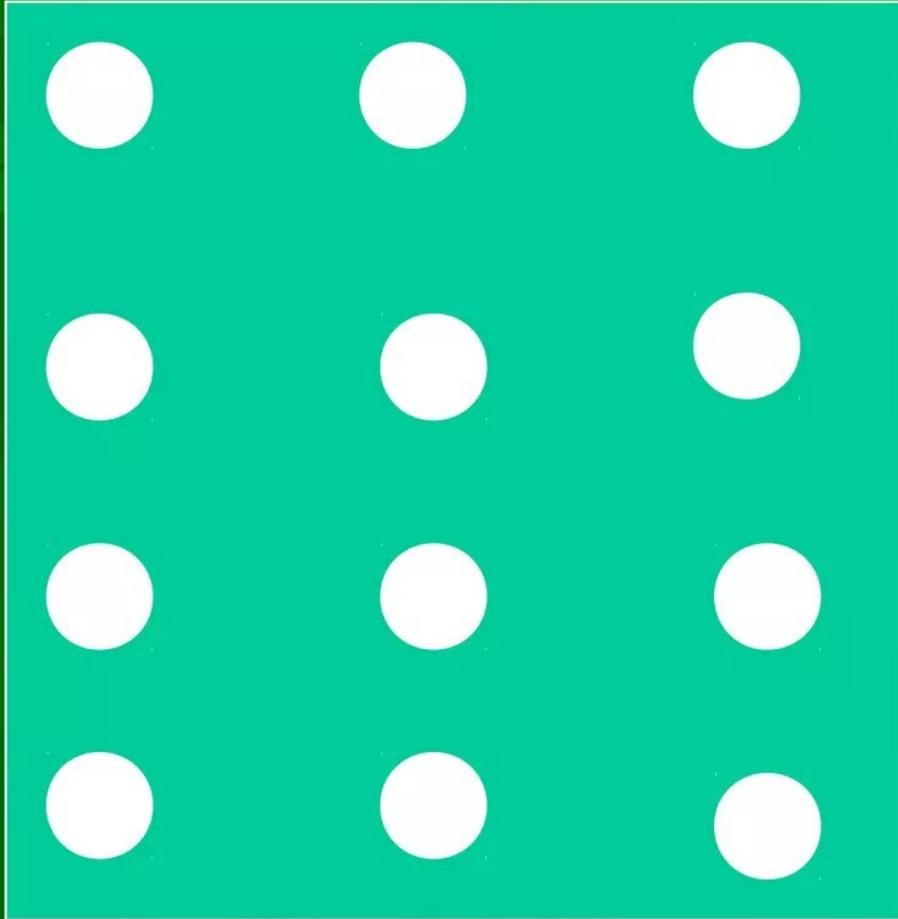


A

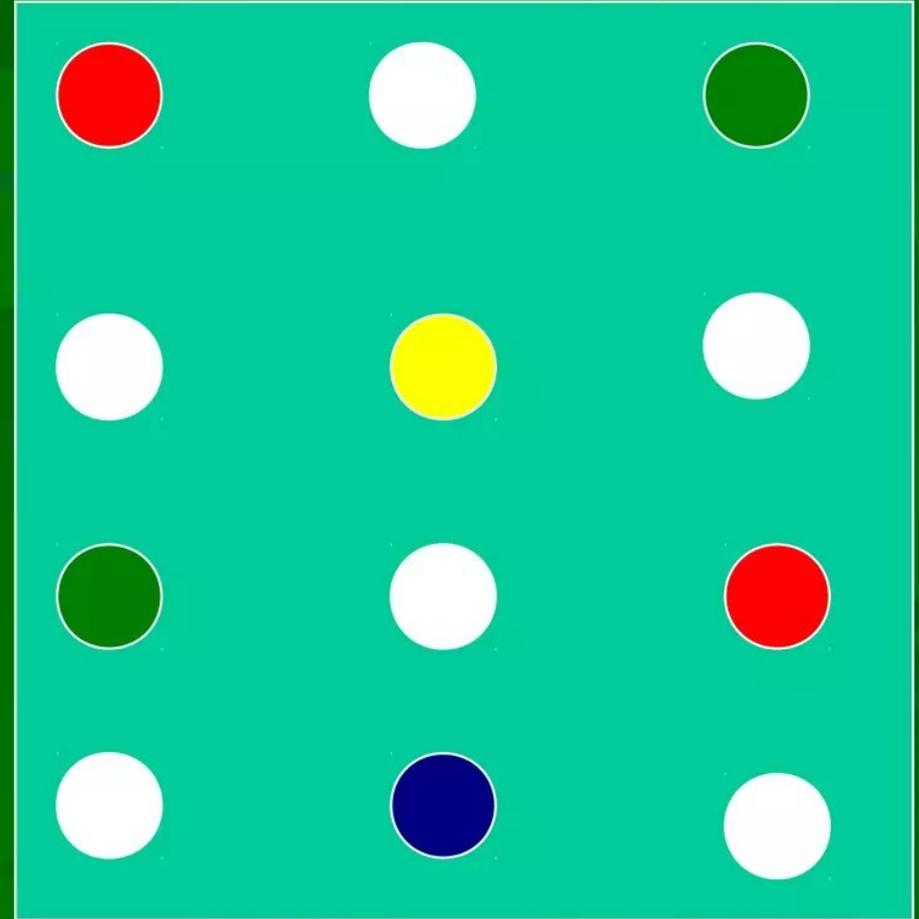


B

Qual dessas paisagens possui maior diversidade?

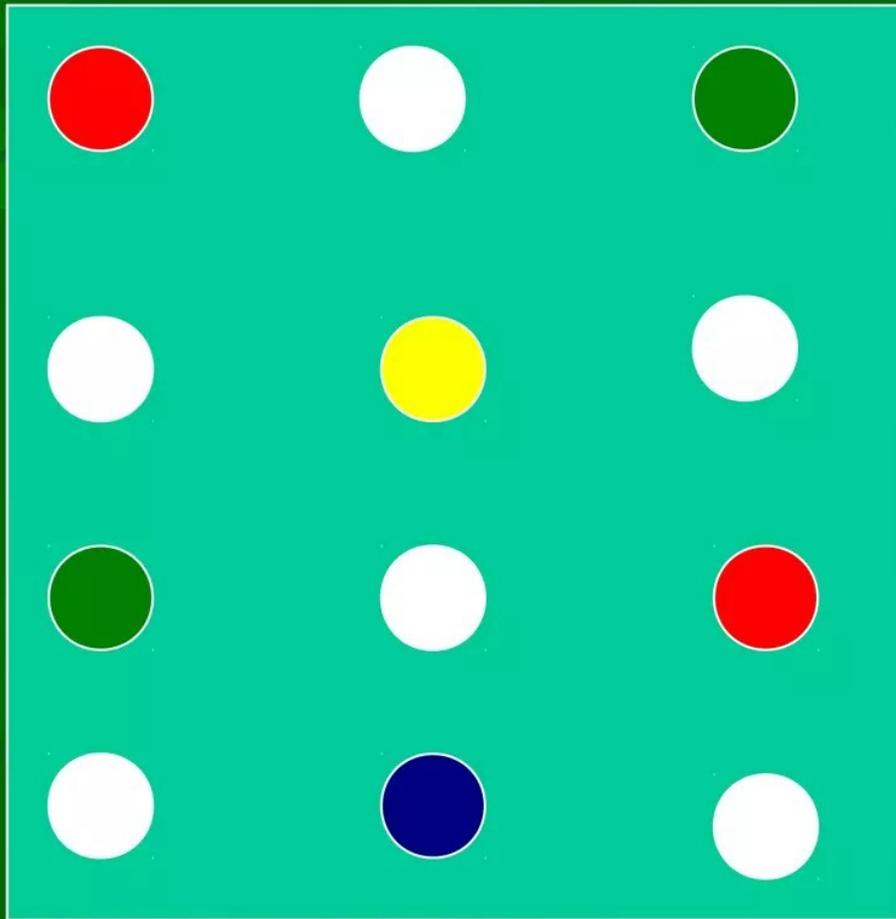


A

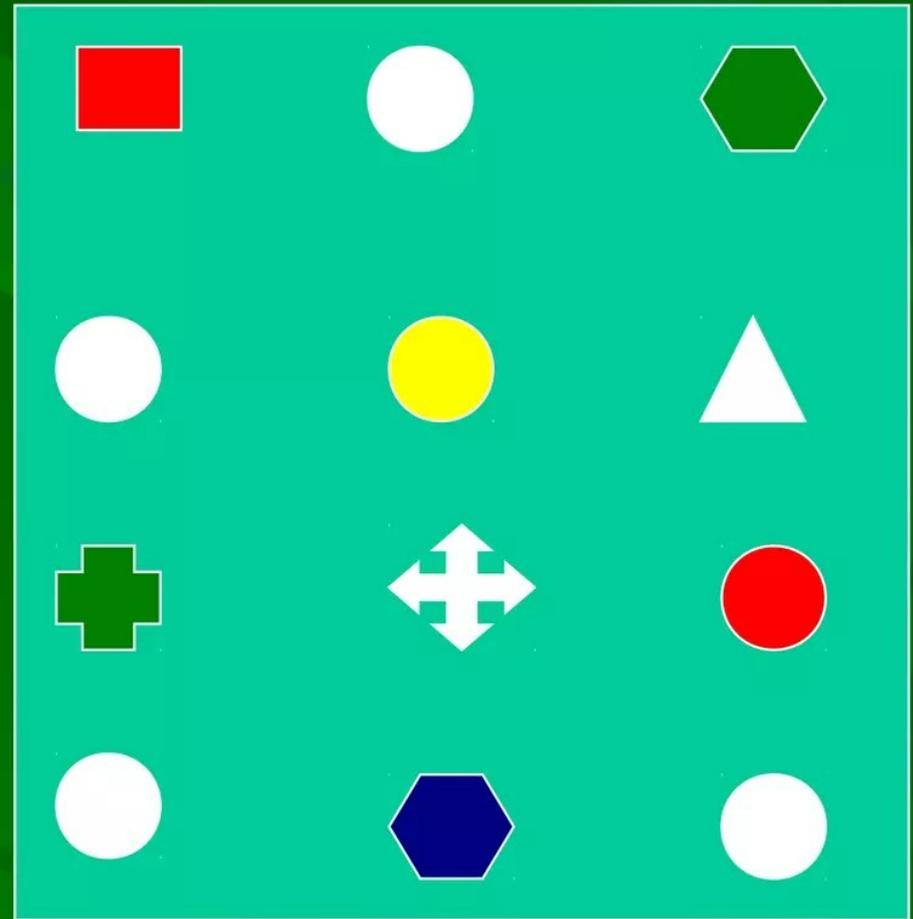


B

Qual dessas paisagens possui maior diversidade?

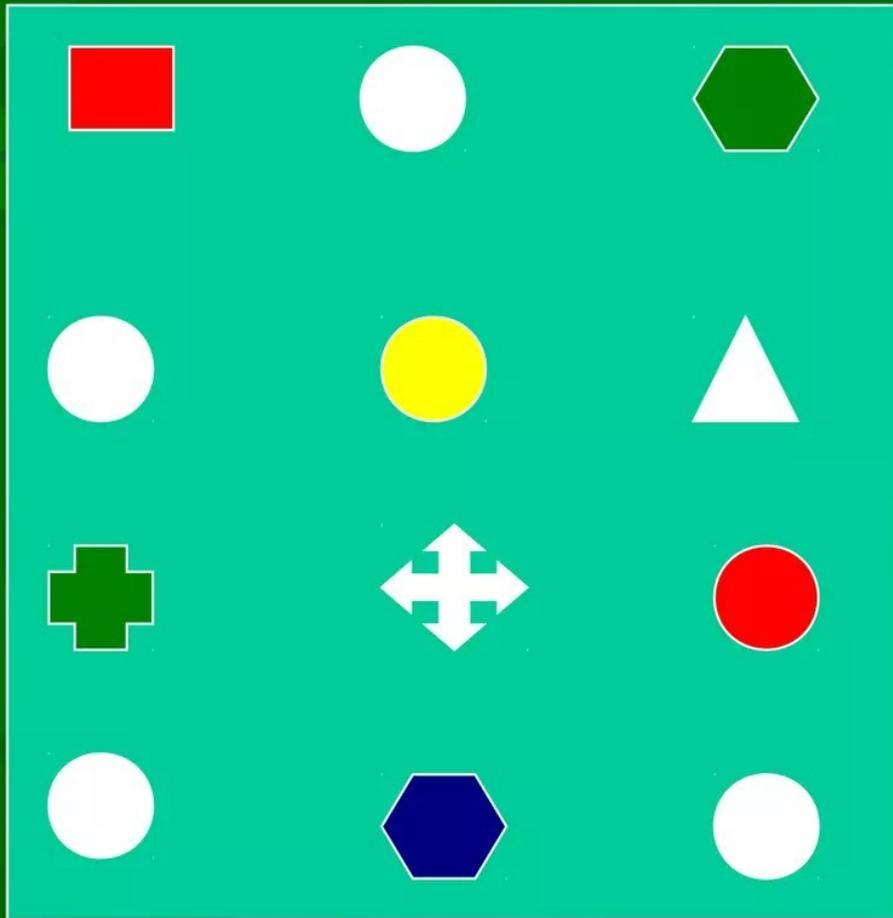


A

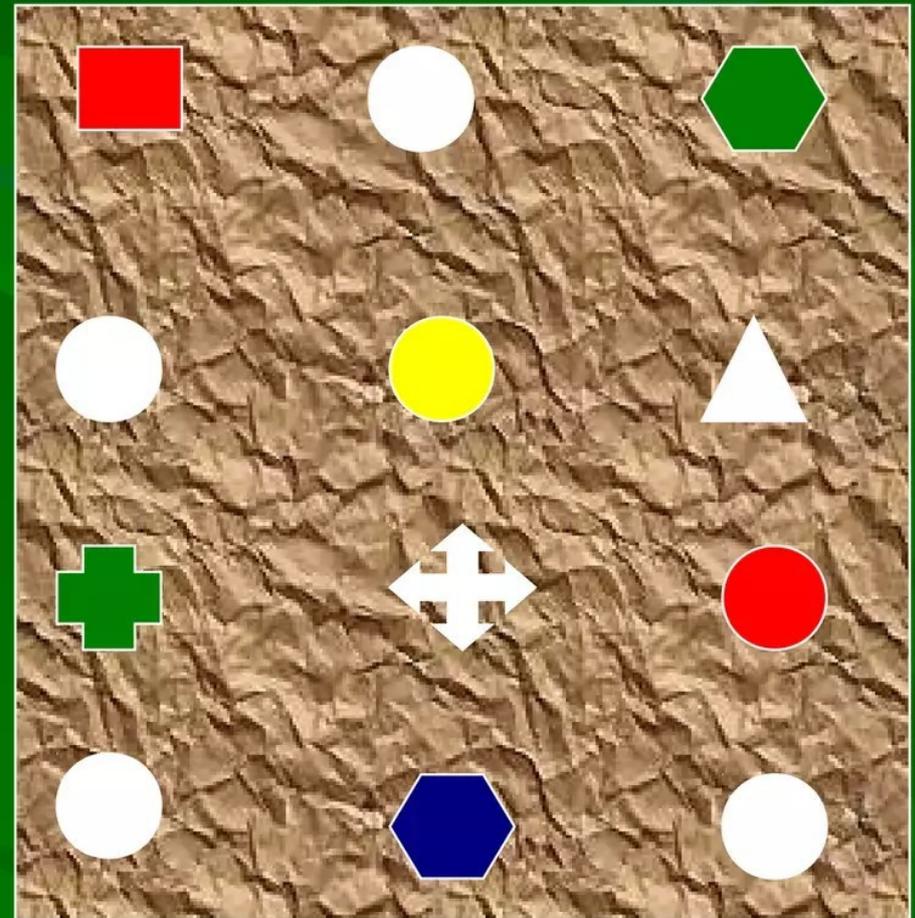


B

Qual dessas paisagens possui maior diversidade?



