

ÍNDICES DE DIVERSIDADE DE ESPÉCIES

PPGECB-UESC

(1º semestre/2010)

**Adriana M. Z. Martini
Paulo Inácio K. L. Prado**

Qual a finalidade de usar índices?

Em geral, classificação de objetos → Ranking

Como os índices são compostos?

Relativização de uma variável

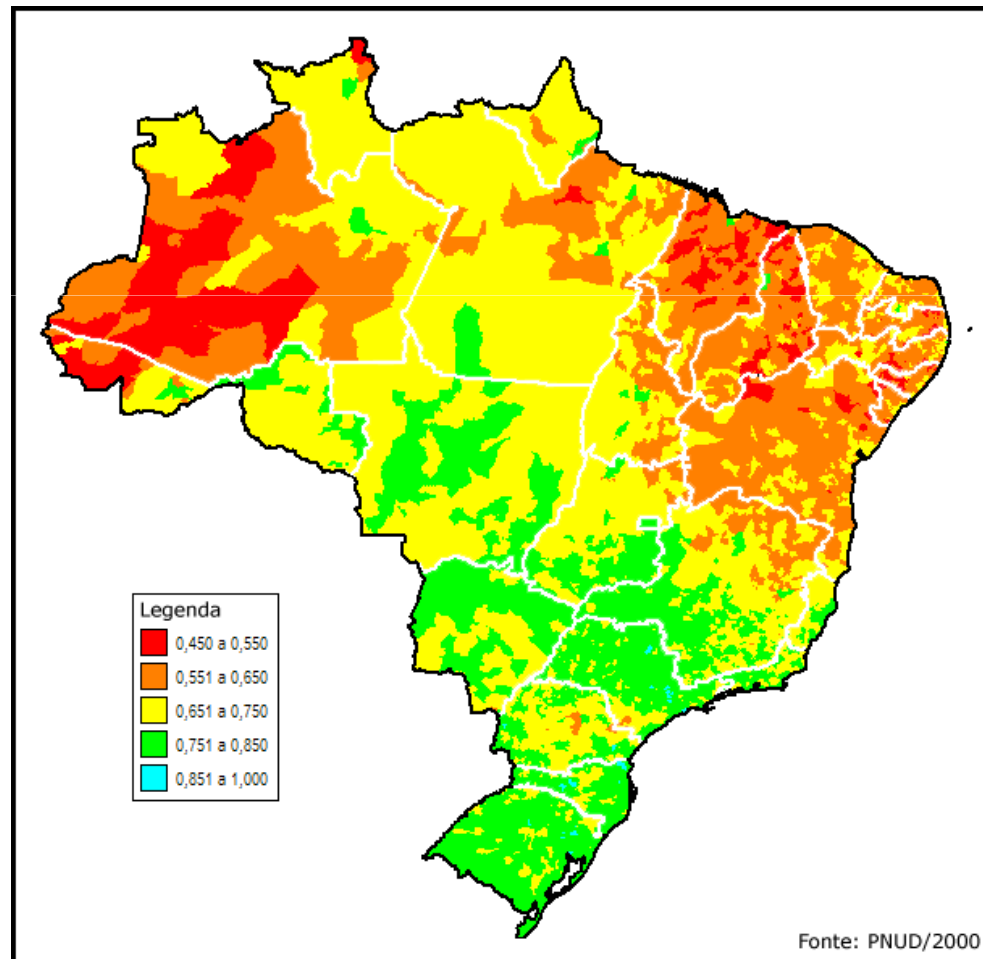
Combinação de diferentes variáveis

Ponderação (pesos) de diferentes variáveis

ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO

$$\text{IDH} = (L+E+R)/3$$

onde: L = Longevidade, E = Educação e R = Renda



Problemas gerais na composição de um índice:

- Quantas variáveis usar?
- Quais variáveis usar?
- Qual o peso de cada variável?

Especificamente para Índices de Diversidade de Espécies:

1 - Quais variáveis usar?

- Somente RIQUEZA
- Somente EQUABILIDADE
- RIQUEZA e EQUABILIDADE
- Outras (Relações filogenéticas; Grupos funcionais, etc)

Problema de nomenclatura: O que é diversidade?

2 – No caso de usar RIQUEZA e EQUABILIDADE, qual peso deve ser atribuído a cada variável?

Maior peso para RIQUEZA → Espécies raras têm maior valor proporcional

Maior peso para EQUABILIDADE → Espécies raras têm menor valor proporcional

Problema: Quanto vale uma espécie rara?

Conservação

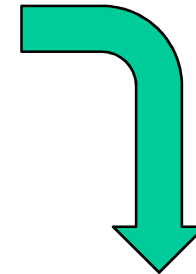
**Estrutura da
comunidade**

Uma infinidade de índices tem sido criada...

Washington (1984) lista e avalia 18 índices

Hubálek (2000) lista e avalia 24 índices

Magurran (2004) apresenta 17 índices



THE NONCONCEPT OF SPECIES DIVERSITY: A CRITIQUE AND
ALTERNATIVE PARAMETERS¹

STUART H. HURLBERT²

Division of Biological Control, Department of Entomology, University of California, Riverside

Ecology, 52(4): 577-586 (1971)

Hurlbert (1971) - dura crítica ao uso de índices!

Cerne do problema com os índices de diversidade:



A busca pelo índice geral e sagrado!