A



B

Tipos de Biodiversidade



Genética

Espécies

Ecossistemas

Dimensões da biodiversidade

| Escalas | Componentes | Padrões | Processos |
|--------------------|----------------------------|---------------------------------------|---|
| <i>Genes</i> | Estrutura do DNA | Variabilidade do DNA da comunidade | Mutações e cruzamentos |
| <i>Espécies</i> | Composição das comunidades | Distribuição das espécies | Dinâmica demográfica |
| <i>Ecosystemas</i> | Tipos de ecossistemas | Estruturação interna dos ecossistemas | Relações entre espécies e recursos naturais |
| <i>Paisagens</i> | Tipos de paisagem | Padrões de paisagens | Dinâmica de paisagens |

Biodiversidade genética



Biodiversidade genética



Biodiversidade genética

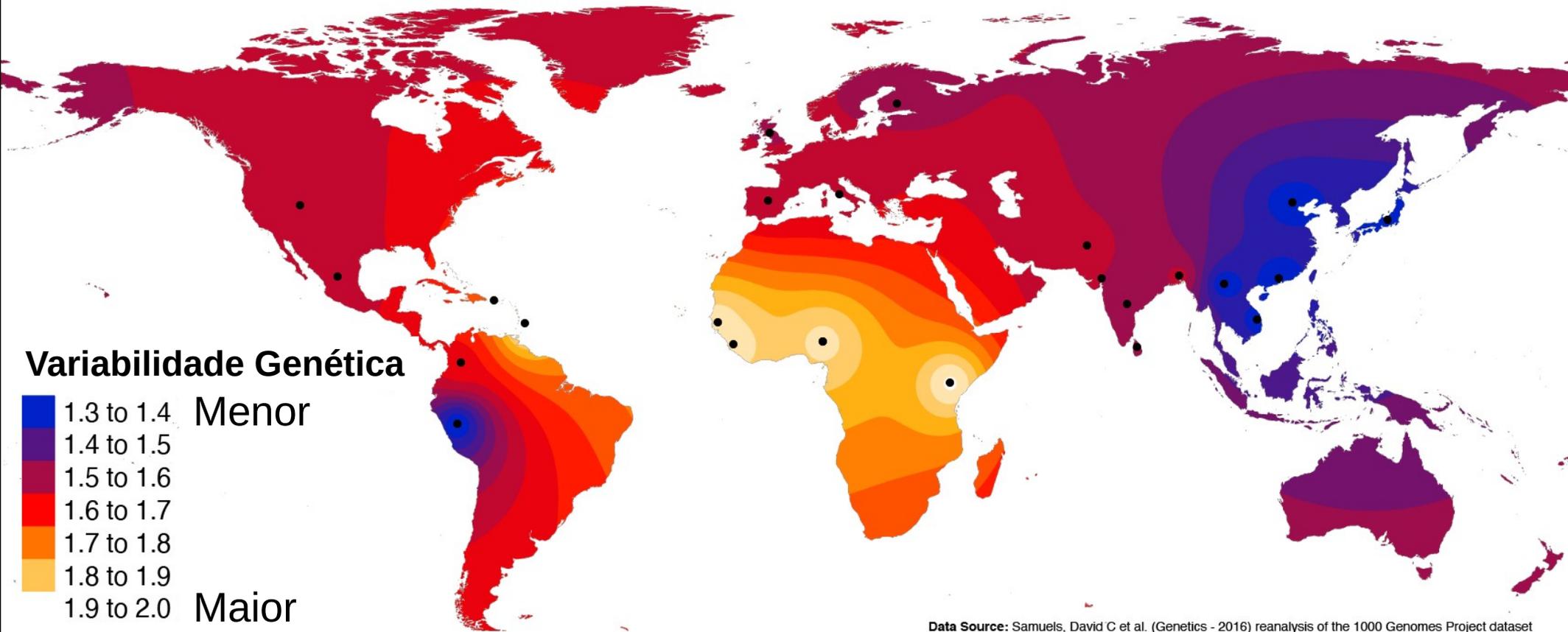


Biodiversidade genética



Biodiversidade genética

Diversidade genética humana global



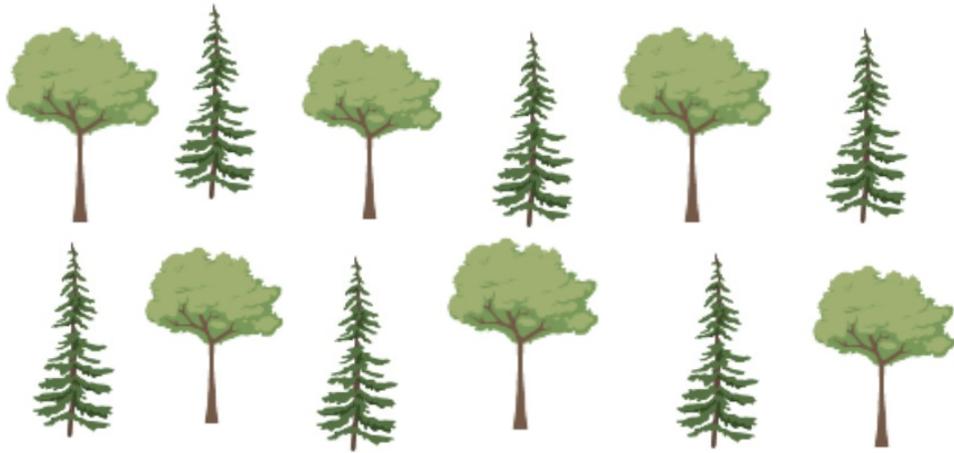
Como medir a diversidade?

| Áreas de conhecimento | Métodos |
|------------------------------|-------------------------------------|
| Ecologia | Índices de riqueza/equabilidade |
| | Diversidade alpha, beta e gamma |
| Geociências | Mapeamento de diversidade de kernel |
| Ciências sociais | Índices de segregação |

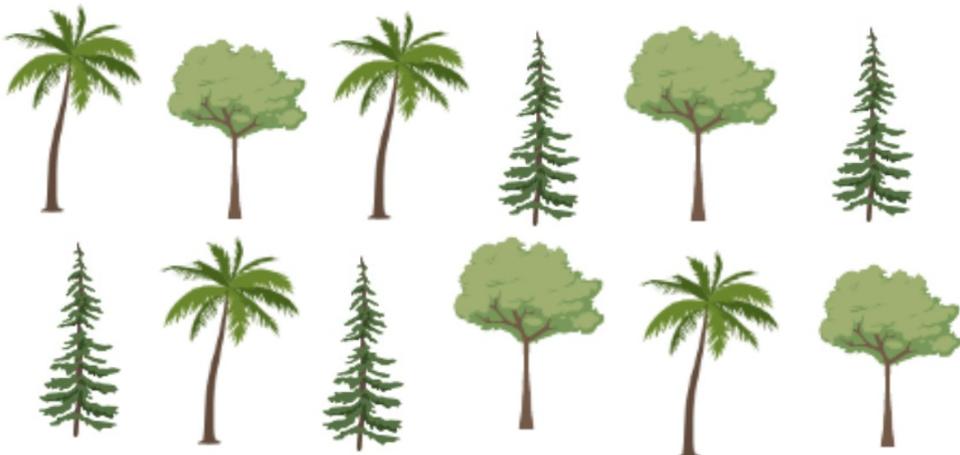
Qual dessas paisagens é mais diversa?

Riqueza

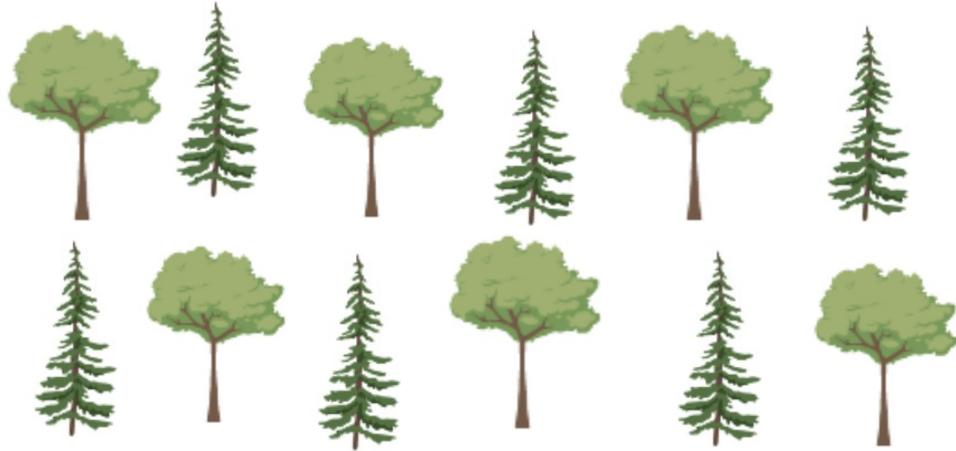
2 espécies



3 espécies



Quais dessas paisagens são mais diversas?



2 espécies

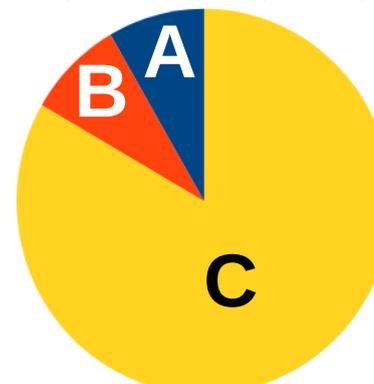
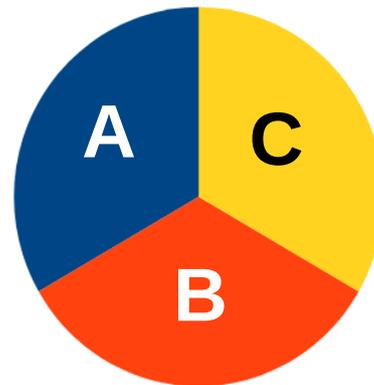
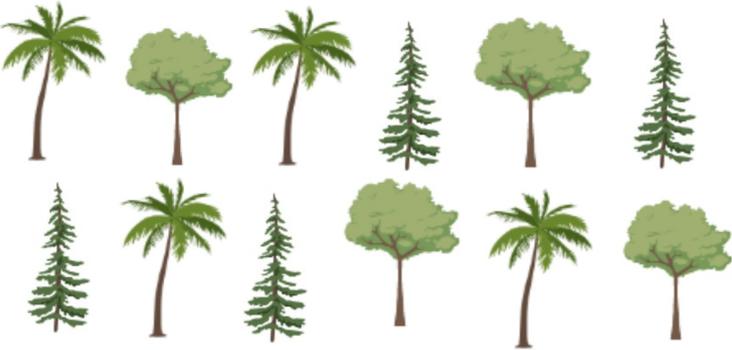
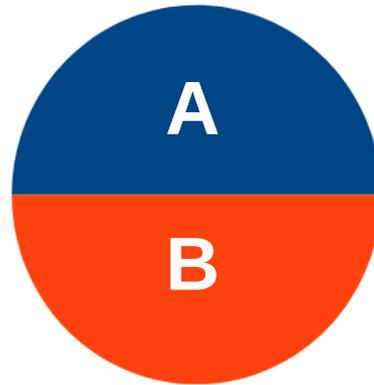
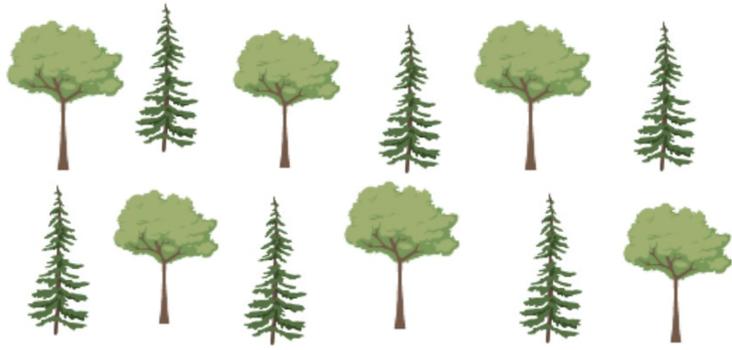


3 espécies



3 espécies

Equabilidade e Dominância



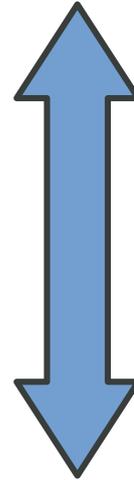
Maior
equabilidade

Menor
equabilidade
(dominância da
espécie C)

Índice de Equabilidade de Shannon

Teoria da informação, derivada da teoria de sistemas

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



1 – Máximo de equabilidade

0 – Mínimo de equabilidade

onde

p = proporção da abundância de uma espécie em relação à abundância total

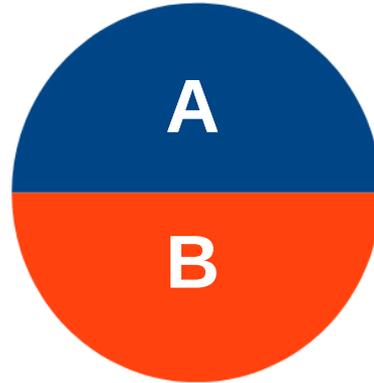
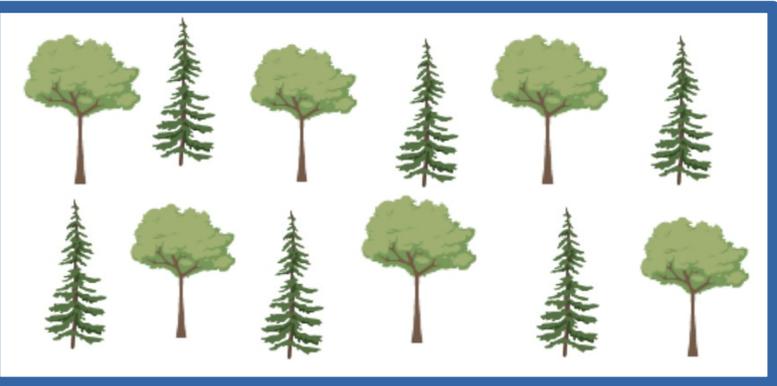
s = número de espécies

$$p = n/S$$

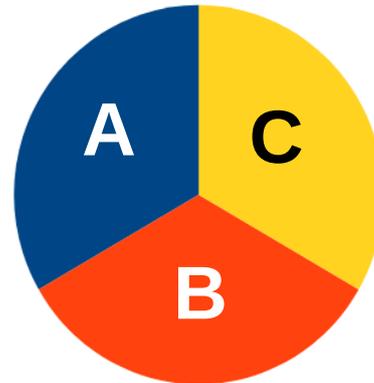
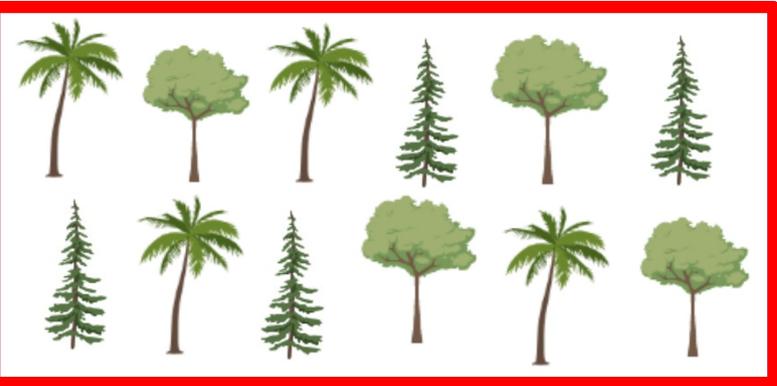
n = abundância da espécie

S = abundância total

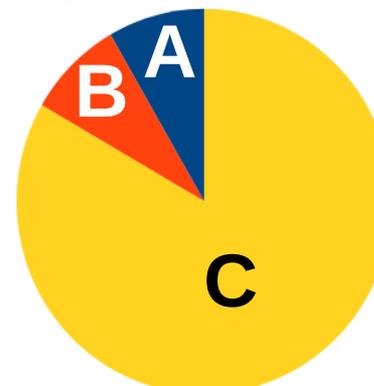
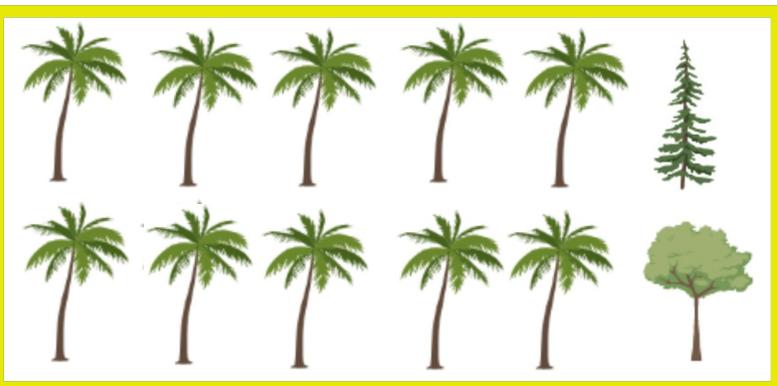
Equabilidade (Shannon)



1



1



0,52

Índices de Biodiversidade

- Shannon

- Combina riqueza com equitabilidade

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

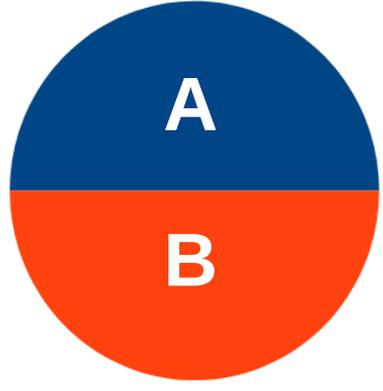
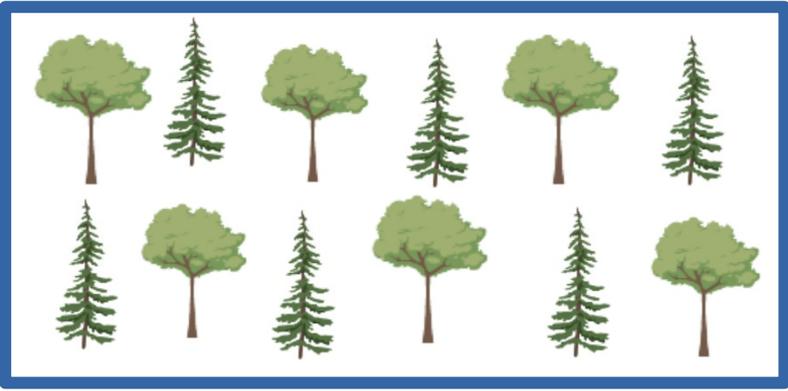
onde

p = proporção da abundância de uma espécie em relação à abundância total

s = número de espécies

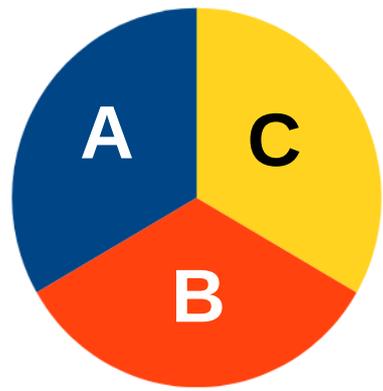
Índices de Shannon

Equabilidade Diversidade



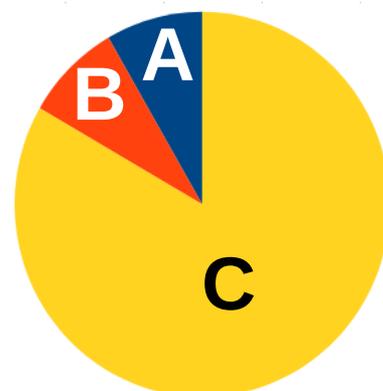
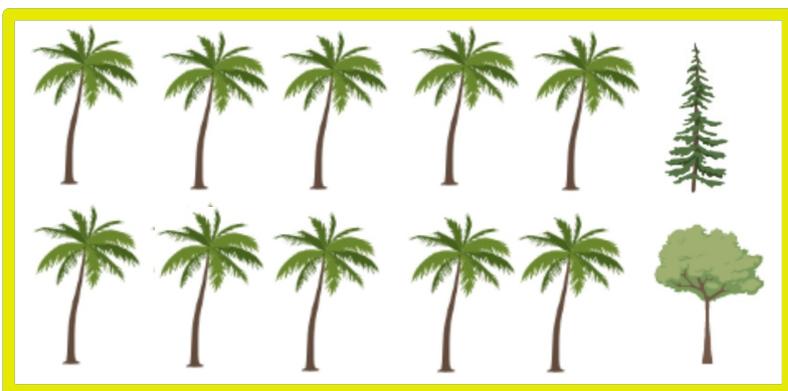
1

0,69



1

1,1



0,52

0,57

Índices de Biodiversidade

- Simpson

- Probabilidade de escolher dois espécimes, aleatoriamente, e eles serem de espécies diferentes
- Mais importância para abundância do que o índice de Shannon

$$1 - \sum p^2$$

Onde

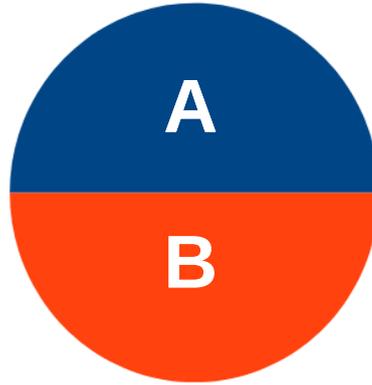
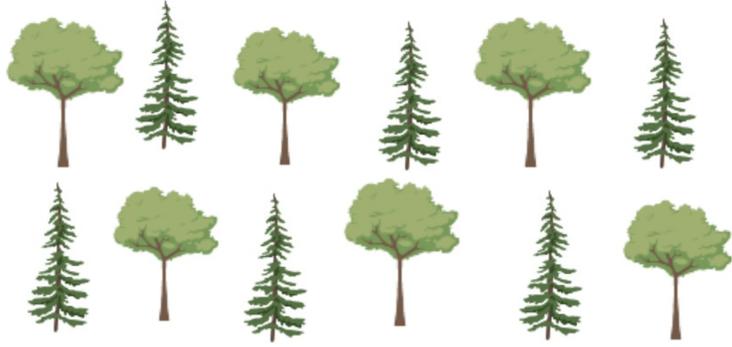
p = proporção da abundância de uma espécie em relação à abundância total

Equabilidade
(Shannon)

Diversidade

Shannon

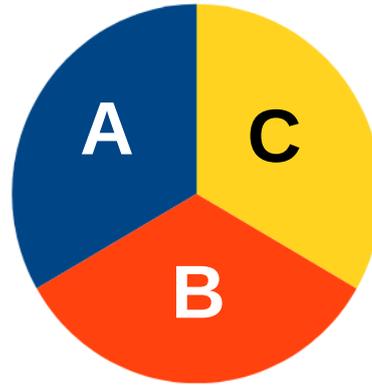
Simpson



1

0,69

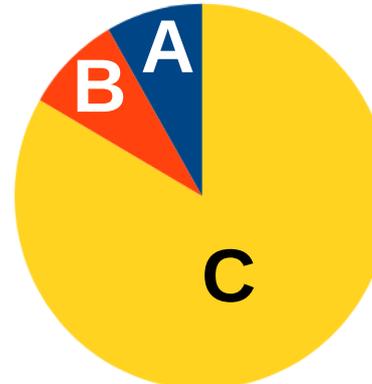
0,5



1

1,1

0,67



0,52

0,57

0,29

Séries de Hill

$$(\sum p^a)^{1/(1-a)}$$

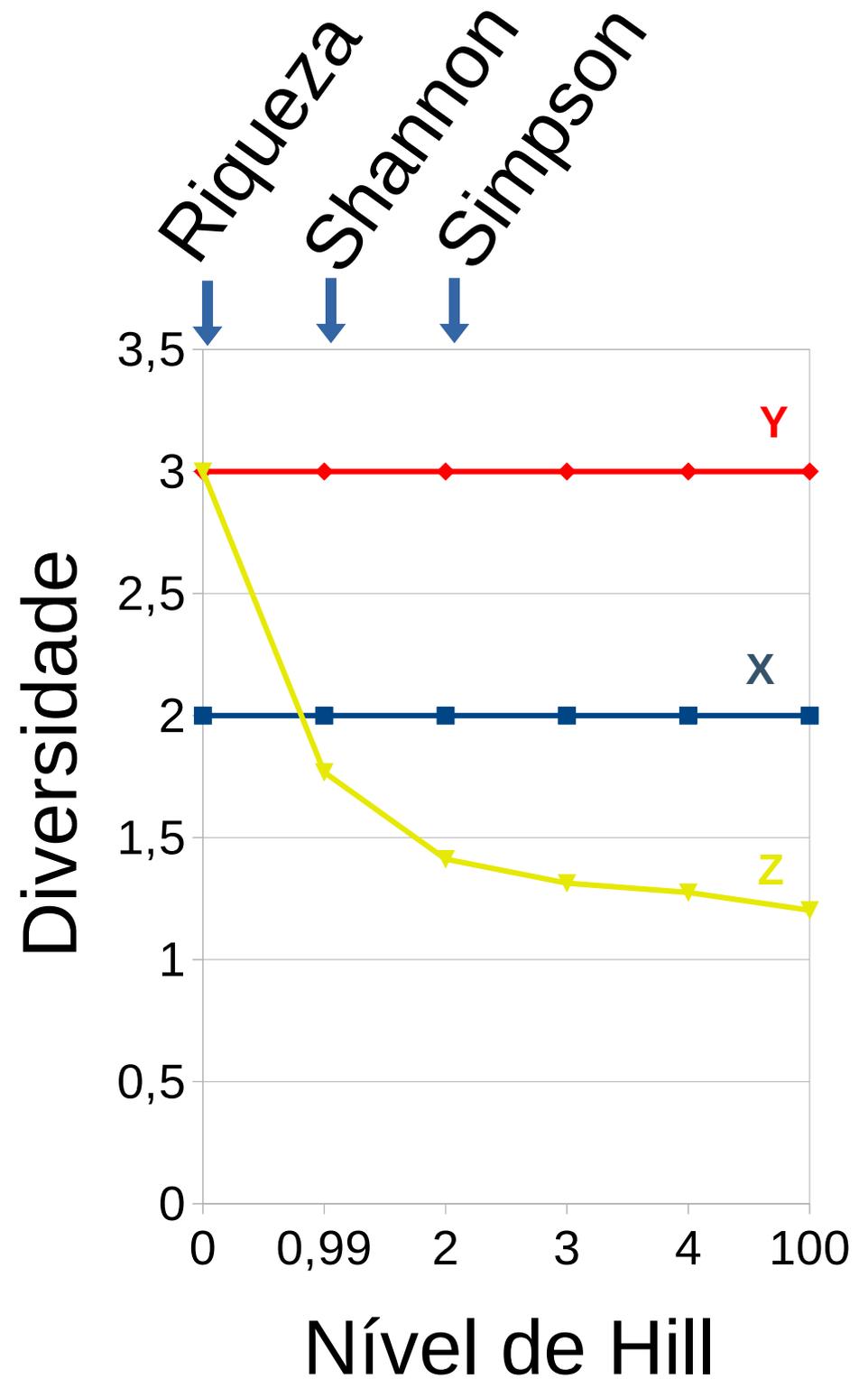
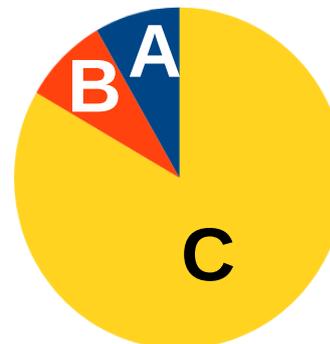
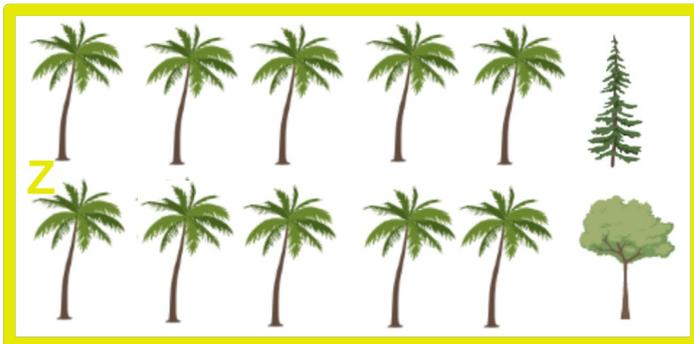
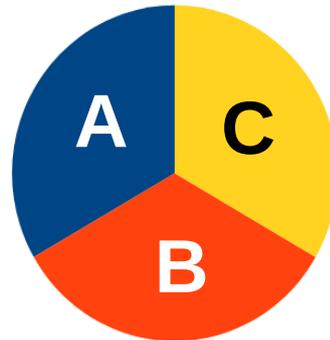
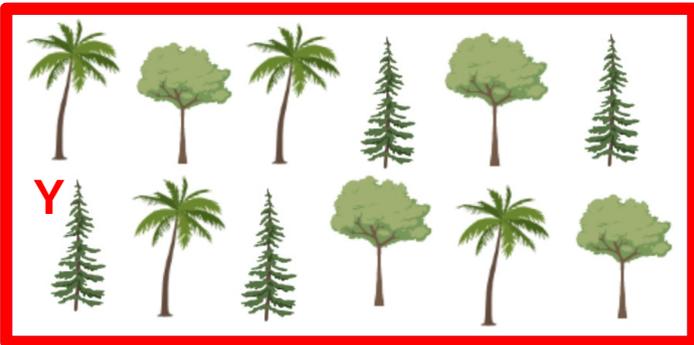
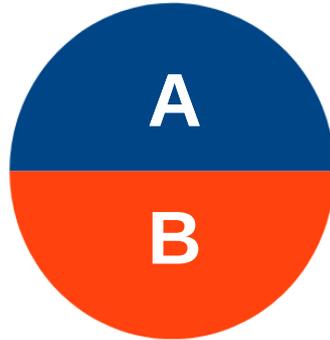
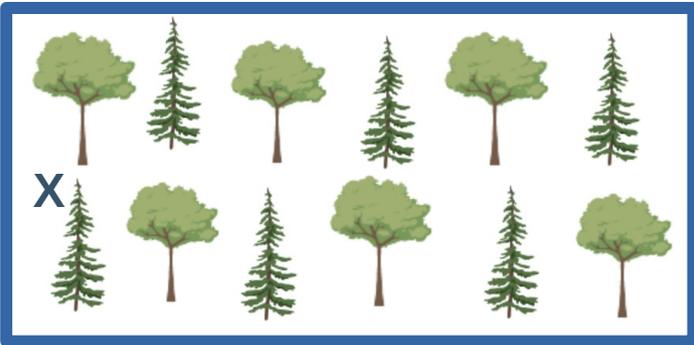
onde

p = proporção da abundância de uma espécie em relação à abundância total

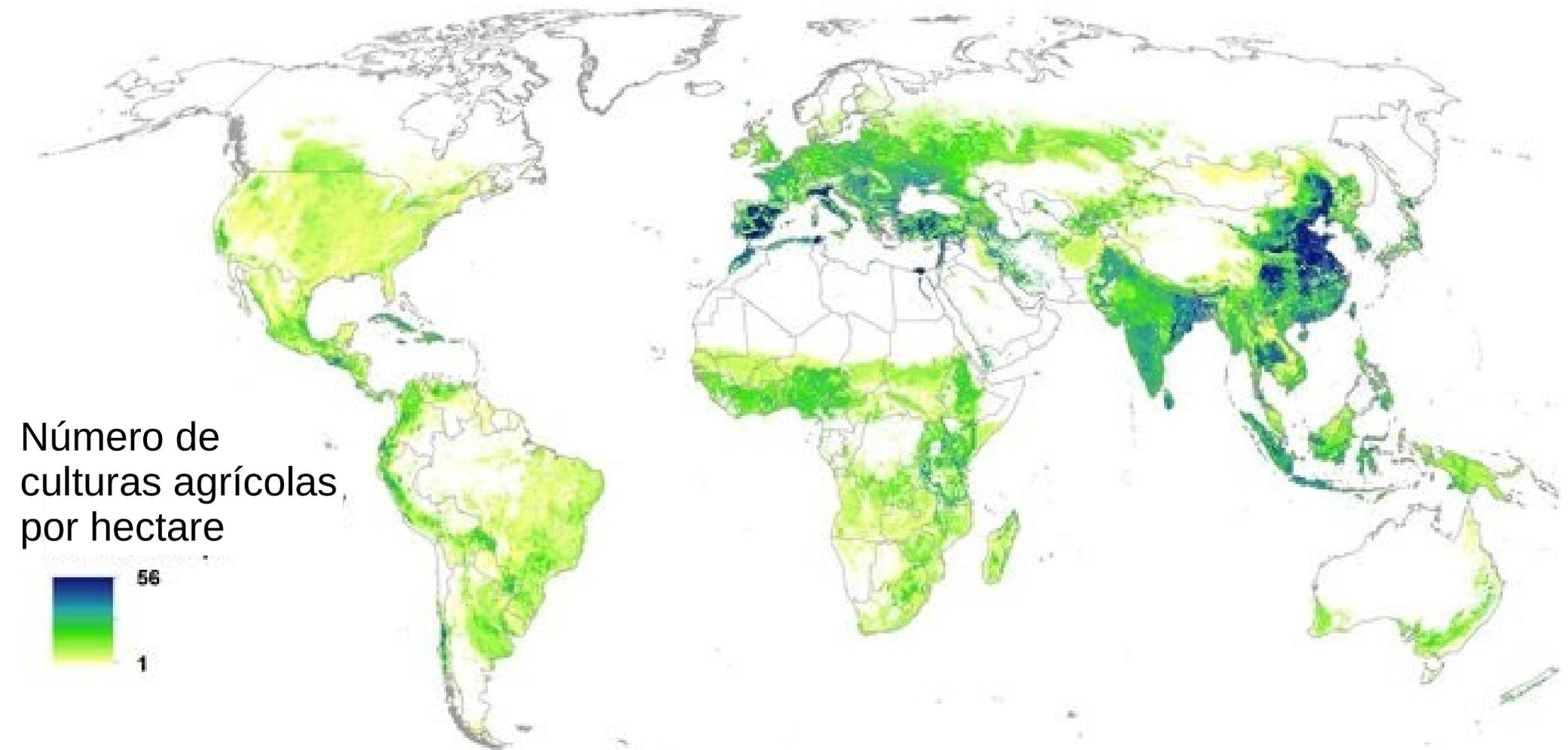
a = nível da série de Hill ($a \geq 0$ e $a \neq 1$):

| | | | |
|--|---|----------|---|
| Maior influência do número de espécies | ↑ | 0 | = riqueza de espécies |
| | | 0,99... | = proporcional à diversidade de Shannon |
| | | 2 | = proporcional à diversidade de Simpson |
| | | ... | |
| Maior influência da equabilidade | ↓ | ∞ | = maior influência da equabilidade |