Será que um “Índice Geral” é possível?

Alternativa atual:

Conhecer as características dos índices existentes para saber qual usar.

(ou melhor, para saber qual não usar!)

Quais características poderiam ser avaliadas?

- Influência do tamanho da amostra

Bom índice: Os valores obtidos estabilizam a partir de um tamanho relativamente pequeno de amostra.

- Sensibilidade à adição de espécies

Bom índice: Comunidades com mais espécies apresentam valores maiores (mantidos os valores de número de indivíduos (N) e equabilidade).

- Sensibilidade à presença de espécies raras

Bom índice: Capaz de distinguir comunidades com maior número de espécies raras

Premissas realistas

- Aleatoriedade ?
- Comunidades totalmente inventariadas ?
- Ajuste a uma distribuição de abundâncias específica ?
- Somente comparar comunidades similares?

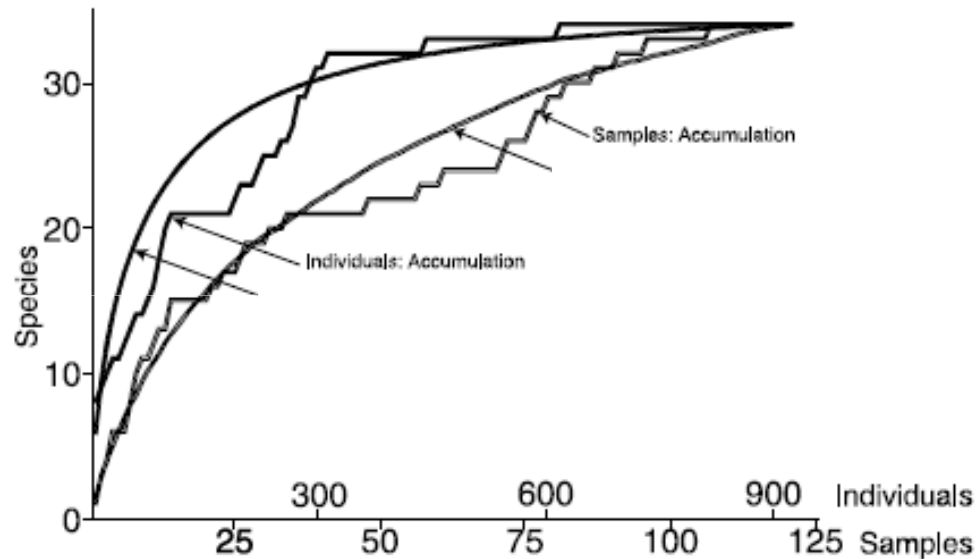
Facilidade de interpretação (Base teórica)

- O valor resultante tem algum significado biológico?

ALGUMAS MEDIDAS E ÍNDICES DE DIVERSIDADE

MEDIDAS BASEADAS SOMENTE EM RIQUEZA:

1- Riqueza “numérica” = contagem de espécies (S)



Gotelli & Colwell(2001)

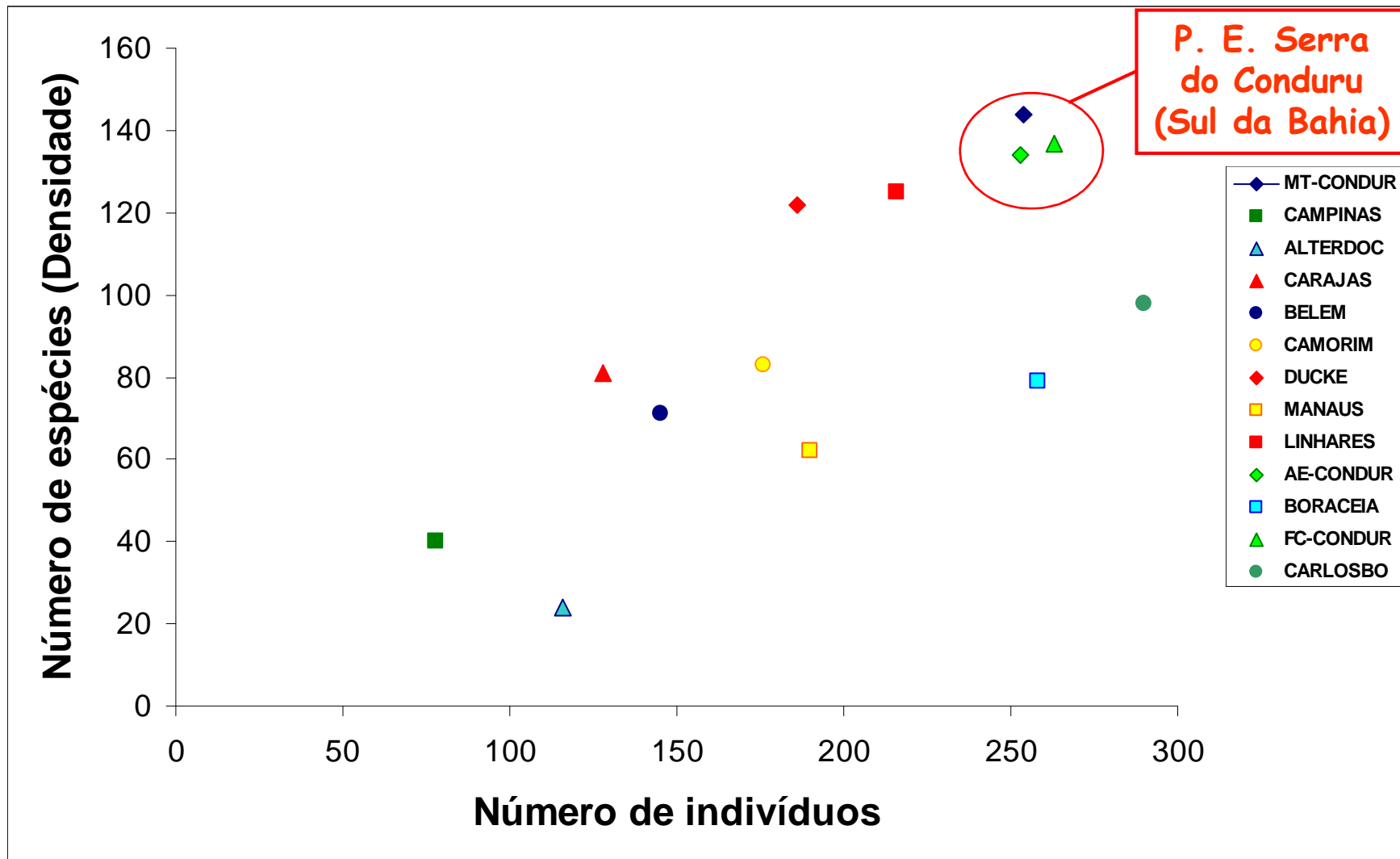
- Dependente do tamanho da amostra - área ou número de indivíduos (N)
- Não apresenta uma relação LINEAR com área ou nº indivíduos
- Espécies raras têm mesmo peso que espécies abundantes

MEDIDAS BASEADAS SOMENTE EM RIQUEZA:

2 - Densidade de espécies = N° de espécies/área

- Permite comparar apenas amostras com a mesma área
- Espécies raras têm mesmo peso que espécies abundantes
- É considerada bastante útil para definir áreas para Conservação

Ex.: Comparação da densidade de espécies em diferentes locais do Brasil, e mostrando a variação no número de indivíduos amostrados em 0,1ha



ÍNDICES DE RIQUEZA

Tentam compensar o efeito de diferentes tamanhos de amostras

1- Índice de Margalef (D_{Mg})

$$D_{Mg} = (S-1)/\ln N$$

2- Índice de Menhinick (D_{Mn})

$$D_{Mn} = S/\sqrt{N}$$

Obs: Ambos são influenciados pelo esforço de amostragem e estabelecem uma relação “funcional” entre N e S, sem bases teóricas para estabelecer essa relação.

INDICES DE HETEROGENEIDADE

Levam em consideração a Riqueza e a Equabilidade

BRILLOUIN* **SHANNON*** **SIMPSON**

*Criados no contexto de Teoria da Informação e adaptados posteriormente para Diversidade Biológica

Índice de BRILLOUIN (H ou HB)

- É um descriptor de uma comunidade totalmente conhecida

$$H = (1/N) (\log N! - \sum_{1}^s \log N_i!)$$

N = número total de indivíduos na comunidade

S = Número de espécies total na comunidade

N_i = Número de indivíduos da espécie i na comunidade

Índice de BRILLOUIN (H ou HB)

- A comunidade deve estar COMPLETAMENTE inventariada
- Não precisa teste estatístico para comparações → não é uma amostra
- É dependente do tamanho das comunidades
- Raramente aplicável na prática

Índice de SHANNON

- Utilizado em situações em que a comunidade inteira não pode ser inventariada → amostras

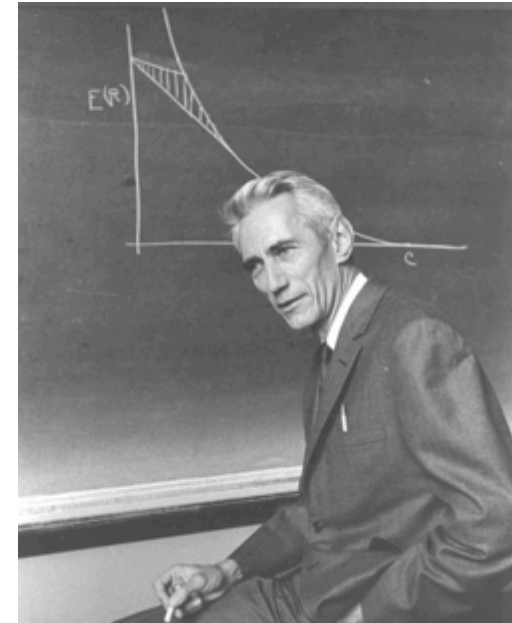
$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \cdot \ln p_i$$

p_i = abundância relativa (proporção) da espécie i na amostra

$$p_i = n_i/N$$

n_i = número de indivíduos da espécie i

N = Número de indivíduos total da amostra



Claude Elwood Shannon

Índice de SHANNON

Muito fácil de calcular:

| ni | pi | lnpi | pi*lnpi |
|--------------|-------------|-------------|-----------------|
| 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 |
| N=100 | S=10 | H' = | 0.500288 |

Obs: Base logarítmica pode ser \log_2 (bits), \log_{10} (decits) ou \ln (nats)
Importante padronizar bases em comparações!