Séries de Hill



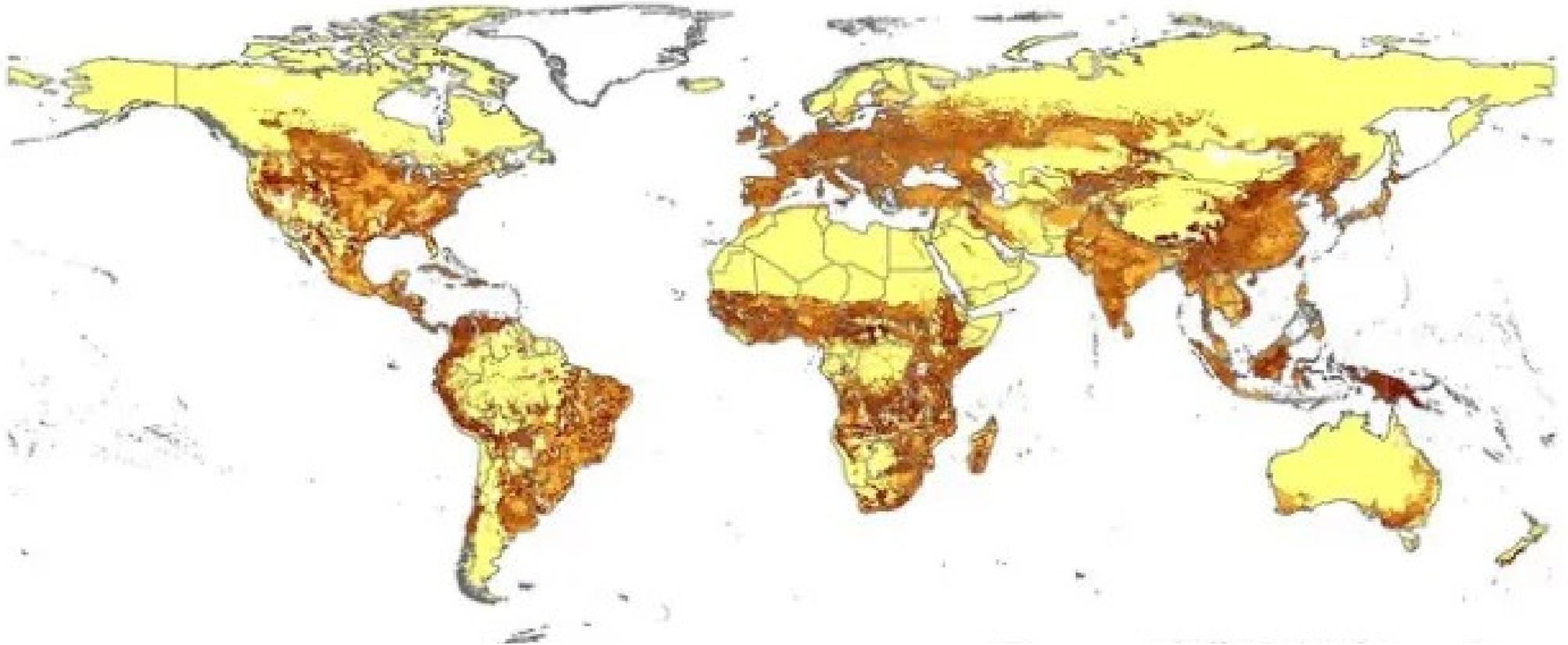
Agro-Biodiversidade



Gaisberger, Hannes, et al. (2014) Identifying global hotspots of agricultural and tree biodiversity and poverty for the strategic sharpening of Bioversity's priority research areas. Alliance of Biodiversity International. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.12818.96966>

Equabilidade de culturas agrícolas

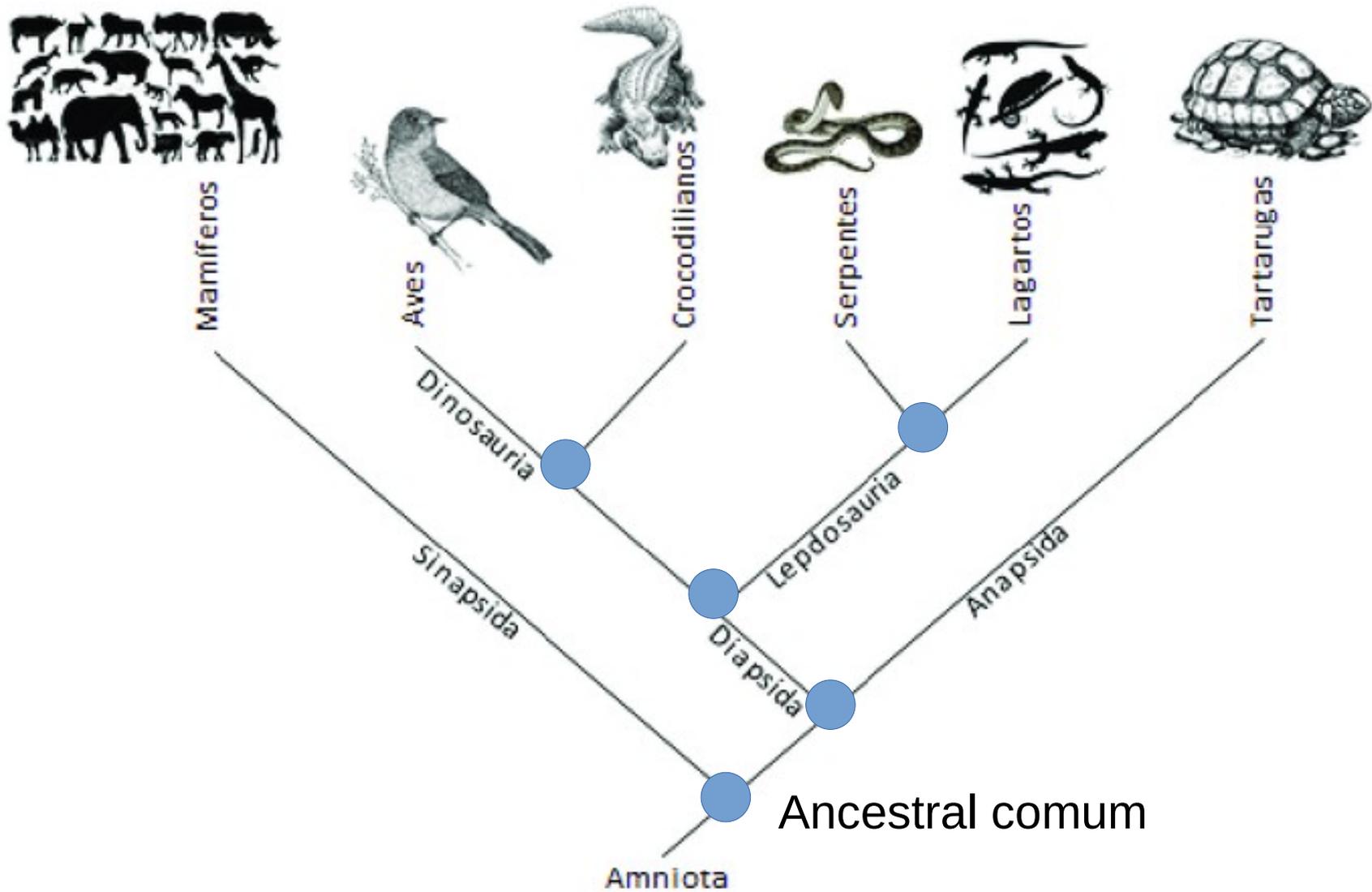
Equabilidade de espécies



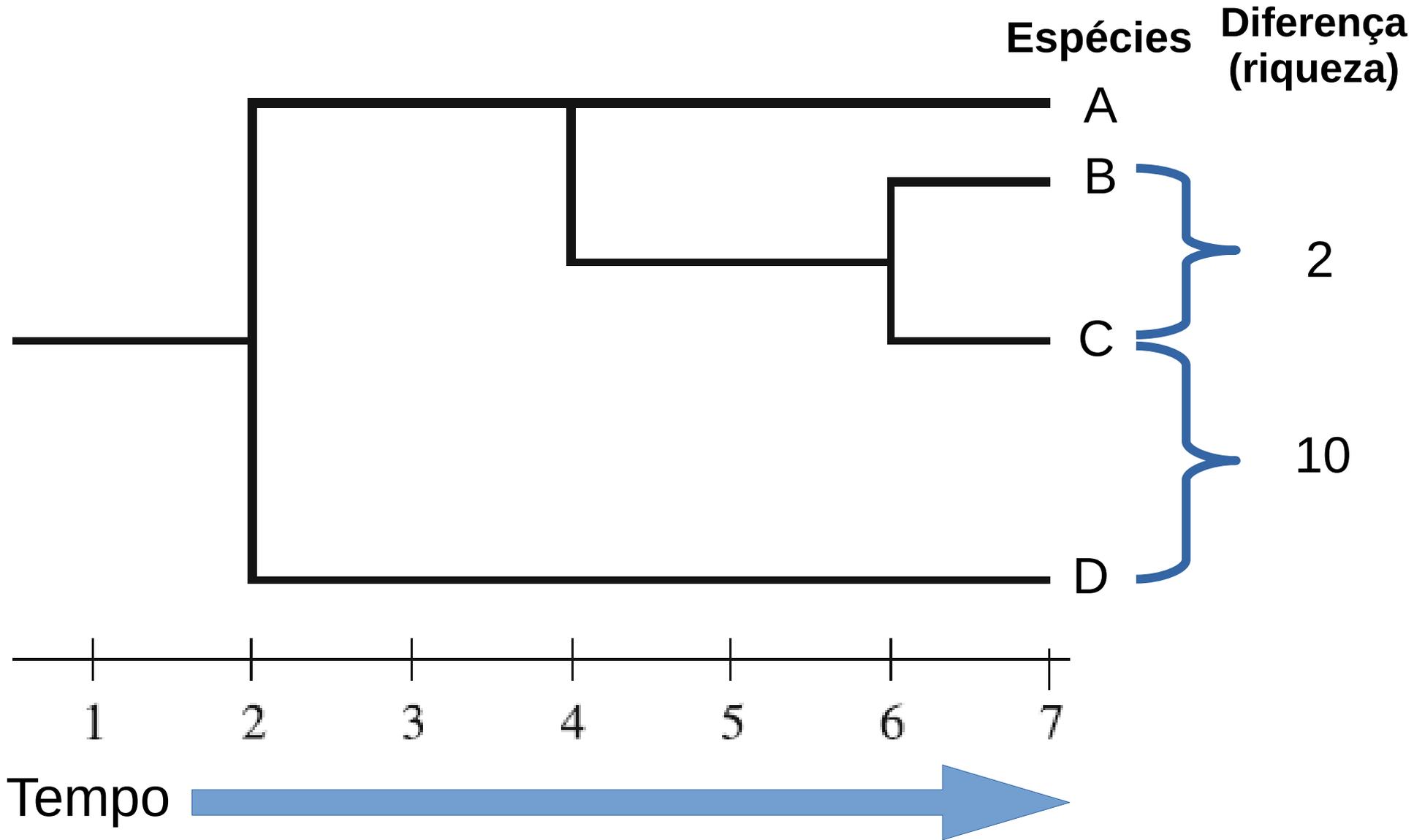
Beltran, Marcela, et al. (2012) World Crop Evenness. Biodiversity International.
<https://www.flickr.com/photos/bioversity/10420776796>

Riqueza Filogenética

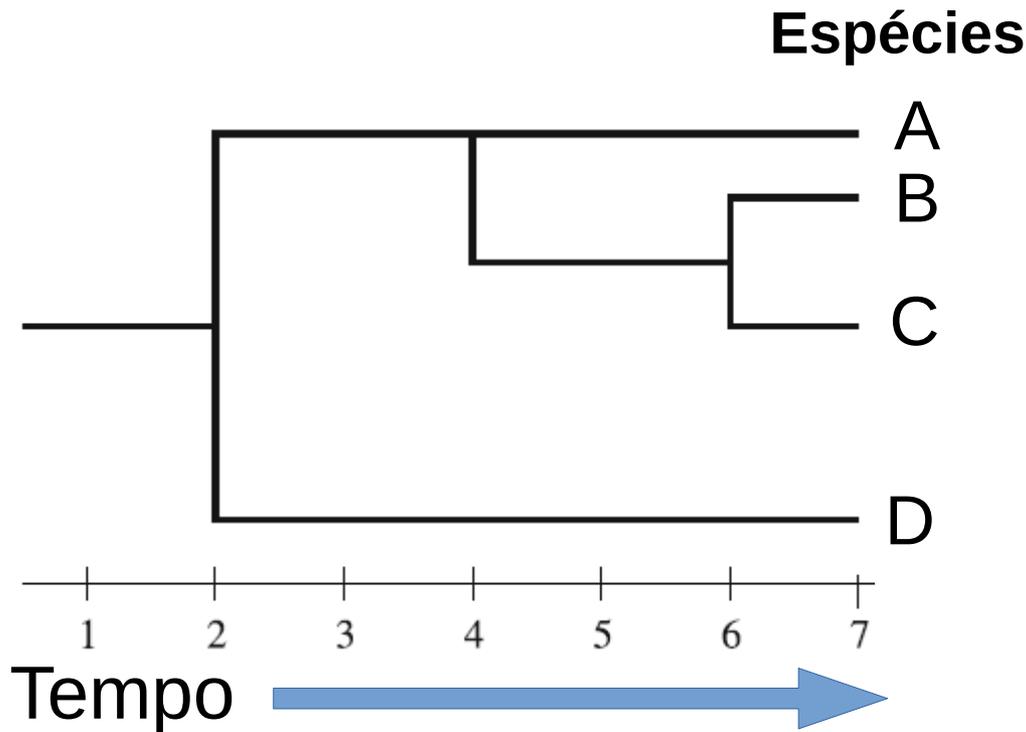
Tempo de evolução



Diversidade Filogenética



Diversidade Filogenética



Matriz de distâncias

| | A | B | C | D |
|---|----|----|----|----|
| A | 0 | 6 | 6 | 10 |
| B | 6 | 0 | 2 | 10 |
| C | 6 | 2 | 0 | 10 |
| D | 10 | 10 | 10 | 0 |

Diversidade filogenética = soma de todas as distâncias da matriz

Diversidade Filogenética

Ecosistema A

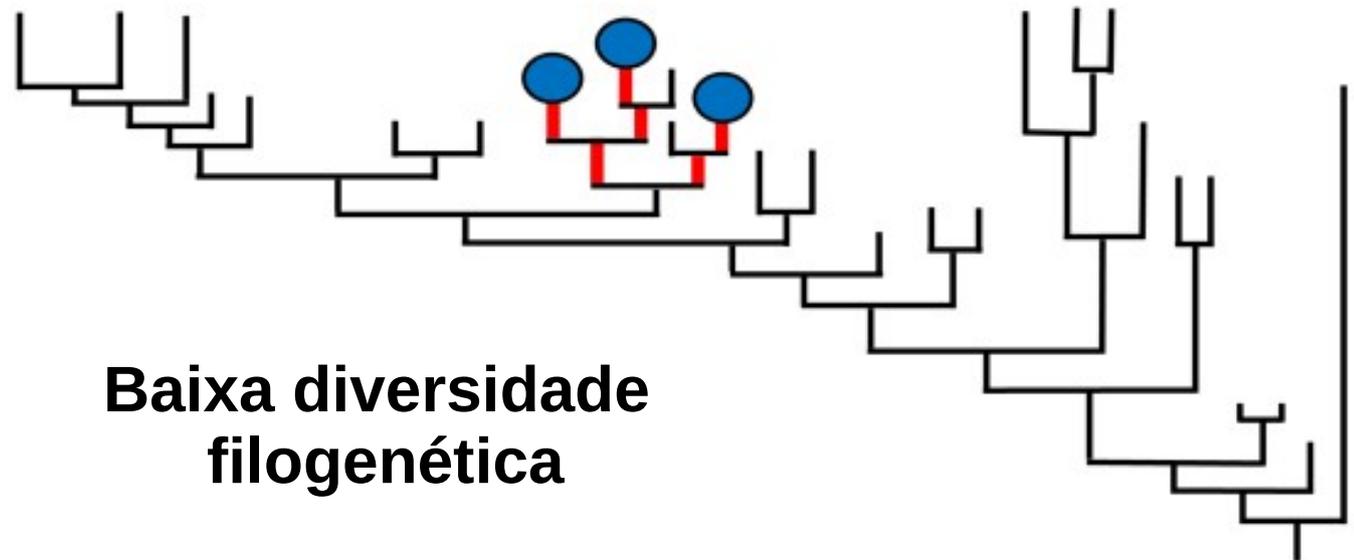
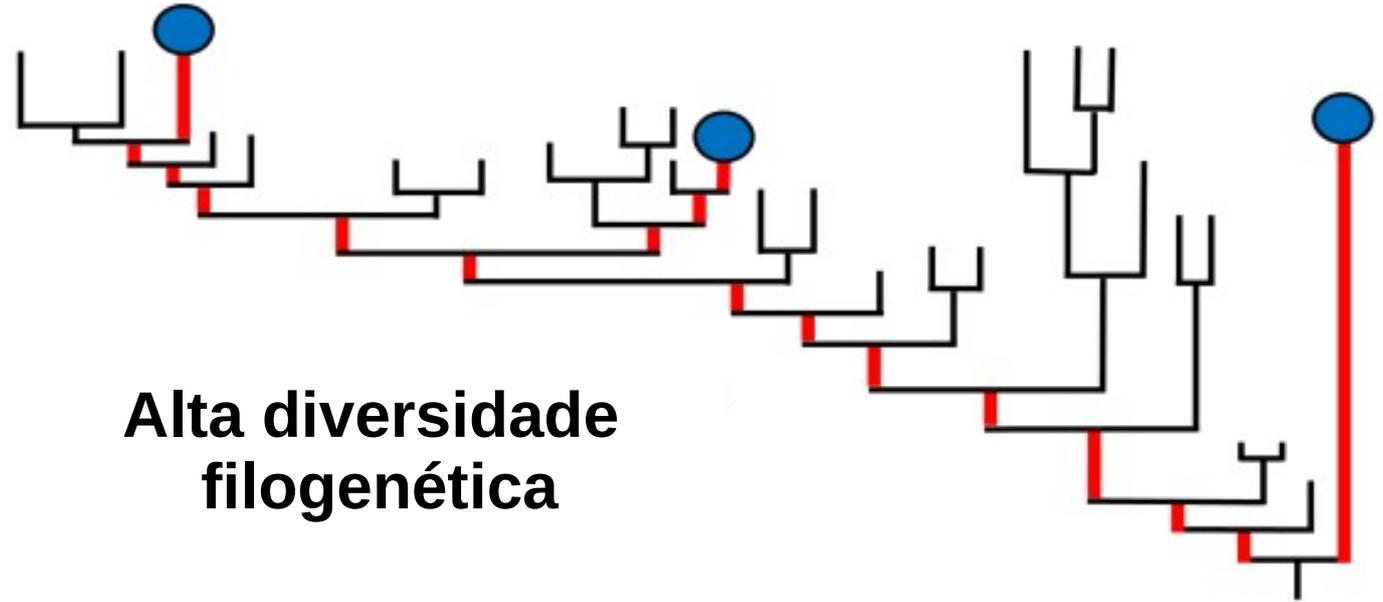