Nesse caso, $H' = 0,500$ nats/indivíduo

Índice de SHANNON

O que significa nats/indivíduo????

Tentativas de transferir as interpretações de Teoria da Informação

Interpretação não trivial...

Exemplo:

Pielou (1966) = “Grau de incerteza que existe em relação à espécie de um indivíduo tomado ao acaso de uma população”

Pielou (1972) = “As relações entre os conceitos de “informação” em Teoria da Informação e a diversidade de uma comunidade ecológica são meramente imaginações e nada mais.”

Índice de SHANNON

Uma forma mais compreensível de expressar:

Espécie-equivalente $S_{H'} = e^{H'}$ (medido em espécies)

Então, se o valor de $H' = 2,30 \rightarrow S_{H'} = 10$ espécies
se o valor de $H' = 0,50 \rightarrow S_{H'} = 1,65$ espécies

...que representa o número de espécies que seria esperado encontrar na comunidade se todas as espécies tivessem a mesma abundância (equabilidade máxima)

Índice de SHANNON

Alguns problemas...

- S, N e n_i são da amostra e não da comunidade “real”
- Não pode ser usado como uma estimativa do H' da comunidade “real”, pois não existe um estimador “não enviesado”

Porém, se o número total de espécies (S) da comunidade “real” for conhecido:

$$\text{Estimador de } H' = \left(-\sum p_i \cdot \log p_i\right) + \frac{S-1}{2 \cdot N}$$

Índice de SHANNON

Premissas :

1 - Comunidade infinitamente grande

→ Testes empíricos indicam que para amostras menores que 50 indivíduos a diversidade é subestimada e que o índice perde a capacidade de discriminar entre comunidades (citado por Hubálek, 2000)

→ Mas, cuidado, não existe um número mágico mínimo

2 - Indivíduos amostrados aleatoriamente

→ Escassez de testes para avaliar a importância da premissa e o comportamento do índice na ausência dela (robustez)

Índice de SHANNON

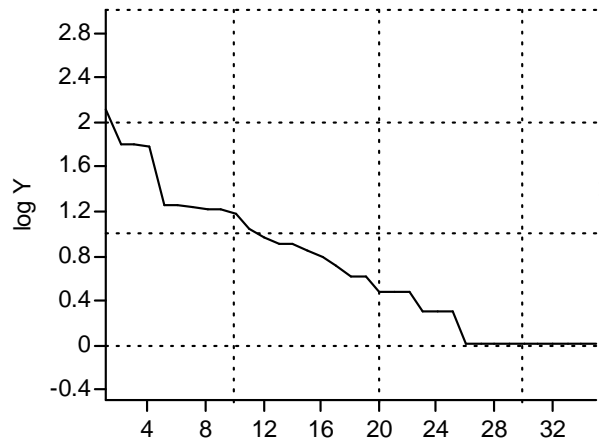
Características atrativas:

- Índice mais utilizado na literatura – tradição de uso e de estudos
- Geralmente valores entre 1,5 e 3,5 (raramente acima de 5,0)
- É sensível a espécies raras (% maior de raras, menor valor)
- É sensível a variações nas abundâncias

Exemplo de estudos de aves (Magurran, 1988)