3 espécies

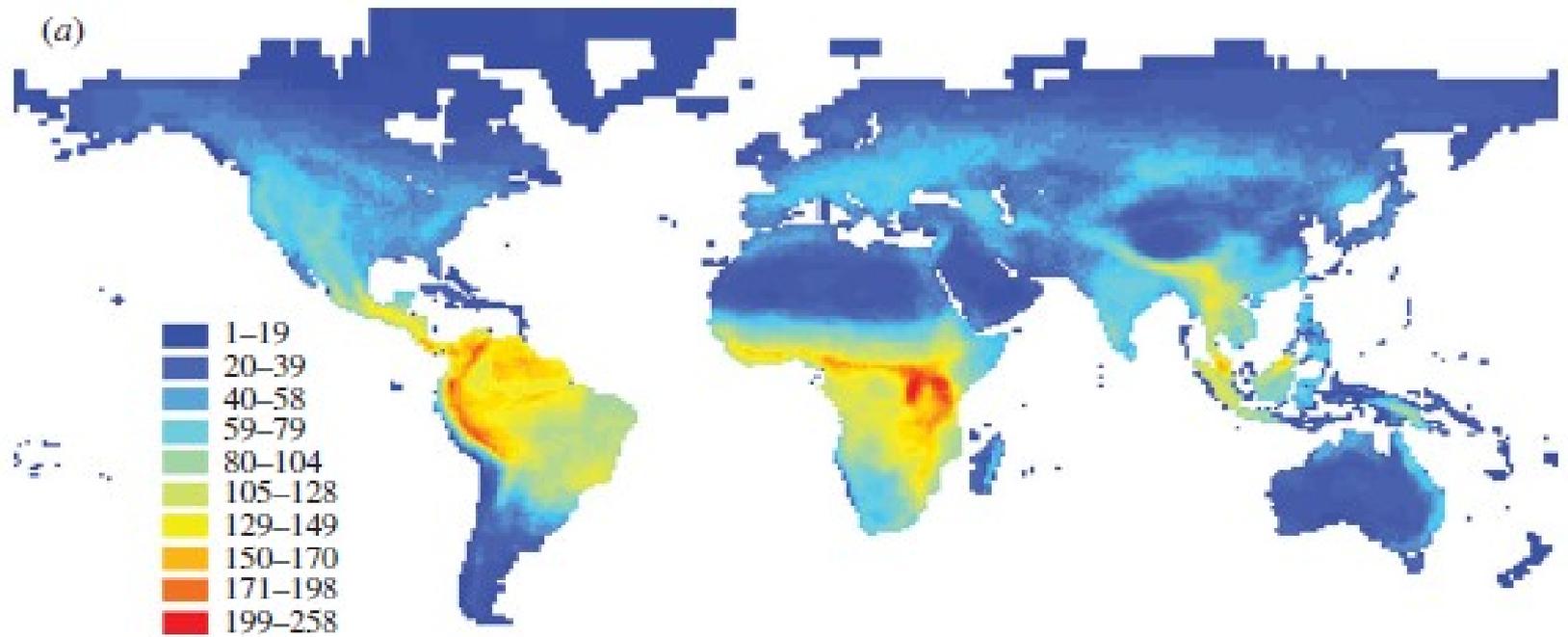
Ecosistema B



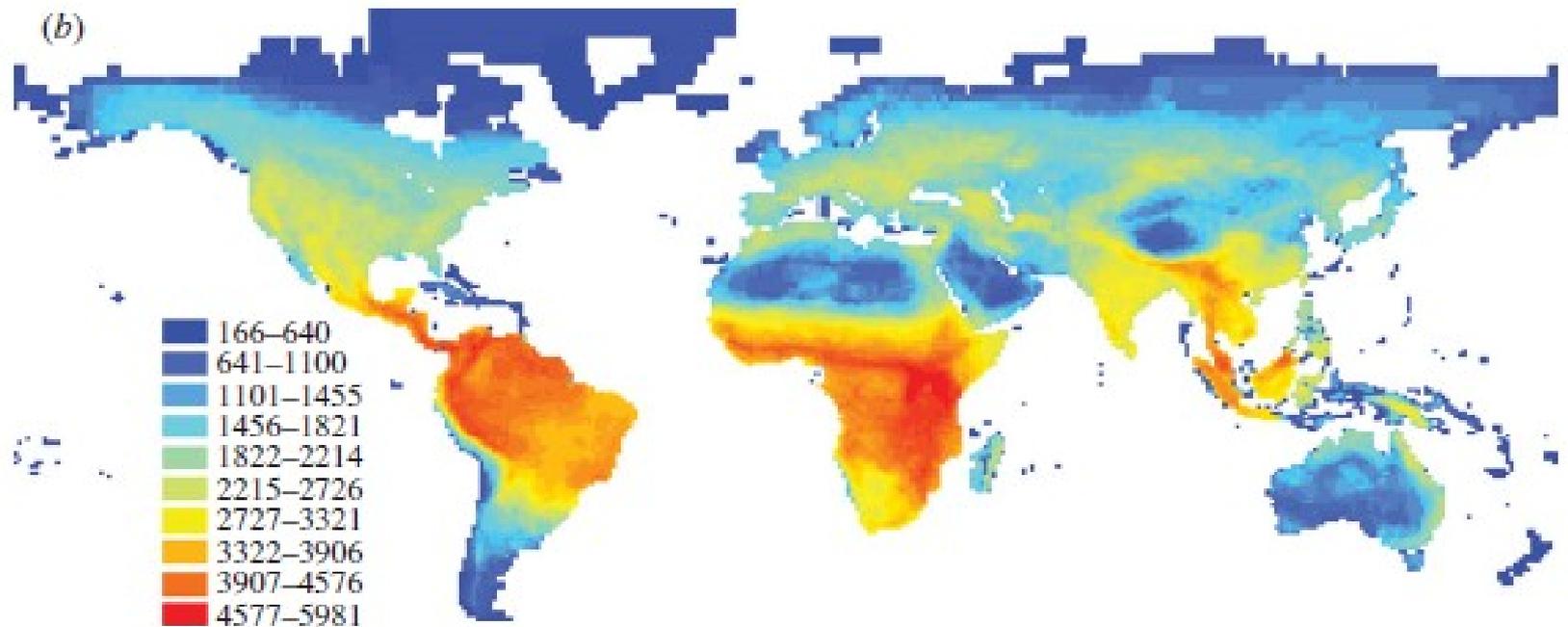
3 espécies



Riqueza de espécies de mamíferos

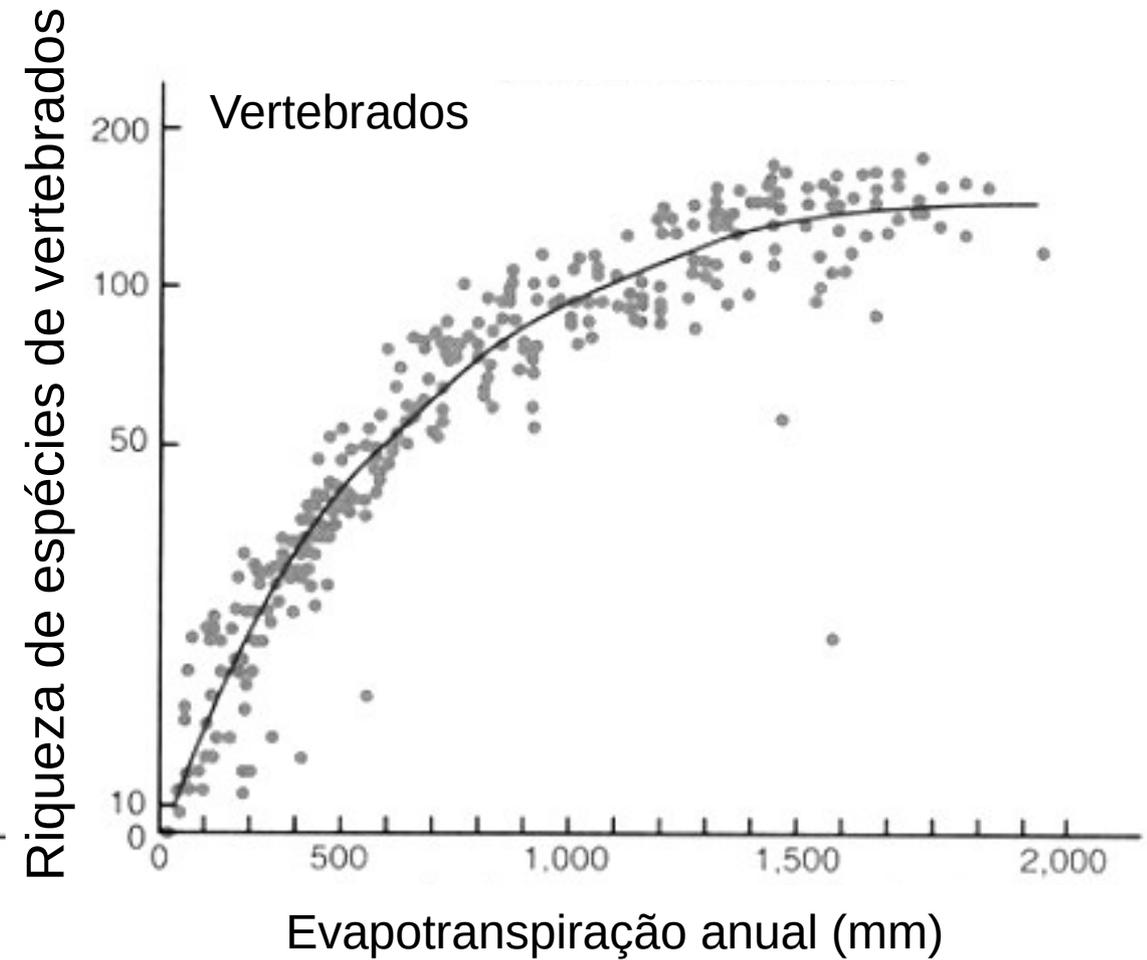
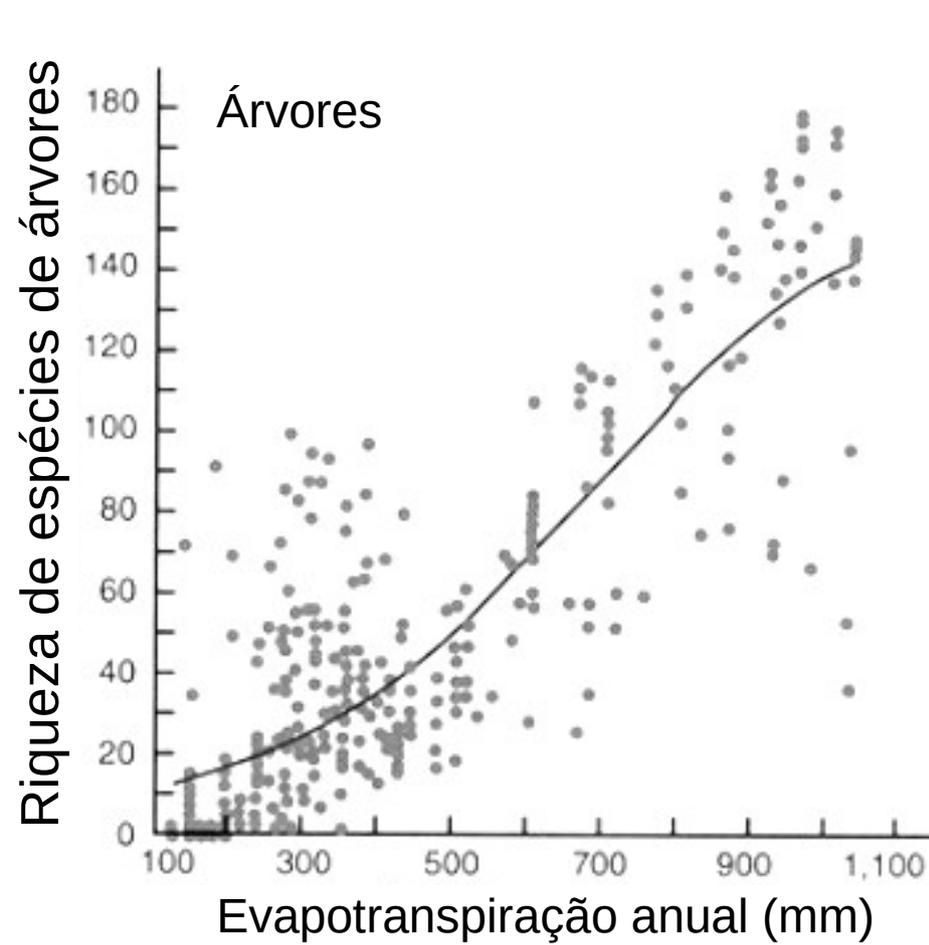


Diversidade filogenética de mamíferos



DAVIES, T. Jonathan; BUCKLEY, Lauren B. Phylogenetic diversity as a window into the evolutionary and biogeographic histories of present-day richness gradients for mammals. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 366, n. 1576, p. 2414-2425, 2011.

Recursos X Biodiversidade



Diversidade Funcional

- Diversidade de características dos seres vivos
- Quais seriam as características mais relevantes em um ecossistema?
- Exemplo das plantas:
 - Produtividade de biomassa (alimento)
 - Produz flores (néctar) e/ou frutos e sementes comestíveis?
 - Capacidade de fixar nitrogênio no solo
 - Cobertura de copa (a luz consegue passar?)
 - Perde as folhas na estação seca?

TRY – Plant Trait Database

<https://www.try-db.org/TryWeb/Home.php>



Quantifying and scaling global plant trait diversity

TRY is a network of vegetation scientists headed by [Future Earth](#), the [Max Planck Institute for Biogeochemistry](#), and [iDiv](#) providing free and open access to plant trait data.



Database version 6 online (2022-10-13)

15,409,681 trait records

305,594 plant taxa

Data Portal

Photosynthetic Pathway
Respiration Leaf Area Nfixation Capacity
SLA Regeneration Capacity Plant Lifespan
Wood Density Growth Form

News

15 Years Data Availability From TRY (2023-10-05)

After being founded at a meeting in Alicante, Spain, in April 2007, TRY made the first data available in October 2008, exactly 15 years ago. The first years, demand was limited and rather sporadic. Nowadays, we receive requests on a two hourly basis 24/7. [\(link\)](#)

Paper published (2023-08-18)
Assembly of functional diversity in an oceanic island flora. Barajas Barbosa, et al. (2023) Nature 619, 545–550. [\(link\)](#)

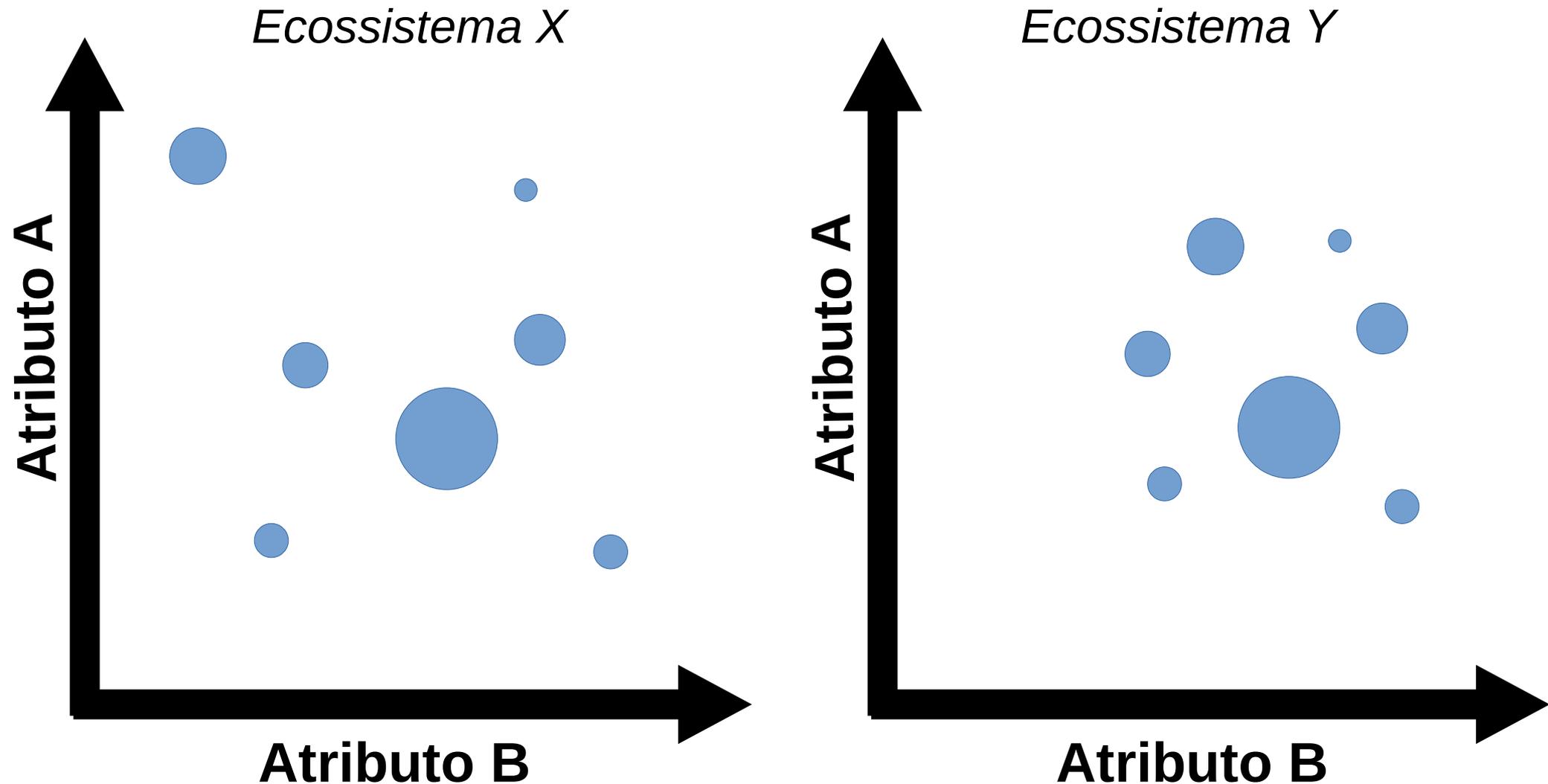
Preprint published (2023-04-25)
Dechant et al.: Intercomparison of global foliar trait maps reveals fundamental differences and limitations of upscaling approaches [\(link\)](#)

R package published (2023-04-25)
Lam et al.: rtry - Process TRY database output files [\(link\)](#)

Paper published (2023-04-25)
Wolf et al.: Citizen science plant

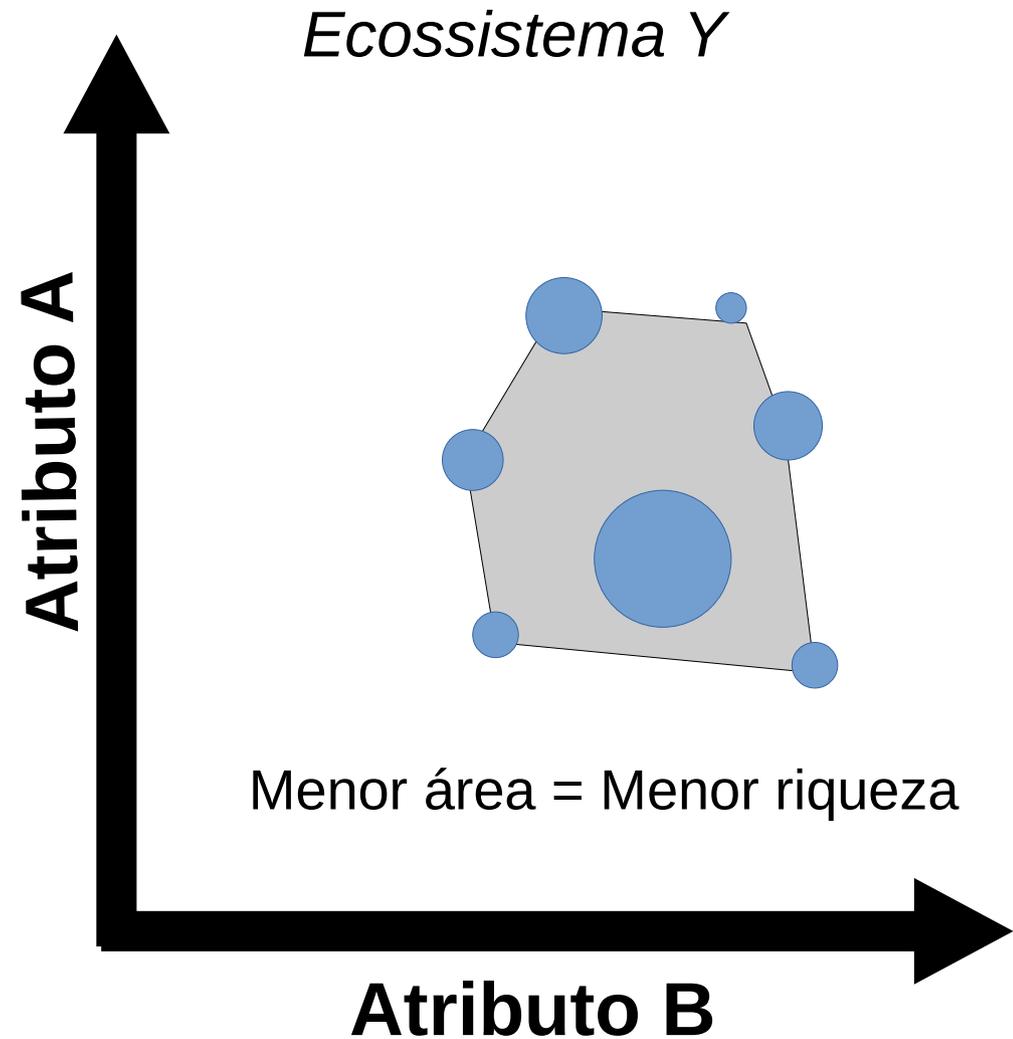
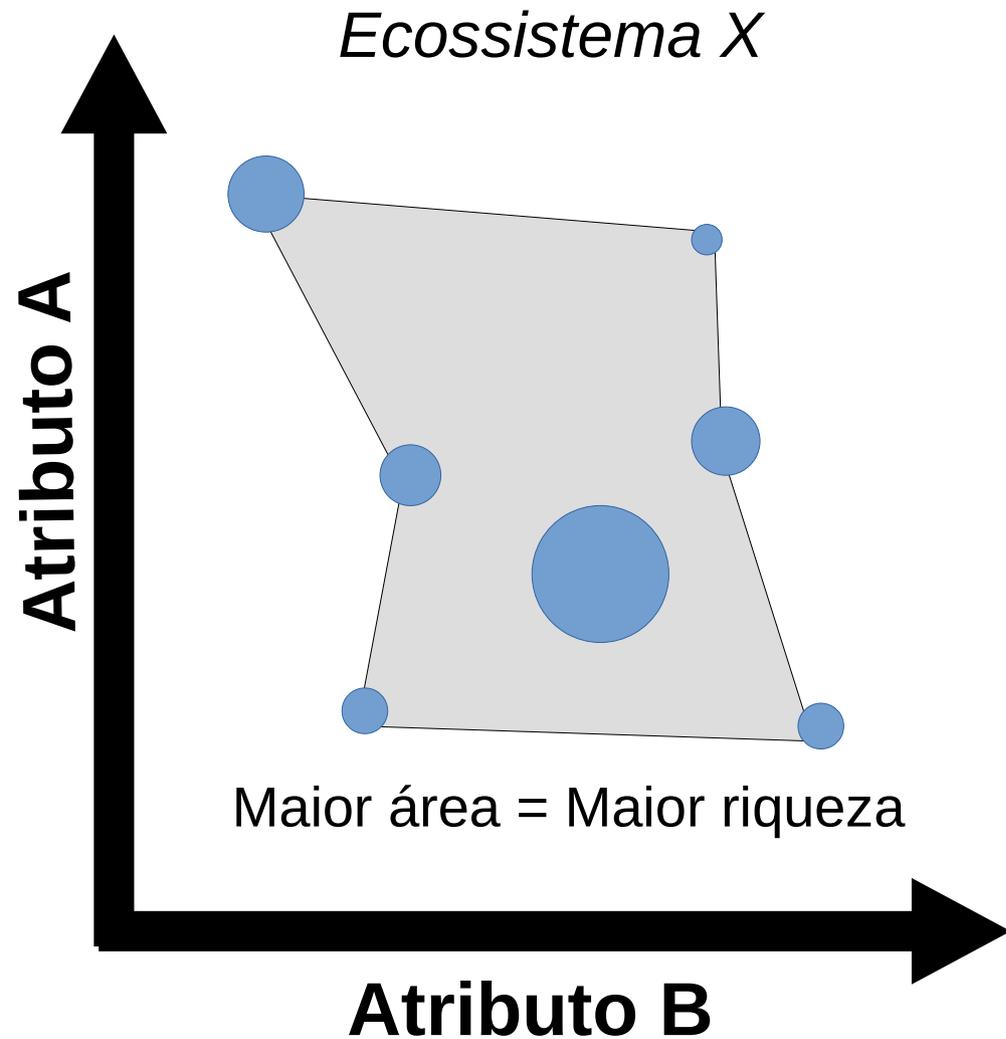
Qual desses ecossistemas é funcionalmente mais diverso?

O tamanho de cada círculo é a abundância de cada espécie



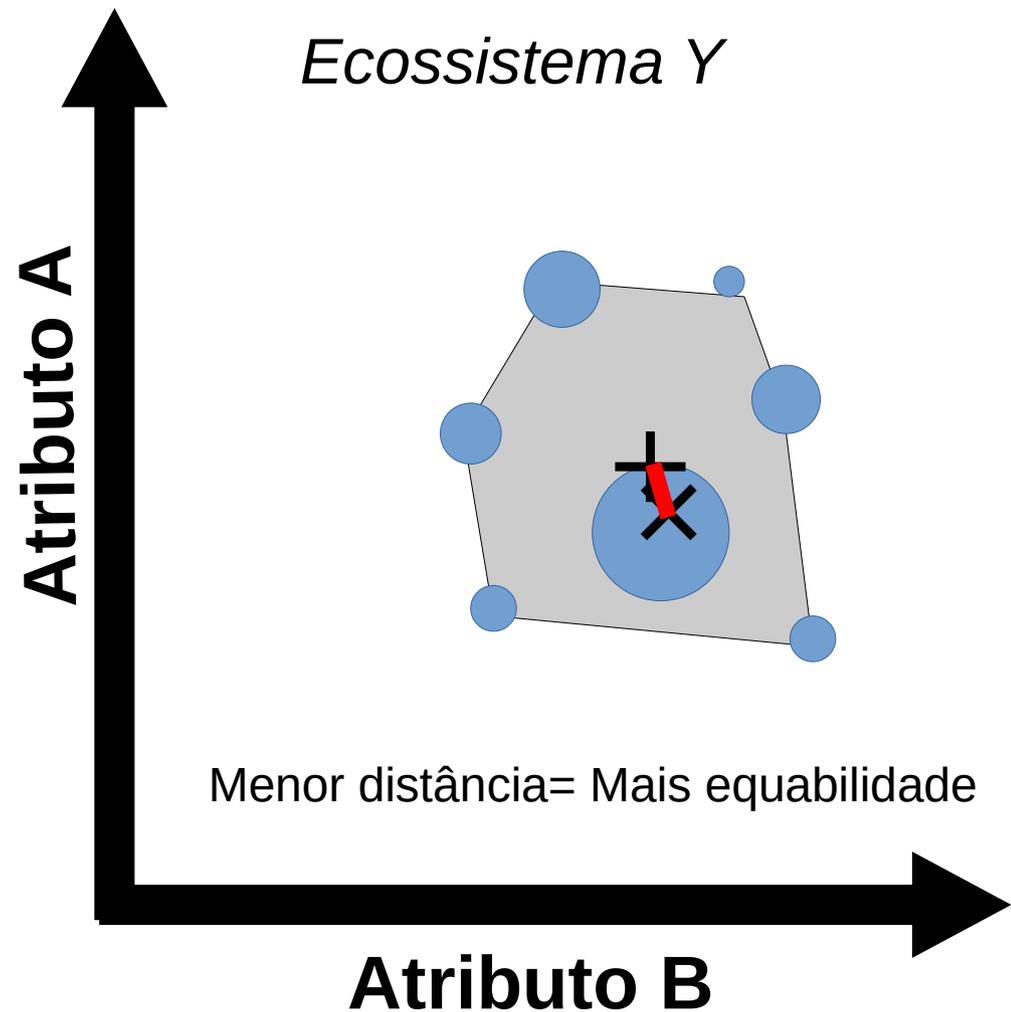
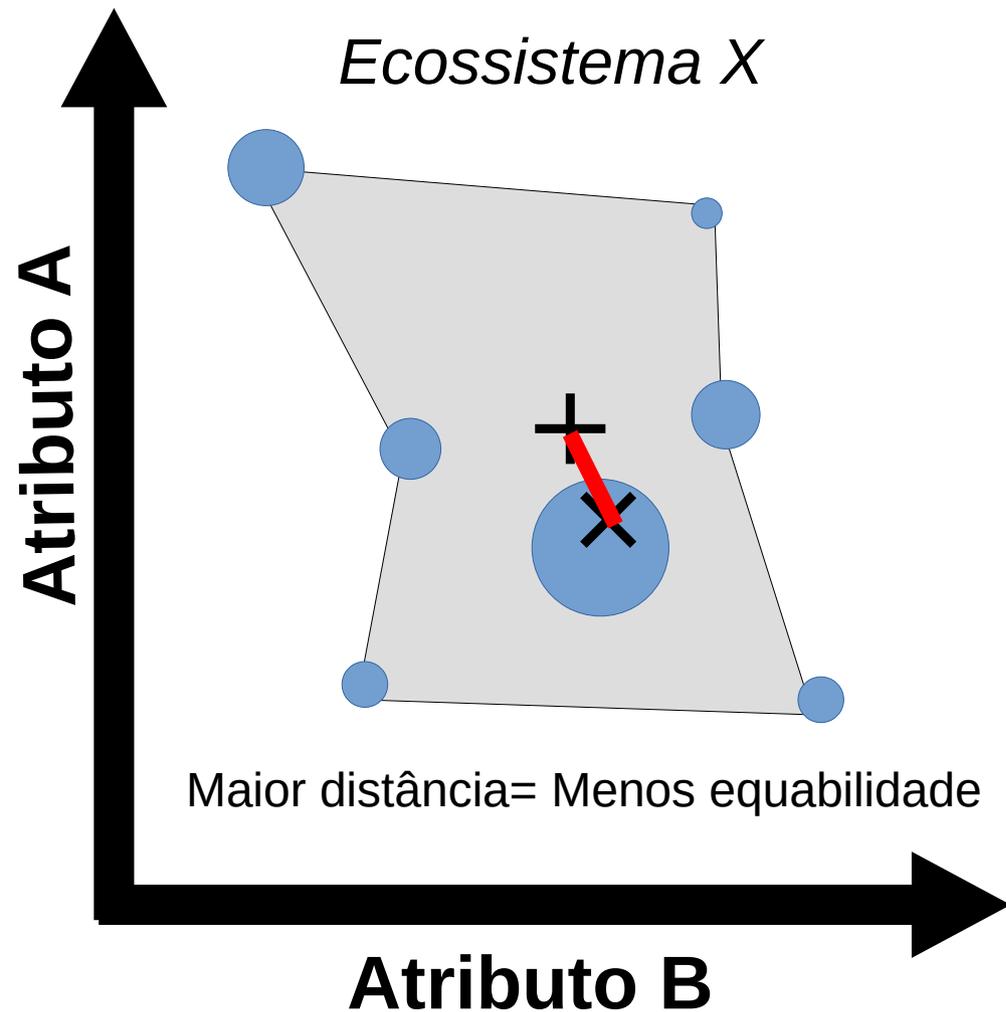
Riqueza Funcional