Em todas as comunidades foram amostrados 500 indivíduos

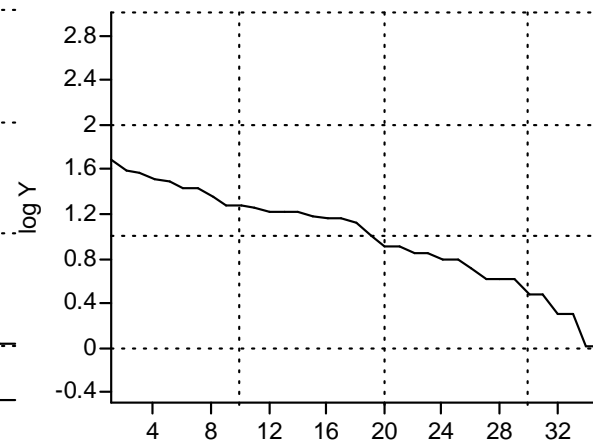
Hidden Glenn



$S = 35$

$H' = 2,61$

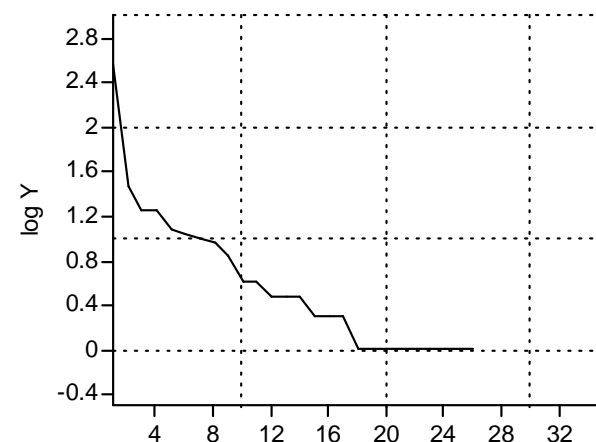
Wild Wood



$S = 35$

$H' = 3,23$

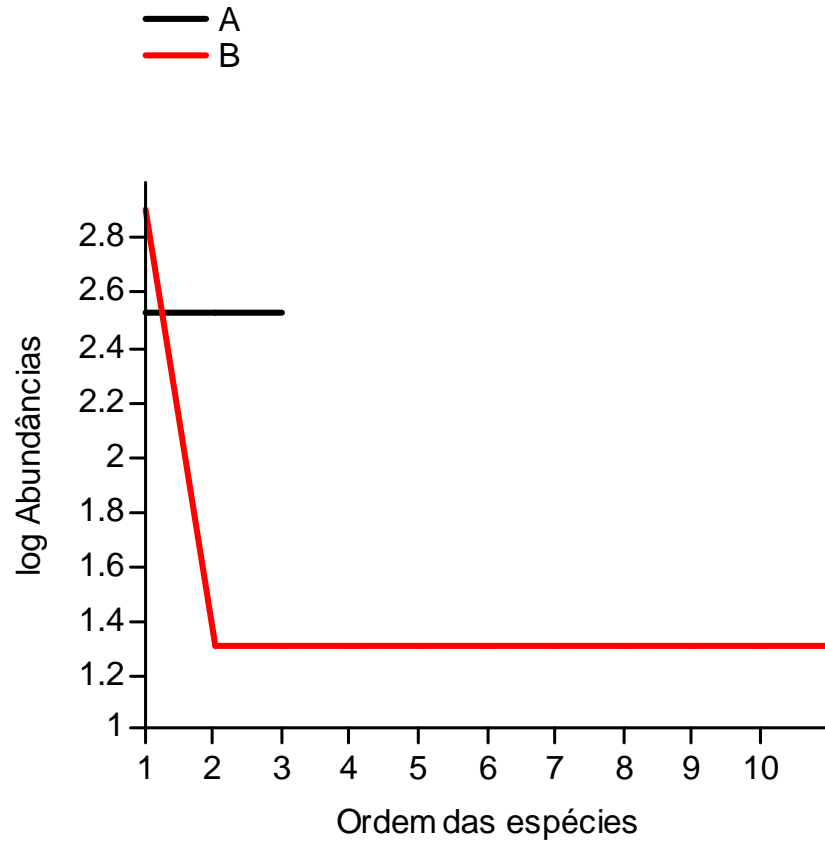
Lonely Pines



$S = 26$

$H' = 1,38$

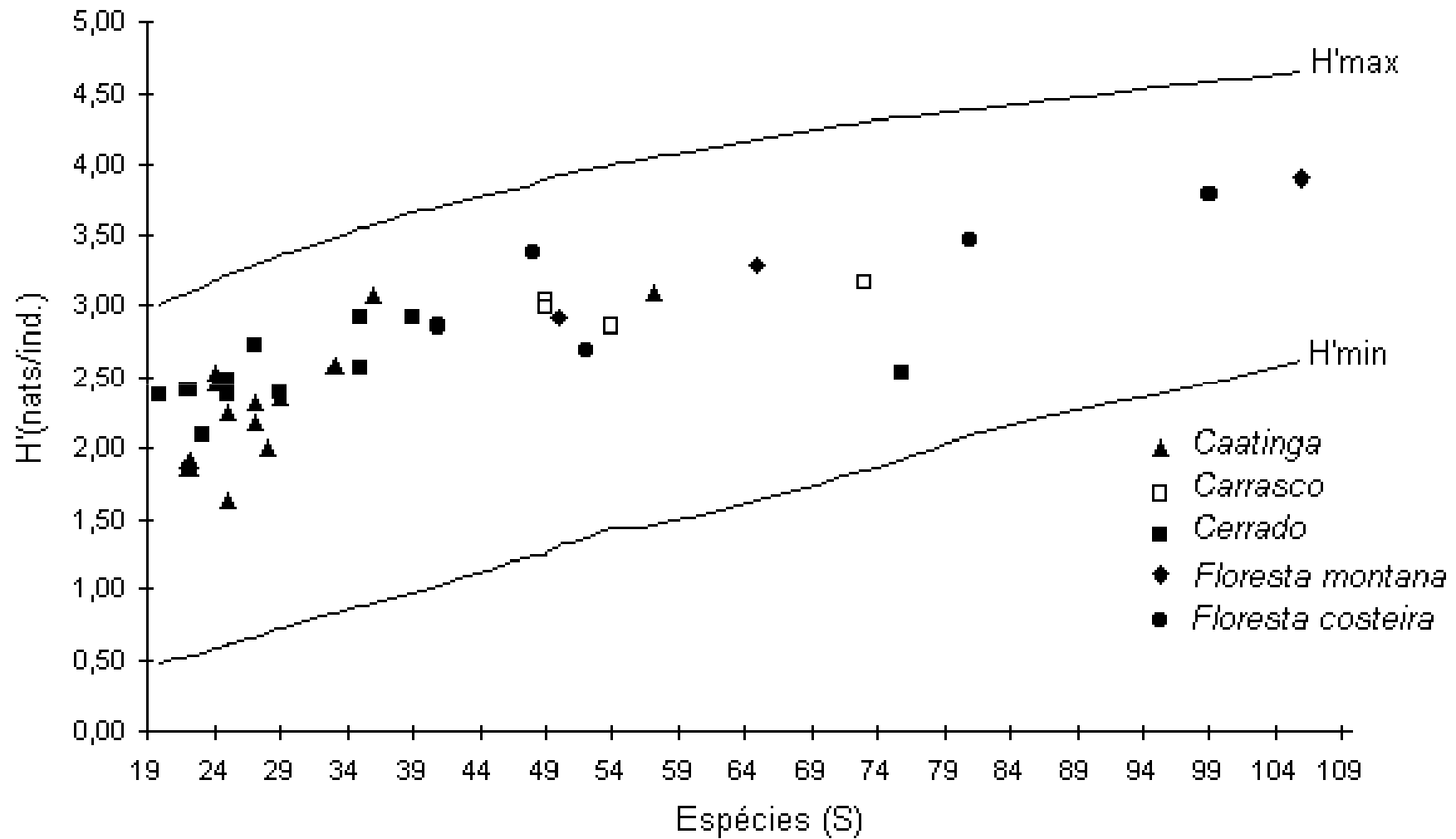
Principal crítica: Apenas um número para expressar dois parâmetros!
Um mesmo valor pode representar situações muito diferentes



H' para A = 1,099

H' para B = 0,961

REPRESENTAÇÃO GRÁFICA QUE PERMITE DIFERENCIAR



Fonte: Martins e Santos (1999)

Índice de SIMPSON (D)

- Alguns autores o classificam como índice de Dominância e não de Heterogeneidade

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

p_i = abundância relativa (proporção) da espécie i na amostra

$p_i = n_i/N$

- Fácil de interpretar: Probabilidade de 2 indivíduos sorteados de uma comunidade pertencerem à mesma espécie

CUIDADO !!!

Nessa fórmula, quanto MAIOR o valor de “D” → MENOR a diversidade

Índice de SIMPSON (D)

Por isso, em geral, ele é expresso como $1-D$, $1/D$ ou $-\ln(D)$, sendo:

$$D_{\text{comp}} = 1 - \sum_{i=1}^s p_i^2$$

$$D_{\text{rec}} = 1 / \sum_{i=1}^s p_i^2$$

$$D_{\text{ln}} = -\ln \sum_{i=1}^s p_i^2$$

Índice de SIMPSON (D)

Também muito fácil de calcular:

| ni | pi | pi2 |
|--------------|-------------|----------------|
| 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 |
| N=100 | S=10 | D=0.829 |

$$D_{\text{comp}} = 1 - D = 0,1710$$

$$D_{\text{rec}} = 1/D = 1,2063$$

$$D_{\text{ln}} = -\ln(D) = 0,1875$$

Também pode ser expresso em Espécie-equivalente: $S_D = 1/D$

Nesse caso, $S_D = 1,2$ espécies (= D_{rec})

Índice de SIMPSON (D)

Características atrativas:

- Existe um estimador “não enviesado”, que permite estimar o D da comunidade toda a partir do D da amostra

$$\text{Estimador de D} = 1 - \sum \frac{n_i \cdot (n_i - 1)}{N \cdot (N - 1)}$$

- É considerado um índice ROBUSTO e SIGNIFICATIVO
- Captura bem a variação das distribuições de abundância
- Estabiliza com menores tamanhos de amostras (Gimaret-Carpentier *et al.* 1998)

Índice de SIMPSON (D)

Principal crítica:

Estabiliza rápido porque não dá muito peso às espécies raras

| ni | pi | pi ² |
|----|------|-----------------|
| 70 | 0.7 | 0.49 |
| 20 | 0.2 | 0.04 |
| 3 | 0.03 | 0.0009 |
| 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 |

N=100 S=10 D=0.5316

Compõe 92% do índice

Inadequado para a maioria dos ambientes tropicais!!!

Índices de Equabilidade

Princípio:

Se todas as espécies da comunidade tiverem a mesma abundância teremos uma Equabilidade máxima (max):

Para o Índice de Shannon: $H_{\max} = \ln S$

Para o Índice de Simpson: $D_{\text{rec}_{\max}} = S$

Atenção! $D_{\text{rec}} = 1/D$



Então, é possível calcular a Equabilidade de uma comunidade, dividindo-se o valor do índice calculado (H' ou D_{rec}) pelo valor máximo estimado do índice, caso a equabilidade fosse máxima (H_{max} ou $D_{rec,max}$, respectivamente)

$$J = H'/H_{max} = H'/\ln S$$

$$E_{1/D} = D_{rec}/D_{rec,max} = D_{rec}/S$$

Duas comunidades hipotéticas para mostrar J e E

Índice de Equabilidade de Buzas & Gibson

$$E = e^{H'}/S$$

É a proporção que o valor de “espécie-equivalente” representa em relação ao número de espécies da comunidade

- Intuitivo e fácil de calcular
- Também relacionado a H'

Usado no programa PAST

Índice de Dominância:

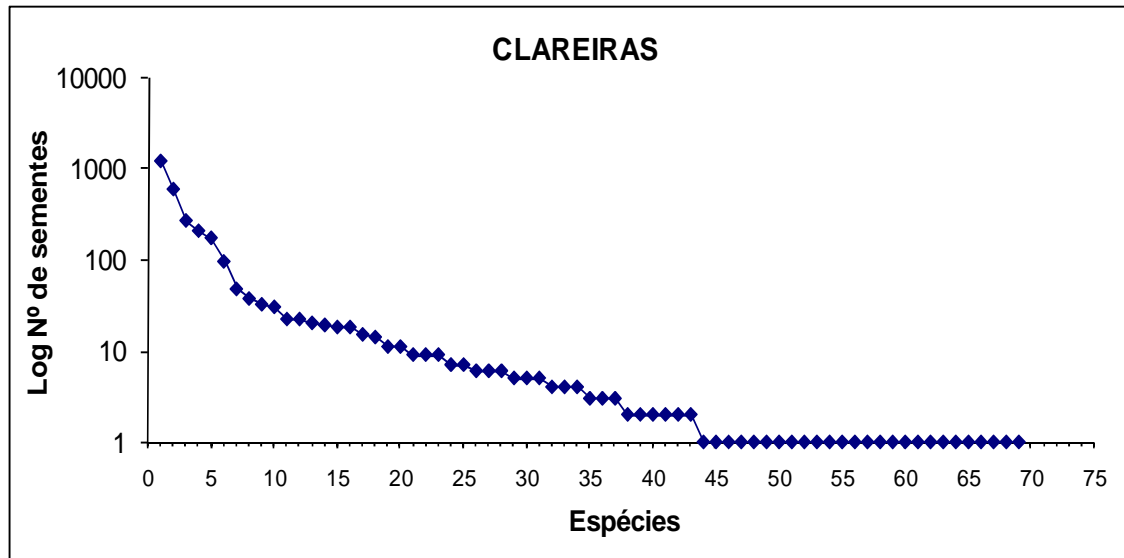
BERGER-PARKER (d)

$$d = N_{\max}/N$$

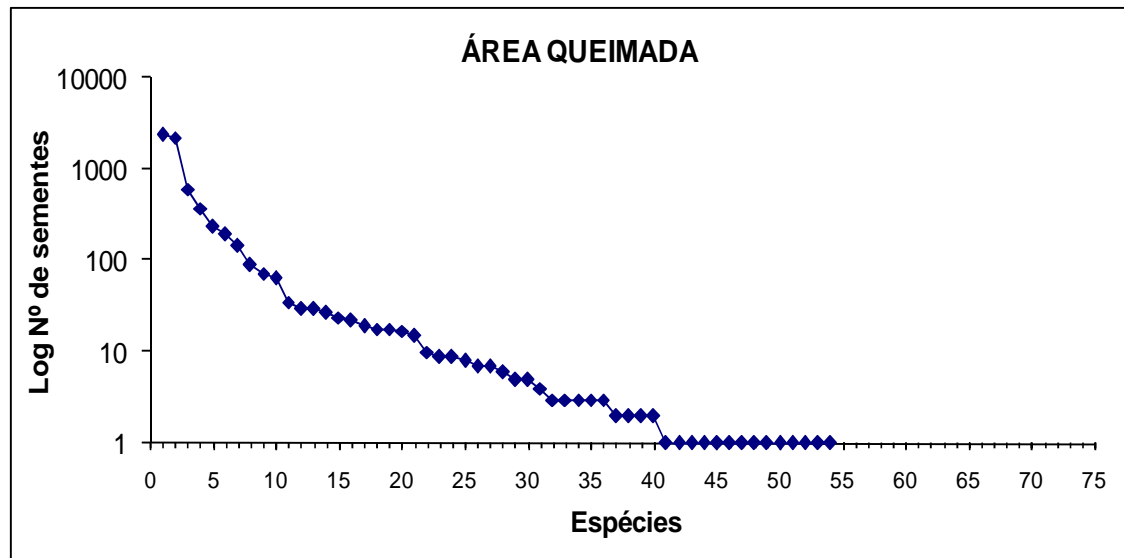
Onde N_{\max} é o número de indivíduos da espécie mais abundante, e N é o número total de indivíduos da comunidade

- Pode ser expresso como $1/d$ (~Equabilidade \rightarrow ~Diversidade)
- Intuitivamente simples e fácil de calcular
- Recomendado por May (1975), pelo significado biológico
- Problemático para comunidades com poucas espécies ($S < 15$ espécies)

Outro problema com Berger-Parker



$N=2935$
 $N1= 1175$
 $d = 0,40$
 $1/d = 2,5$



$N= 6778$
 $N1= 2421$ $N2 = 2212$
 $d = 0,40$
 $1/d = 2,85$

Estudo sobre chuva de sementes na Rebio-Una (Martini 2002)

OUTROS INDICES DE DOMINÂNCIA OU EQUABILIDADE

Heip → adaptado de J'

McIntosh → relacionado ao índice de diversidade de McIntosh (U)

Camargo → relação entre pares de espécies i e j

NHC → Relacionado à declividade (b) do diagrama de Whittaker

VÁRIOS OUTROS (Derivados de outros índices como H' , Q)