Área dos atributos



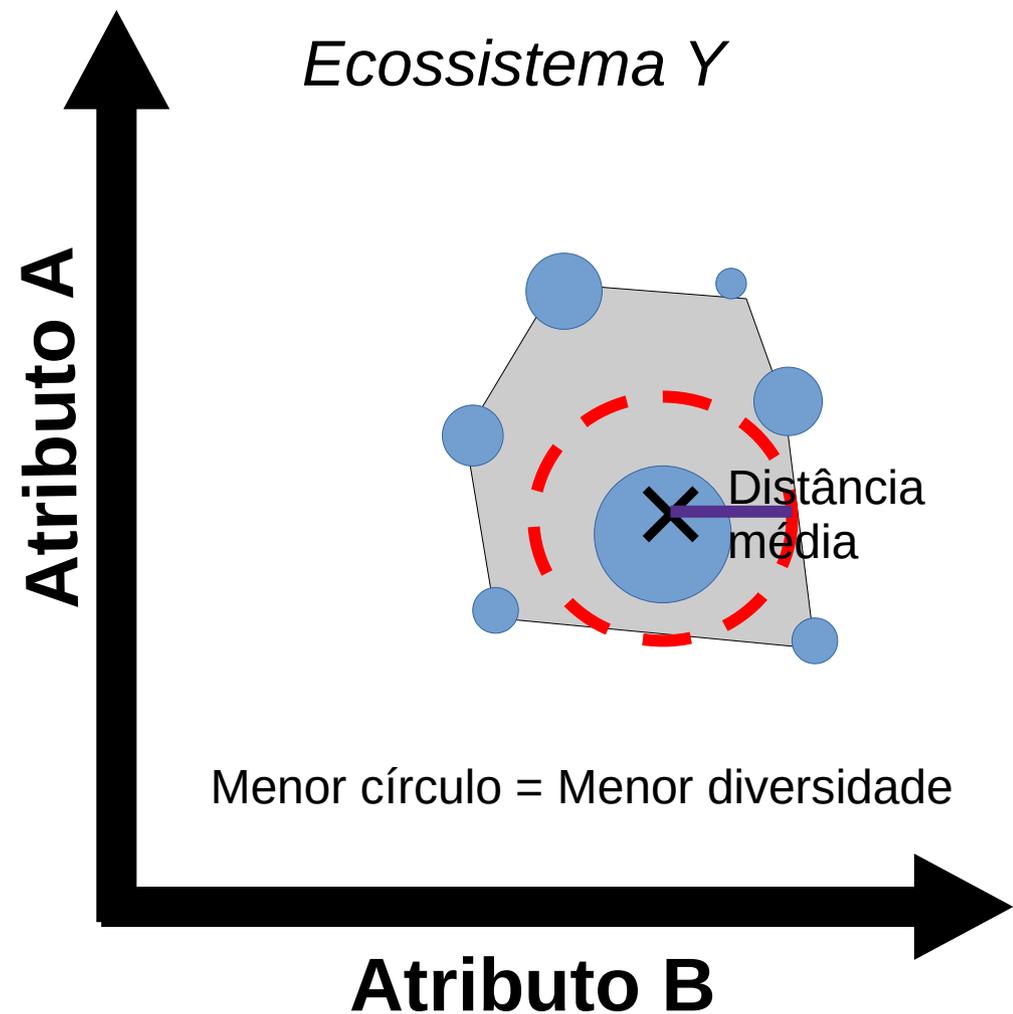
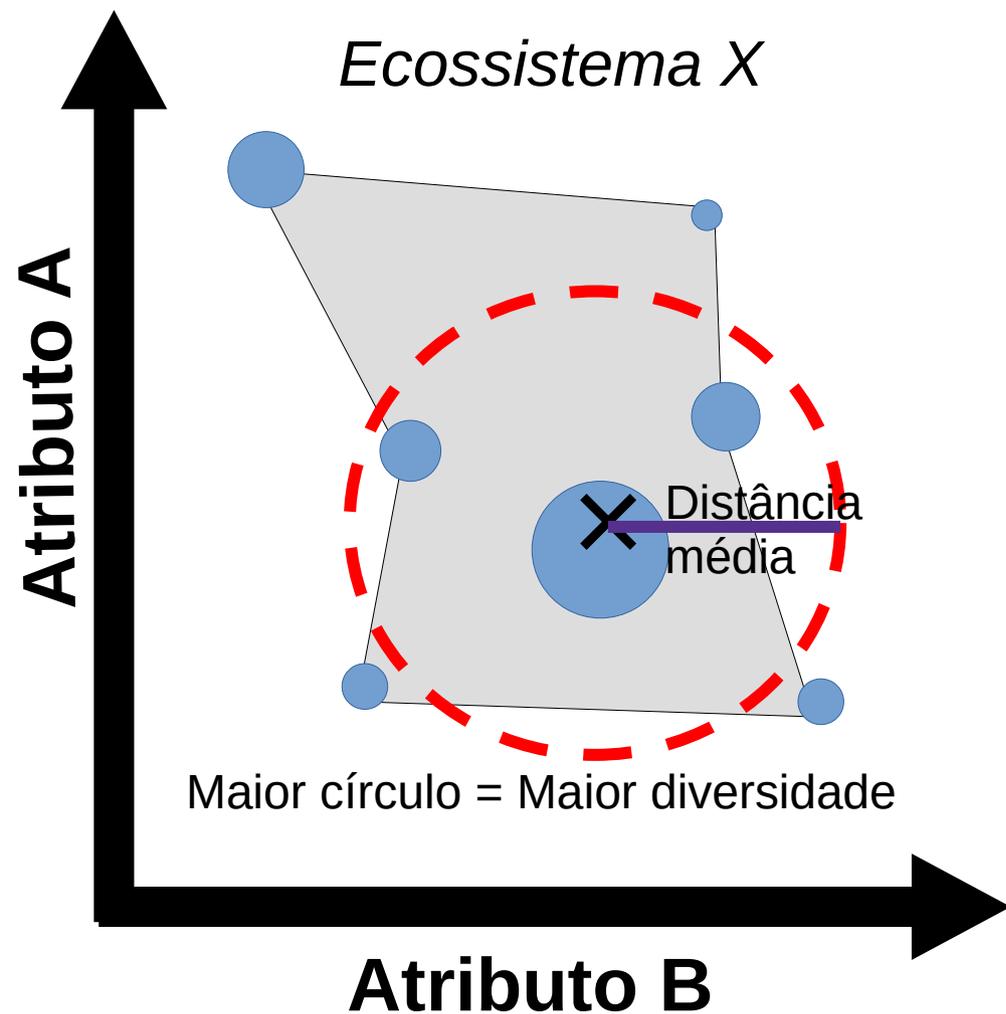
Equabilidade Funcional

Distância do centro médio dos atributos para o centro médio do espaço de atributos



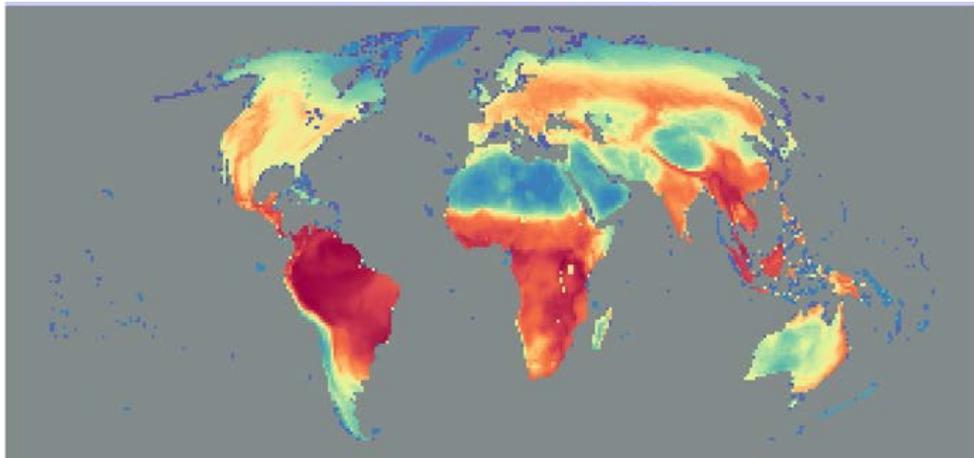
Diversidade Funcional

Área do círculo da distância média ao centro médio

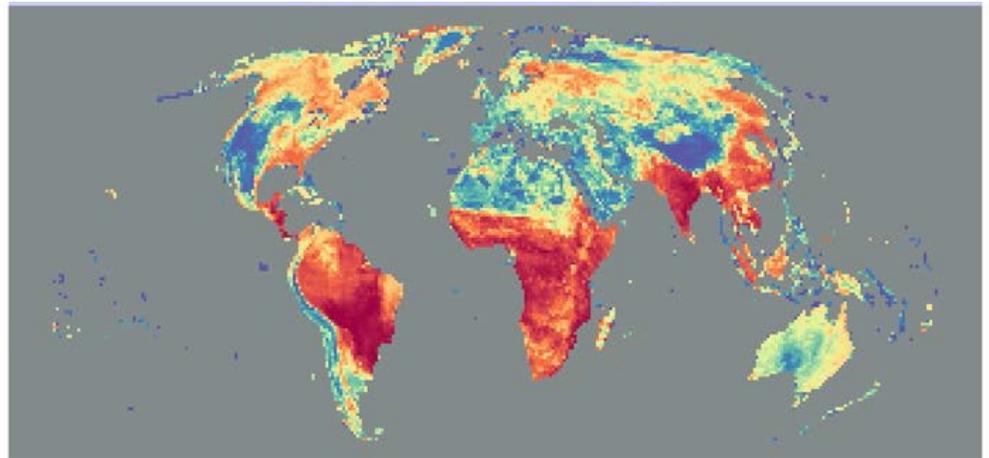


Diversidade de Pássaros e Mamíferos

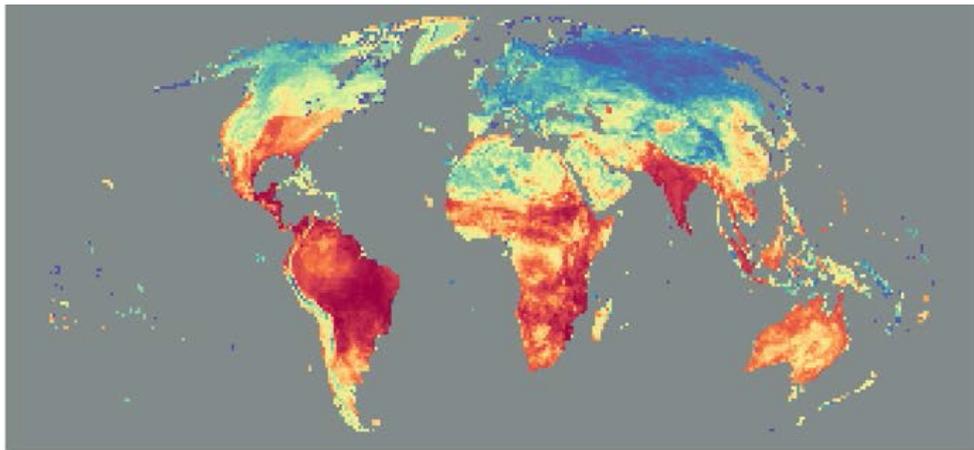
Riqueza de espécies



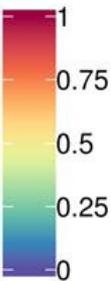
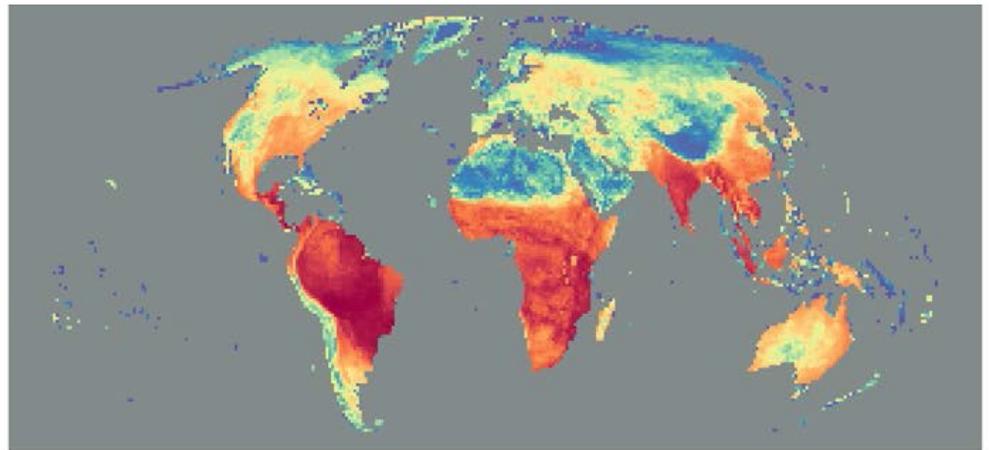
Diversidade Funcional



Diversidade Filogenética



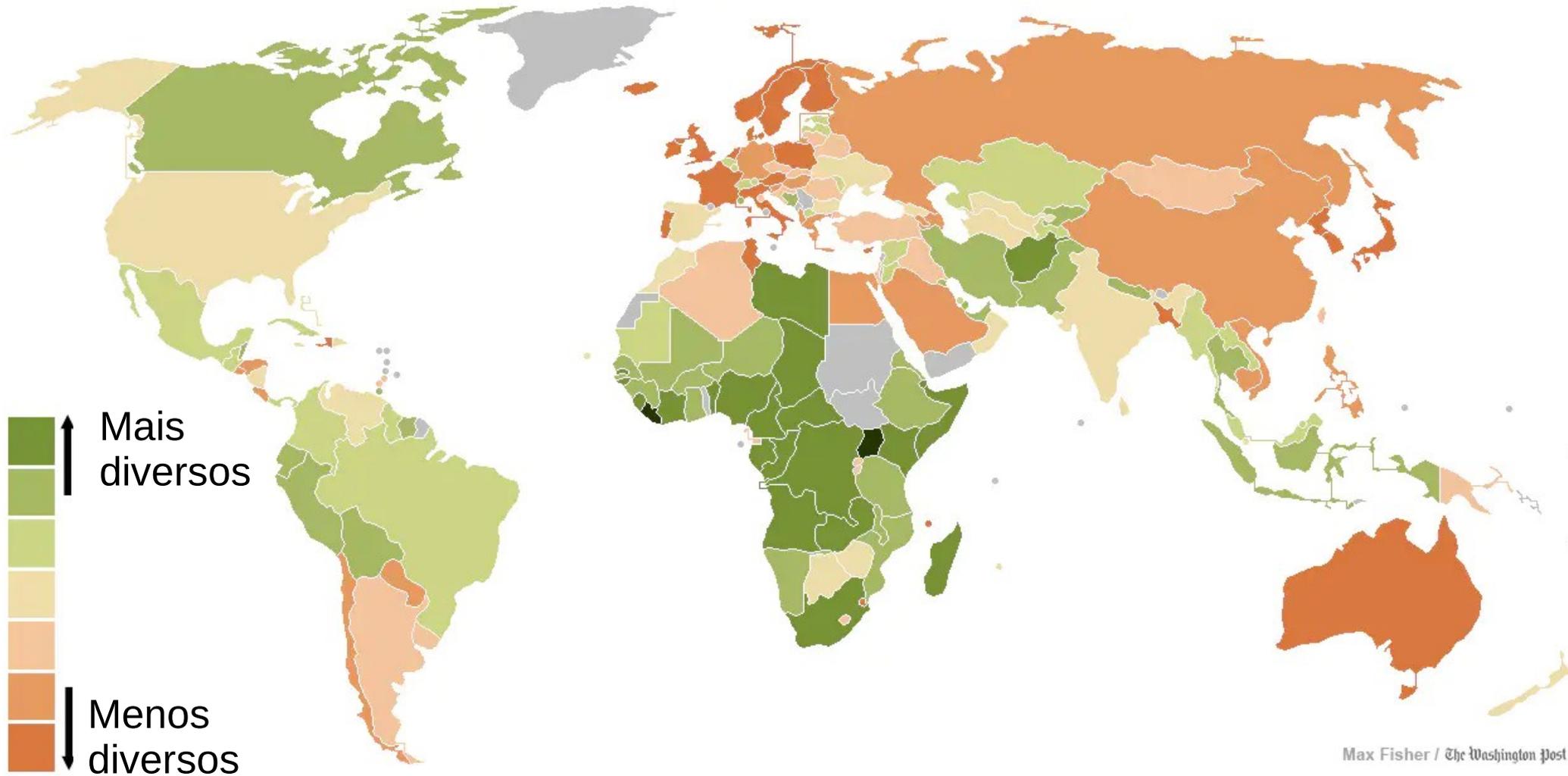
Média dos 3 índices de Biodiversidade



GIRARDELLO, Marco et al. Global synergies and trade-offs between multiple dimensions of biodiversity and ecosystem services. *Scientific Reports*, v. 9, n. 1, p. 5636, 2019.

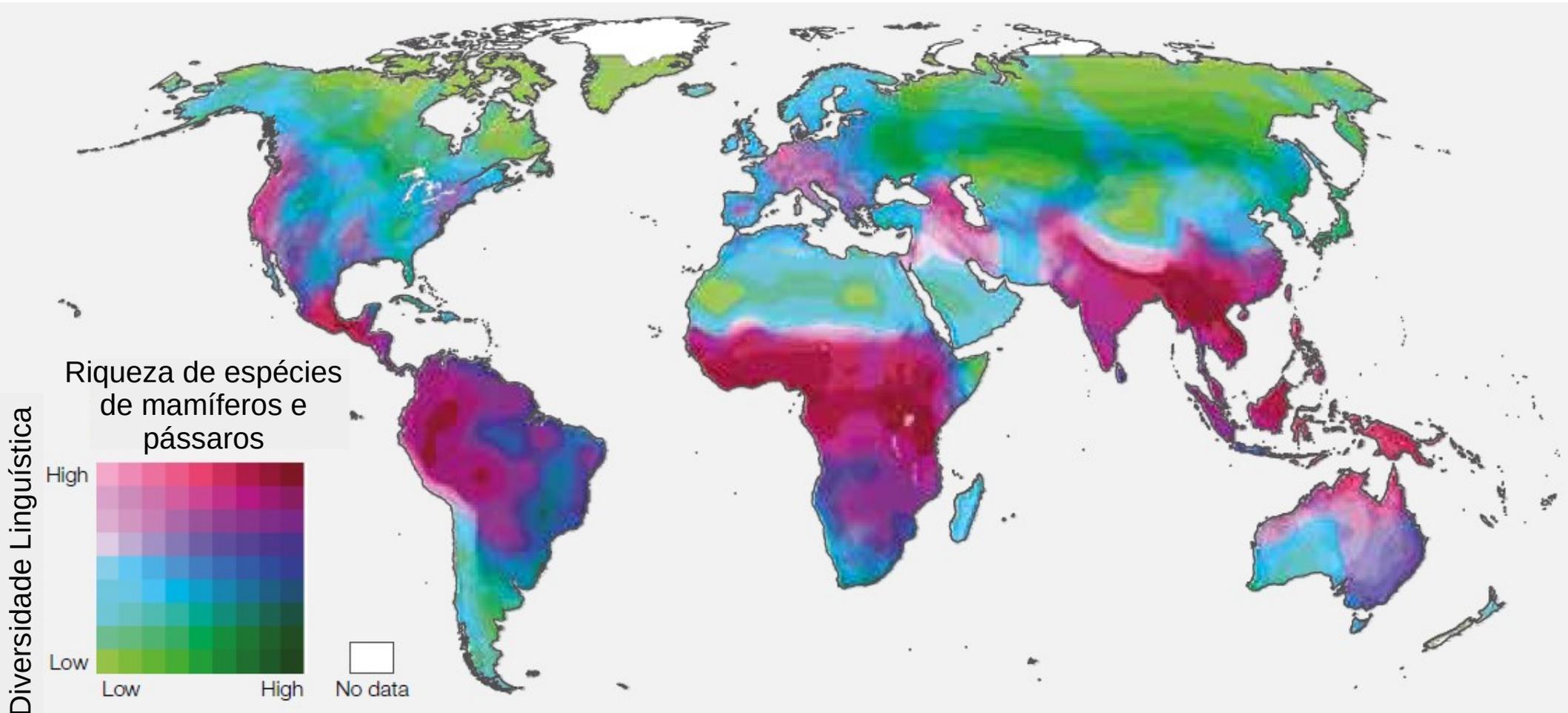
Diversidade Cultural

Riqueza e equabilidade de etnias, linguagens e religiões



Fisher, M. (2013). A revealing map of the world's most and least ethnically diverse countries. The Washington Post, 16.

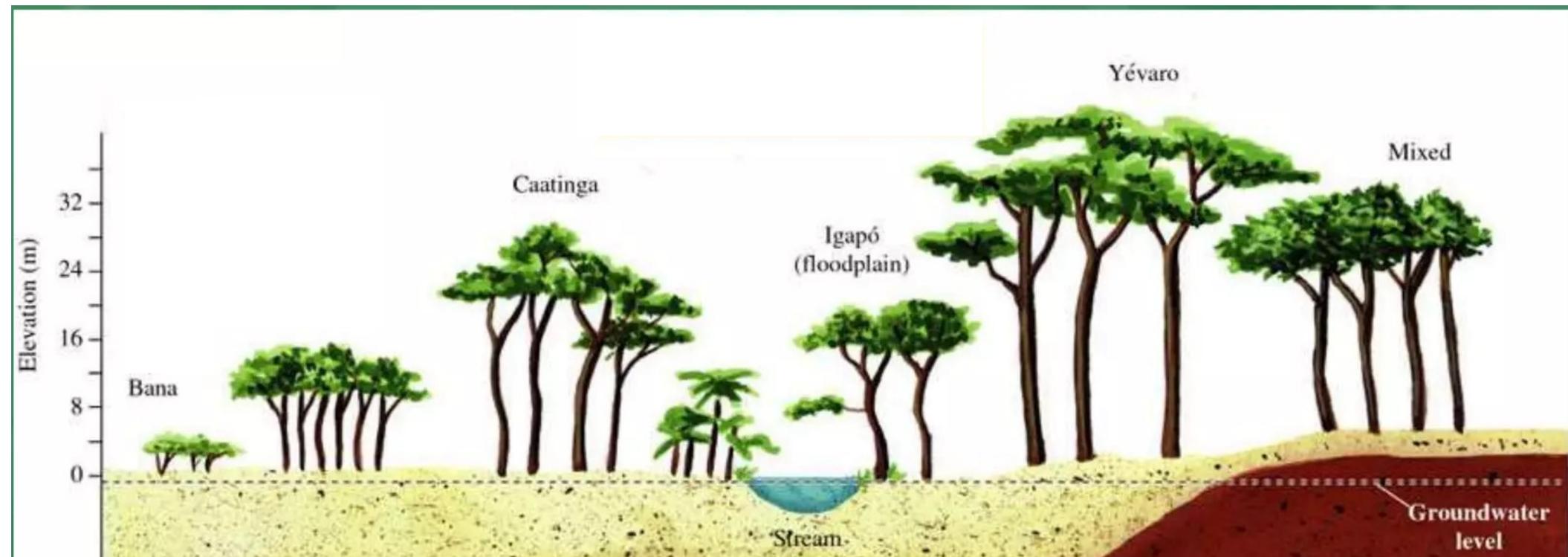
Biodiversidade x Diversidade de linguagens



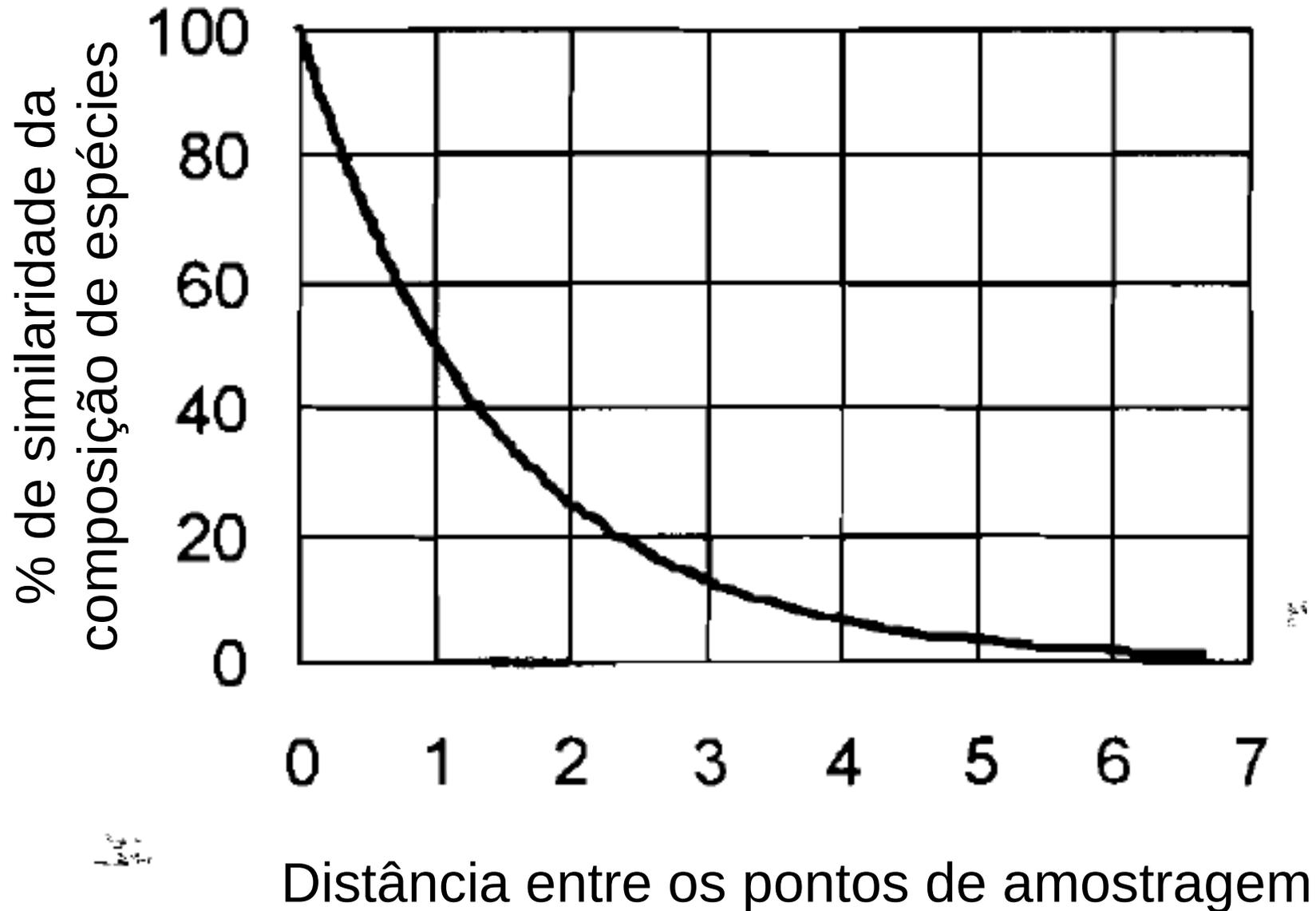
Scholes, R., Montanarella, L., Brainich, A., Barger, N., ten Brink, B., Cantele, M., ... & Willemen, L. (2018). The assessment report on Land degradation and restoration. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn, Germany [accessed 2021 January 04]. https://ipbes.net/sites/default/files/2018_ldr_full_report_book_v4_pages.pdf

Biodiversidade na paisagem

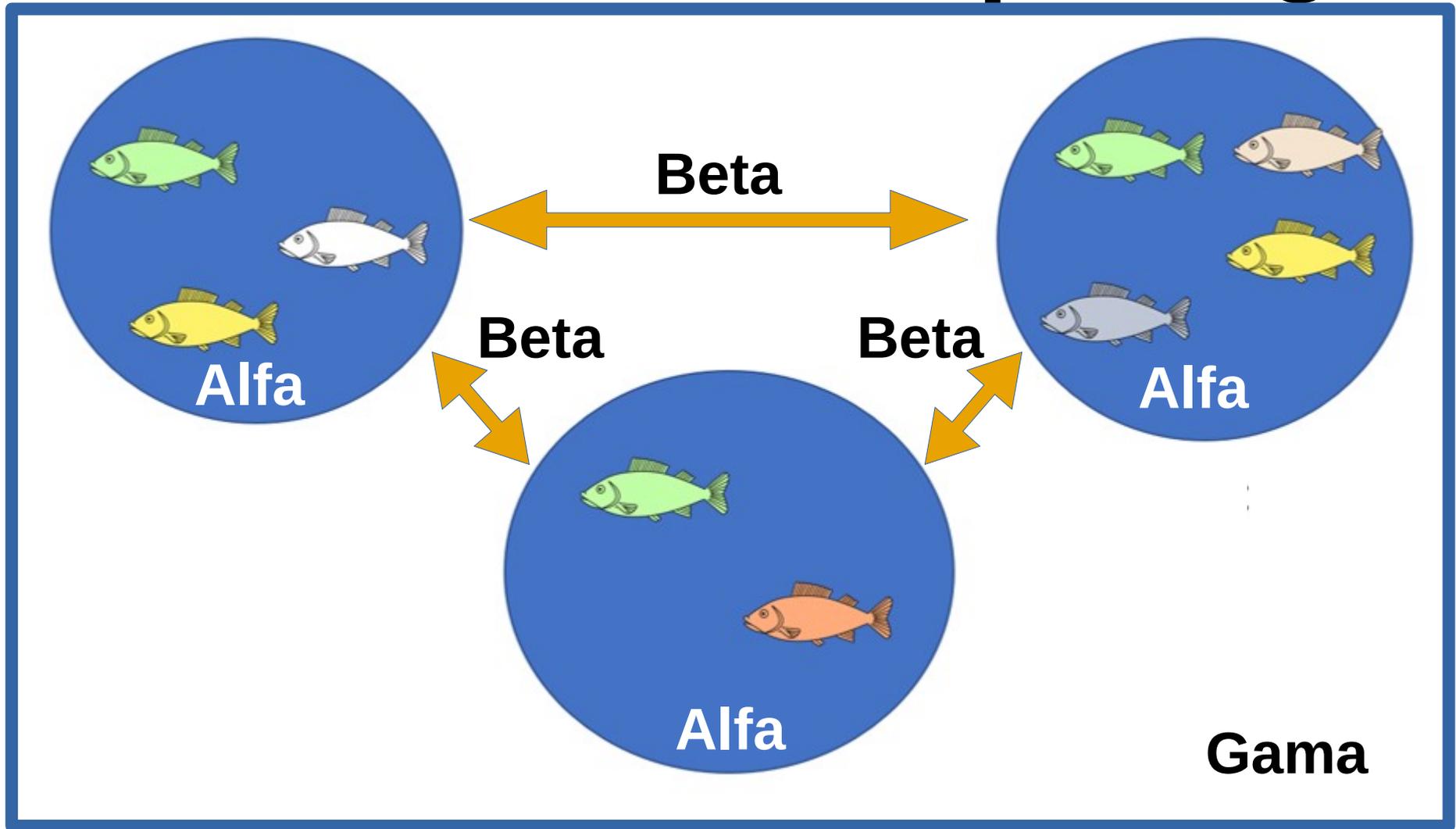
- Conforme se caminha em uma paisagem, que espécies
 - Deixam de aparecer?
 - Começam a aparecer?
 - Continuam aparecendo?



Biodiversidade na paisagem



Biodiversidade na paisagem



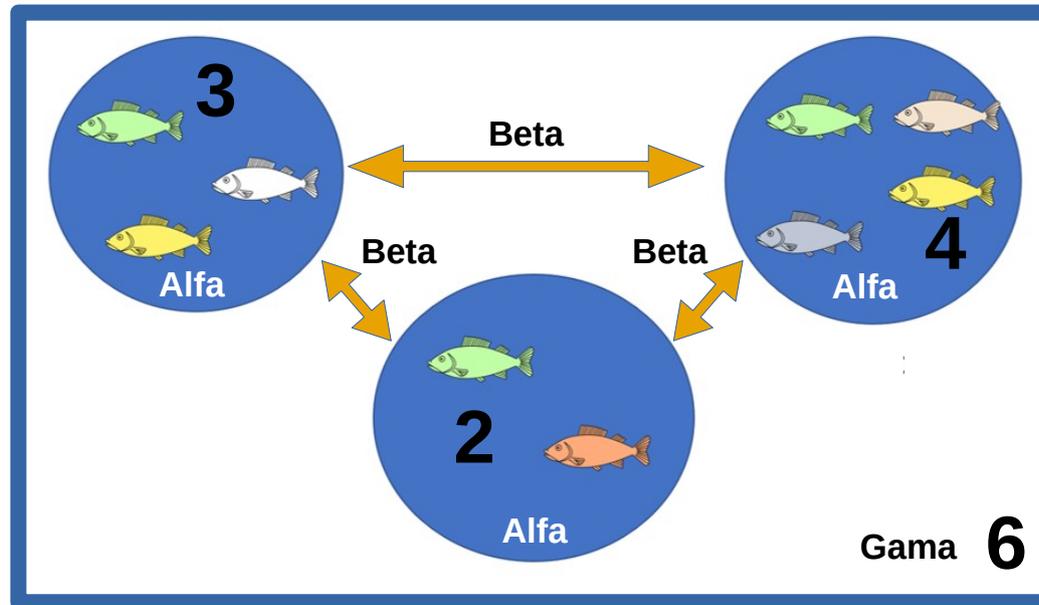
Diversidade:

Alfa = dentro de cada unidade de amostragem

Beta = diferença entre as unidades de amostragem

Gama = diversidade considerando todas as unidades de amostragem juntas

Diversidade Beta



Multiplicativa:

Beta = $\frac{\text{Diversidade Gama}}{\text{Média das diversidades alfa}}$

$$\text{Beta} = \frac{6}{3} = 2$$

Aditiva:

Beta = Diversidade gama - Média das diversidades alfa

$$\text{Beta} = 6 - 3 = 3$$

O que vocês aprenderam
nesta aula, até agora,
comparado ao conteúdo
aprendido na disciplina de
**“Biodiversidade: interações
entre organismos e
ambiente?”**

Muito obrigado!

Dúvidas?

Comentários?