Ainda em relação aos Índices de DOMINÂNCIA OU EQUABILIDADE

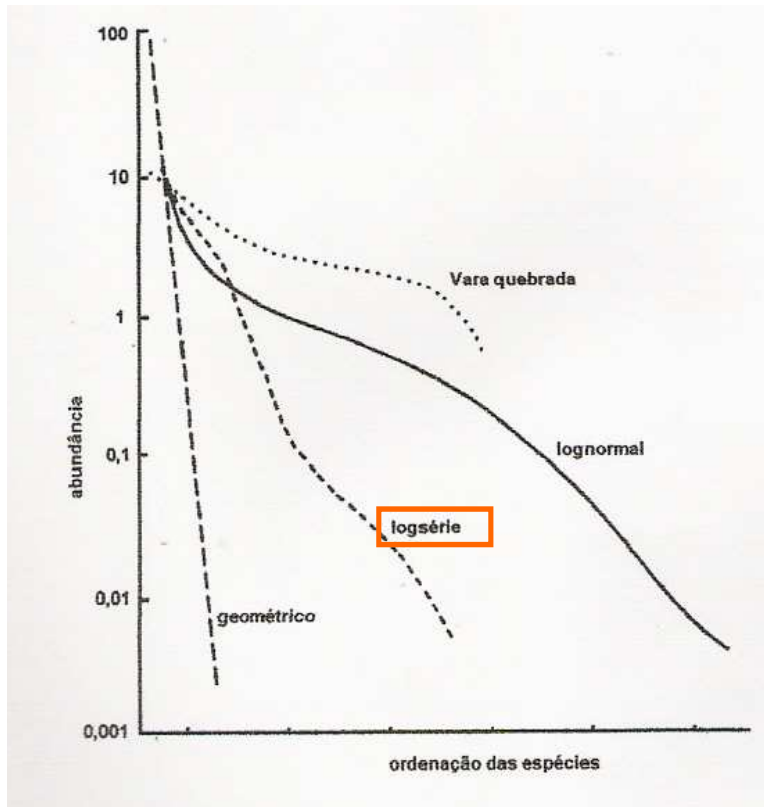
Smith & Wilson (1996) avaliaram 8 índices de Equabilidade e concluíram que o índice proposto por eles (E_{var}) era o mais satisfatório...

Hubálek (2000) indica que os índices de Equabilidade não devem ser usados para representar **Diversidade**.

Índices baseados em Distribuições de Abundância

Alfa de Fisher

Parâmetro da distribuição Logsérie



- Tem forte relação com o número de espécies representadas por apenas 1 indivíduo na comunidade (Singletons)

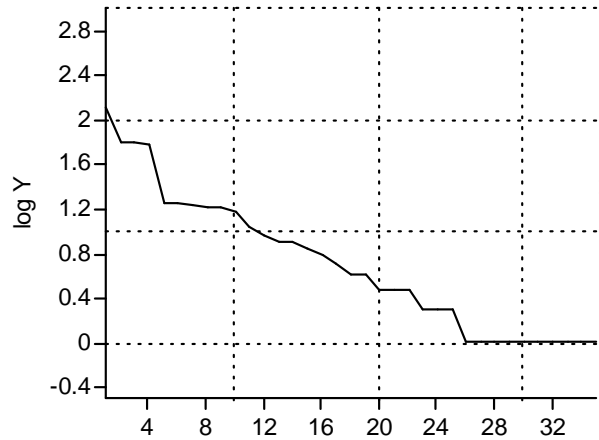
- Só deve ser utilizado quando a distribuição das espécies se ajustar a uma logsérie

- Se ajustar, é o índice mais recomendado e um ótimo estimador da comunidade real

- Comunidades com equabilidades muito diferentes, mas com N e S iguais terão valores idênticos de alfa

Exemplo de estudos de aves (Magurran, 1988)

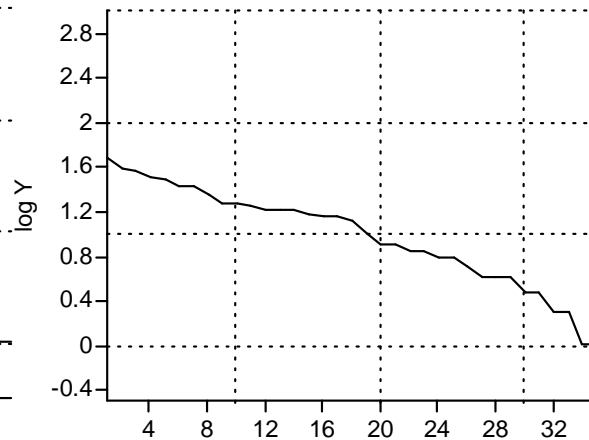
Hidden Glenn



$S = 35$
 $N = 500$

$\alpha = 8,572$

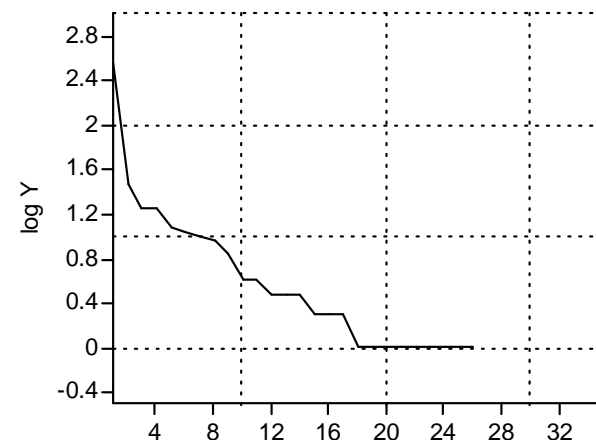
Wild Wood



$S = 35$
 $N = 500$

$\alpha = 8,572$

Lonely Pines



$S = 26$
 $N = 500$

$\alpha = 5,824$

Então, no final das contas...

Quantas e quais variáveis usar?

Qual o peso de cada variável?

**Depende do
OBJETIVO e
do OBJETO
de estudo**

**Um índice criado para um determinado
objetivo e para um determinado conjunto de
objetos pode não ser adequado para outros**